

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Российская академия транспорта
Куйбышевская железная дорога – филиал ОАО «Российские железные дороги»
Приволжский государственный университет путей сообщения (ПривГУПС)

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТУ

Материалы XVIII Международной научно-практической конференции

6–7 ноября 2025 года

Том 1

Самара
2025

Редакционная коллегия:

М. А. Гаранин, доктор экономических наук, кандидат технических наук,
ректор ПривГУПС – главный редактор.

Члены редакционной коллегии:

<i>Е. М. Тарасов</i>	доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» ПривГУПС;
<i>С. А. Никищенков</i>	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой» ПривГУПС;
<i>А. А. Свечников</i>	кандидат технических наук, доцент кафедры «Тяговый подвижной состав» ПривГУПС;
<i>Т. М. Тарасова</i>	кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и менеджмент» ПривГУПС;
<i>Е. В. Добрынин</i>	кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Электроснабжение железнодорожного транспорта» ПривГУПС;
<i>Т. Б. Ефимова</i>	кандидат экономических наук, зав. кафедрой «Цифровые технологии» ПриГУПС;
<i>Ю. А. Холопов</i>	кандидат сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и экология» ПривГУПС;
<i>А. С. Баранов</i>	кандидат технических наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» ПривГУПС;
<i>И. А. Васельцова</i>	кандидат педагогических наук, доцент, зав. кафедрой «Физическое воспитание и спорт» ПривГУПС.

Н 34 Наука и образование транспорту : материалы XVIII Международной научно-практической конференции (2025, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2025 г. Том 1 [Текст] / редкол.: Гаранин М. А. [и др.] – Самара : ПривГУПС, 2025. 384 с.; ил.

УДК 656.2
ББК39.2

В работе конференции приняли участие работники вузов, техникумов, училищ, транспортных предприятий, ОАО «РЖД».

Рассмотрены вопросы реформирования железных дорог, экономики, финансов, систем СЦБ и телекоммуникаций, энергосберегающих технологий, подвижного состава, экологии, системы подготовки кадров, фундаментальных исследований для транспорта и др.

СЕКЦИЯ 1

Подвижной состав железных дорог и муниципальный пассажирский транспорт.

Динамика машин

УДК. 629.424.

К ОЦЕНКЕ СИЛОВОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ЯКОРНЫХ БАНДАЖЕЙ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

О. С. Абляимов, Н. В. Жуленев, Д. Р. Хамидов

Ташкентский государственный транспортный университет

Введение. Основной задачей железнодорожного транспорта является повсеместное обеспечение потребностей в перевозках грузов и пассажиров на различных по сложности участках железных дорог. Эффективность эксплуатируемых и вновь создаваемых локомотивов напрямую зависит от соответствия их тягово-энергетических характеристик условиям эксплуатации, выбора рациональных режимов управления силовыми энергетическими установками в пути следования подвижного состава и правильного учета ограничений максимальной нагрузки на них.

Реализация тяговой характеристики локомотива, в первую очередь, определяется параметрами тягового электродвигателя, как наиболее напряженного узла энергетической передачи.

Сказанное выдвигает определённые требования по совершенствованию конструкций узлов локомотивов [1: 37; 2: 7; 3: 85], в том числе и тяговых электродвигателей путём более высокого использования активных материалов с учётом увеличения частоты вращения при соответствующем снижении удельной массы указанных двигателей, а также оздоровление эксплуатируемого локомотивного парка через заводские ремонты и модернизацию энергопотребляющих систем, к которым следует отнести тяговые силовые цепи и вспомогательное оборудование, обеспечивающее их безотказную и бесперебойную работу.

Увеличение мощности модернизированных и вновь создаваемых тяговых электродвигателей обеспечивается за счёт внедрения ряда прогрессивных технических решений по улучшению корпусной изоляции обмотки якоря и магнитной проницаемости сердечника якоря, а также усилению конструкции коллектора и дополнительных полюсов и других мероприятий. Однако, ограничение габарита тяговых электродвигателей в соответствии с условиями размещения в тележке, ведет к повышению напряженности их узлов и деталей, что требует более точного учета влияния условий эксплуатации и совершенствование соответствующих методик их расчета.

Вопросам разработки теоретических основ проектирования и методам расчета на прочность различных узлов тяговых электродвигателей посвящены работы [4: 26; 5: 27; 6: 63; 7: 59; 8: 335; 9: 179; 10: 17; 11: 143; 12: 163 и многие другие].

Анализ указанных работ показывает, что в них рассматриваются методики расчета отдельных узлов и деталей колесно-моторных блоков тепловозов, в том числе и бандажей крепления лобовых частей якорей ТЭД. Однако, эти методики относятся к конструкциям металлических бандажей и бандажей из стеклоленты и не полностью учитывают условия эксплуатации с учётом распределение напряжений по длине бандажа. Также, имеют место случаи выхода из строя якорных бандажей, что не обеспечивает «завершённую» в полном объёме работу тягового электродвигателя от постройки до полной выработки ресурса обмотки якоря тягового электродвигателя.

Кроме этого, анализ технического состояния локомотивного парка, а также узлов и деталей тяговых электродвигателей в эксплуатации показал, что, несмотря на все технологические и конструкционные изменения тяговый электродвигатель продолжает оставаться узлом наиболее подверженным выходу из строя, в том числе и по причине разрушения или ослабления бандажа крепления обмотки якоря.

Данная статья посвящена исследованиям по обоснованию силового нагружения якорных бандажей тяговых электродвигателей от действия внешних динамических факторов, встречающихся в пути следования подвижного состава. Предпосылкой сказанному стали исследования [13: 5; 14: 4; 15: 7; 16: 6] по изучению силовой нагруженности различных узлов экипажной части локомотивов.

Объект и методы исследования. В эксплуатации якорь тягового электродвигателя работает в исключительно тяжелых условиях. Он подвержен действию изгиба от сил магнитного притяжения к полюсам, реакции зубчатой передачи от передаваемых вращающих моментов, погрешностей зубчатой передачи, сил, возникающих в результате взаимодействия колесно-моторных блоков с рельсовым основанием. Вышеперечисленные силовые факторы оказывают влияние и на напряженное состояние якорных бандажей вследствие динамической добавки к центробежным силам, действующим на массы лобовых частей и самого бандаж, в целом.

С целью определения амплитуды и частот динамических сил, действующих на якорный бандаж тяговых электродвигателей тепловозов серии ТЭ10М, были использованы данные, полученные в работах [1: 193; 2: 12], в которых были приведены результаты аналитических и экспериментальных исследований колебаний вала якоря указанных тяговых электродвигателей.

В этих работах показано, что наиболее существенное влияние на колебания вала оказывают динамические воздействия от соударения колес со стыками, неровностей рельсового пути и от погрешностей изготовления окружных шагов шестерни и зубчатого колеса.

Для решения задачи динамического нагружения заднего якорного бандаж, как самого нагруженного вследствие консольности лобовых частей, были приняты следующие допущения.

1. Бандаж представляет собой вращающуюся с постоянной частотой вращения цилиндрическую оболочку толщиной h_B и радиусом R_B (причём $h_B/R_B \ll 1.0$). Учитывая последнее соотношение, к такой оболочке применима безмоментная теория [3, 20], представляющая собой упрощённый вариант общей моментной теории расчёта оболочек, в которой пренебрегают влиянием изгибающих и крутящих моментов, а также поперечных сил на напряжённо-деформированное состояние.

2. На бандаж действует внешняя распределённая динамическая центробежная нагрузка от массы бандаж и лобовых частей, вызванная изгибными колебаниями вала якоря тягового электродвигателя от взаимодействия колесно-моторного блока с неровностями и стыками рельсового пути и от систематических погрешностей зубчатой передачи.

3. В запас прочности бандаж изгибная жесткость лобовых частей обмотки не учитывается.

4. Сопротивления упругим колебаниям якорного бандаж пренебрегаем с целью некоторого упрощения решения поставленной задачи в запас прочности указанного бандаж.

5. Рассматриваются установившиеся вынужденные колебания якорного бандаж.

Расчётная схема бандаж в виде цилиндрической оболочки с соотношением $h_B/R_B \ll 1.0$ в соответствии с вышепринятыми допущениями показана на рис. 1.

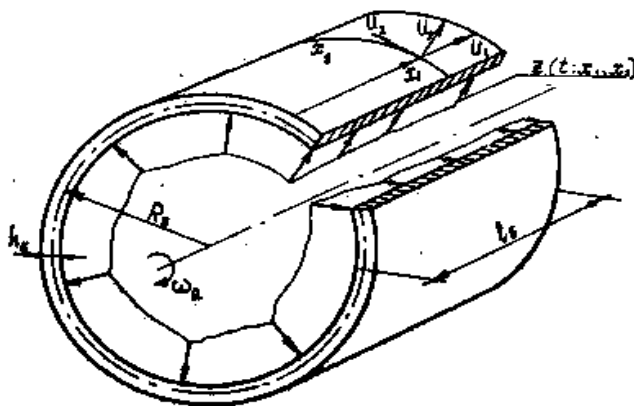


Рис. 1. Расчетная схема динамического силового нагружения якорного бандаж

В качестве координат на срединной поверхности оболочки выбрана координата x_1 вдоль образующей и длина дуги x_2 в окружном направлении [4: 23]. Перемещения точек срединной поверхности вдоль координатных линий x_1 , x_2 и вдоль нормали обозначены, соответственно, через $u_1(t, x_1, x_2)$; $u_2(t, x_1, x_2)$ and $u_3(t, x_1, x_2)$.

Определим потенциальную энергию деформаций оболочки [17: 321].

$$\Pi = \frac{E_B}{2(1-\mu_B^2)} \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \left[\varepsilon_{11}^2 + \varepsilon_{22}^2 + 2\mu_B \varepsilon_{11} \varepsilon_{22} - \frac{1-\mu_B}{2} \gamma^2 \right] dx_1 dx_2 \quad (1)$$

где $\varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \gamma$ – компоненты деформации, равные соответственно

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_{11} &= \frac{\partial u_1}{\partial x_1}; \\ \varepsilon_{22} &= \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{u_3}{R_B}; \\ \gamma &= \frac{\partial u_2}{\partial x_1} + \frac{\partial u_1}{\partial x_2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

С учётом соотношений (2) потенциальная энергия оболочки, выраженная через перемещения точек ее срединной поверхности, запишется в виде

$$\Pi = \frac{E_B}{2(1-\mu_B^2)} \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \left[\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right)^2 + \frac{2u_3}{R_B} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + 2\mu_B \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{u_3}{R_B} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \right) - \frac{1-\mu_B}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right)^2 \right] dx_1 dx_2 \quad (3)$$

Кинетическая энергия оболочки определяется по выражению [4: 24]

$$T = \frac{\rho_B}{2} \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \left[\left(\frac{\partial u_1}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_2}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_3}{\partial t} \right)^2 \right] dx_1 dx_2 \quad (4)$$

Работа центробежных сил в соответствии с [4: 25] может быть записана в виде

$$V = \frac{\rho_B}{2} \omega_{\text{я}}^2 \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} u_3^2 dx_1 dx_2 \quad (5)$$

Согласно принципу Гамильтона, необходимо найти стационарное значение функционала для известных условий, налагаемых на вариации по [4: 27; 18: 236], то есть.

$$\int_{t_1}^{t_2} [T + V + \Pi] = 0 \quad (6)$$

Результаты и их анализ. После подстановки в формулу (6) выражений для кинетической, потенциальной энергии и работы центробежных сил получим следующее выражение для функции Лагранжа рассматриваемой оболочки, а именно:

$$L = T + V + \Pi == \int_0^{x_1} \int_0^{x_2} \left\{ \frac{E_B}{2(1-\mu_B^2)} \left[\left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_2}{\partial x_2} \right)^2 + \frac{2u_3}{R_B} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + 2\mu_B \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_1} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{u_3}{R_B} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x_1} \right) + \frac{1-\mu_B}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right)^2 \right] + \frac{\rho_B}{2} \left[\left(\frac{\partial u_1}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_2}{\partial t} \right)^2 + \left(\frac{\partial u_3}{\partial t} \right)^2 + \omega_{\text{я}}^2 u_3^2 \right] \right\} dx_1 dx_2 \quad (7)$$

В соответствии с известными положениями вариационного исчисления [19: 152; 20: 58; 21: 139] система функций $u_1(t, x_1, x_2)$; $u_2(t, x_1, x_2)$ and $u_3(t, x_1, x_2)$, реализующая принцип наименьшего действия, должна удовлетворять системе уравнений с частными производными ($i = 1, 2, 3$), то есть

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[\frac{\partial L}{\partial \left(\frac{\partial u_i}{\partial t} \right)} \right] + \frac{\partial}{\partial x_1} \left[\frac{\partial L}{\partial \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_1} \right)} \right] + \frac{\partial}{\partial x_2} \left[\frac{\partial L}{\partial \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_2} \right)} \right] - \frac{\partial L}{\partial u_i} = 0 \quad (8)$$

После подстановки выражения для функции Лагранжа (7) в уравнение (8) получена следующая система уравнений колебаний оболочки:

$$\left. \begin{aligned} \frac{E_B}{2(1-\mu_B^2)} \left(\frac{\partial^2 u_1}{\partial x_1^2} + \frac{1-\mu_B}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_1}{\partial x_2^2} + \frac{1+\mu_B}{2} \cdot \frac{\partial u_2}{\partial x_1 x_2} + \frac{\mu_B}{R_B} \cdot \frac{\partial u_3}{\partial x_1} \right) - \frac{\rho_B}{2} \frac{\partial^2 u_1}{\partial t^2} &= 0; \\ \frac{E_B}{2(1-\mu_B^2)} \left(\frac{\partial^2 u_2}{\partial x_2^2} + \frac{1-\mu_B}{2} \cdot \frac{\partial^2 u_2}{\partial x_1^2} + \frac{1+\mu_B}{2} \cdot \frac{\partial u_1}{\partial x_1 x_2} + \frac{1}{R_B} \cdot \frac{\partial u_3}{\partial x_2} \right) - \frac{\rho_B}{2} \frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} &= 0; \\ \frac{E_B}{R_B(1-\mu_B^2)} \left(\mu_B \frac{\partial u_1}{\partial x_1} + \frac{\partial u_2}{\partial x_2} + \frac{u_3}{R_B} \right) + \rho_B \left(\frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2} + \omega_{\text{я}}^2 u_3 \right) &= -\frac{1}{h_B} z(t, x_1, x_2), \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

where $z(t, x_1, x_2)$ – внешняя нормальная к поверхности якорного бандажа динамическая нагрузка, отнесенная к единице поверхности оболочки.

Как было обосновано выше, динамическая нагрузка представляет собой центробежную силу, вызванную изгибными колебаниями вала якоря тягового электродвигателя вследствие взаимодействия колес с неровностями и стыками рельсового пути, и систематическими погрешностями окружного шага зубчатого редуктора.

Поэтому зависимость внешней нагрузки от времени и координат принята в виде

$$z(t, x_1, x_2) = \rho_B h_B \xi \omega_{\text{я}}^2 \sin \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B} + \cos \frac{n_2 x_2}{R_B} \sum_{i=1}^{i=3} \Delta_i \cos \omega_i t, \quad (10)$$

где $\xi = \frac{m_{\text{л}} + m_B}{m_B}$ – коэффициент приведения массы лобовых частей к якорному бандажу;

$\sin \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B}$ – коэффициент, учитывающий распределение центробежных сил по длине якорного бандажа. Такое допущение обусловлено тем, что лобовые части закреплены в пазах клиньями;

$\cos \frac{n_2 x_2}{R_B}$ – коэффициент, учитывающий распределение центробежных сил по периметру якорного бандажа, вызванных эксцентриситетом вала якоря;

Δ_i – динамический прогиб вала якоря от действия i -го возмущающего фактора;

ω_i – частота вынужденных изгибных колебаний вала якоря под действием i -го возмущающего фактора;

n_1 and n_2 – integers.

Решение системы уравнений (9) для вынужденных колебаний в силу их линейности было получено путем суперпозиции решений для любого i -го возмущающего фактора, каждое из которых найдено в форме

$$\left. \begin{aligned} u_1^{(i)} &= u_{10}^{(i)} \cos \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B} \cos \frac{n_2 x_2}{R_B} \cos \omega_i t; \\ u_2^{(i)} &= u_{20}^{(i)} \sin \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B} \sin \frac{n_2 x_2}{R_B} \cos \omega_i t; \\ u_3^{(i)} &= u_{30}^{(i)} \sin \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B} \cos \frac{n_2 x_2}{R_B} \cos \omega_i t. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

По выражениям (11) определены величины напряжений в срединной поверхности для каждого i -го динамического силового фактора:

$$\sigma_1^{(i)} = \frac{E_B}{(1 - \mu_B^2)} \left(\varepsilon_{11}^{(i)} + \mu_B \varepsilon_{22}^{(i)} \right) = \frac{E_B}{(1 - \mu_B^2)} \left(\mu_B \frac{n_2 u_{20}^{(i)} + u_{30}^{(i)}}{R_B} + \frac{\pi n_1 u_{10}^{(i)}}{4l_B} \right) \sin \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B} \cos \frac{n_2 x_2}{R_B} \cos \omega_i t; \quad (12)$$

$$\sigma_2^{(i)} = \frac{E_B}{(1 - \mu_B^2)} \left(\varepsilon_{22}^{(i)} + \mu_B \varepsilon_{11}^{(i)} \right) = \frac{E_B}{(1 - \mu_B^2)} \left(\frac{n_2 u_{20}^{(i)} + u_{30}^{(i)}}{R_B} - \mu_B \frac{\pi n_1 u_{10}^{(i)}}{4l_B} \right) \sin \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B} \cos \frac{n_2 x_2}{R_B} \cos \omega_i t; \quad (13)$$

$$\tau^{(i)} = \frac{E_B}{2(1 + \mu_B^2)} \gamma^{(i)} = \frac{E_B}{2(1 + \mu_B^2)} \left(\frac{\pi u_{20}^{(i)} n_1}{4l_B} - \frac{n_2 u_{10}^{(i)}}{R_B} \right) \cos \frac{\pi n_1 x_1}{4l_B} \sin \frac{n_2 x_2}{R_B} \cos \omega_i t. \quad (14)$$

Суммарные динамические напряжения определены по выражениям

$$\sigma_{\text{д1}} = \sum_{i=1}^{i=3} \sigma_1^{(i)} \quad (15)$$

$$\sigma_{\text{д2}} = \sum_{i=1}^{i=3} \sigma_2^{(i)} \quad (16)$$

$$\sigma_{\text{д3}} = \sum_{i=1}^{i=3} \sigma_3^{(i)} \quad (17)$$

Выводы. По итогам проведенного исследования цель работы была достигнута и сформулированы следующие обобщающие выводы и предложения:

1. На основе анализа существующих методик расчета на прочность бандажей крепления лобовых частей обмоток якорей электрических машин разработана методика расчета силового нагружения якорных бандажей тяговых электродвигателей локомотивов от действия внешних динамических факторов, учитывающая реальные условия эксплуатации и конструктивные особенности электродвигателя.

2. Предложенная методика расчета якорных бандажей в отличии от известных позволяет определять динамические напряжения в каждом сечении якорного бандажа по всей его длине в зависимости от режимов работы тягового электродвигателя.

3. Экономический эффект от внедрения предполагаемой (новой) конструкции стеклобандажа якорей тяговых электродвигателей тепловозов, получаемый за счет снижения затрат на изготовление и соответствующего повышения эксплуатационной надёжности одного тягового электродвигателя типа ЭД–118Б, составит приблизительно 910 тыс. сўм.

4. Основным направлением дальнейших исследований является обоснование рациональных конструктивных параметров стеклобандажей с учетом условий их усталостной прочности, опираясь на полученные авторами данной статьи аналитические зависимости, путём выполнения численных расчётов с помощью ЭВМ, а также разработка новой конструкции якорного стеклобандажа тягового электродвигателя повышенной прочности и технологичности, предусматривающую использование типового оборудования при его изготовлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Строков Г. В. Совершенствование конструкции бандажей якорей тяговых электродвигателей локомотивов. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences: Moscow, 1999. 122 с.
- 2 Глущенко А. Д., Тульчинская Н. Н. Обоснование параметров конструкций выводов повышенной прочности для магнитных систем электродвигателей тепловозов // Труды ТашИИТа. 1978. Вып. 146. С. 6–12.
- 3 Волков В. К., Суворов А. Г. Повышение эксплуатационной надёжности тяговых двигателей. М. Транспорт, 1988. 128 с.
- 4 Тульчинская Н. Н. Методика расчета напряжений в проводах и выводах обмоток полюсов тяговых электродвигателей тепловозов // Труды ТашИИТа. 1982. Вып. 166. С. 22–30.
- 5 Киселев В. И., Строков Г. В. Основные направления исследований по повышению мощности и надёжности ТЭД. Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития железных дорог». М.: 1996. С. 24–31.
- 6 Гладилов Г. В., Романов В. И., Мухсин Р. З. О надёжности работы якорей тяговых электродвигателей тепловозов // Вопросы повышения надёжности тяговых двигателей тепловозов; Межвузовск. сб. научн. тр. ТашИИТ. Вып. 142. Ташкент, 1977. С. 62–65.
- 7 Гордеев И. П., Тарасов Е. М. К «вопросу дефектировки якорей тяговых электродвигателей. // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. № 2. С. 57–63.
- 8 Гордеев И. П. К вопросу организации выборочного контроля при производстве электрических машин // Вестник инженеров электромехаников железнодорожного транспорта. 2003. Вып. № 1. С. 333–338.
- 9 Космодамианский А. С. Измерение и регулирование температуры обмоток тяговых электрических машин локомотивов: Монография. РГОТУПС. 2002. 285 с.
- 10 Киселев В. И., Строков Г. В. Методы расчета бандажей якорей тяговых электродвигателей транспортных электрических машин на прочность. М.: 1997. 22 с. Деп. в ЦНИИТЭИ МПС. № 6134 ж.д. 97.
- 11 Глущенко А. Д., Юшко В. И. Динамика тяговых электродвигателей тепловозов. Ташкент: Фан, 1980. 168 с.
- 12 Киселев В. И. Исследование и разработка конструкций валов тяговых электродвигателей повышенной прочности для тепловозов. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences: Ташкент, 1997. 242 с.
- 13 Ablyalimov O. To the diagnostic technique of support-returning devices and of the spring suspension of diesel locomotives. URL: DOI: <https://doi.org/10.1051/e3s conf/202346010008>.
- 14 Research of heat transfer processes in motor–axial bearings of traction electric motors of diesel locomotives / Oleg Ablyalimov, Gabit Bakyt [et al.] // Vibroengineering Procedia. May 202558: 264–270. DOI:10.21595/vp.2025.24955.
- 15 Oleg Ablyalimov, Mohamad Ziad Saghir Analytical Studies to Justify the Design Parameters of Springs Combining the Qualities of Fluctuations Damper // International Conference on Thermal Engineering, 2025. Vol. 1 No. 1, ISSN 25629034.
- 16 Oleg Ablyalimov, Mohamad Ziad Saghir. On the question of calculation methodology of springs of spring suspension of rolling stock for strength. International Conference on Thermal Engineering 2025, Vol. 1 No. 1, ISSN 25629034.
- 17 Филиппов А. Т. Колебания деформируемых систем. М.: Машиностроение, 1975. 430 с.
- 18 Прочность, устойчивость, колебания: Справочник / Под ред. В. Я. Пановко. М.: Наука, 1976. 428 с.
- 19 Будылин А. М. Вариационное исчисление. СПб.: СПбГУ, 2001. 197 с.
- 20 Родин Б. П. Вариационное исчисление: учебное пособие. СПб.: Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, 2017. 60 с.
- 21 Пантелеев А. В. Вариационное исчисление в примерах и задачах. М.: Высшая школа, 2006. 272 с.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕПЛОВОЗАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Д. С. Абуняев, А. А. Свечников

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Организовать работу тепловозов в зимних условиях всегда было одной из наиболее сложных задач эксплуатации железнодорожного транспорта. Низкие температуры окружающей среды приводят к загустению масла, промерзанию охлаждающей жидкости и в самом худшем случае к повреждению трубопроводов. Особенно уязвимыми считаются тепловозы серий ТЭМ18ДМ и ТЭМ7А, работающие на маневровых участках, где частые остановки и длительные простои усугубляют процесс поддержания силовой установки в прогретом и безотказном состоянии [1].

Критические зоны промерзания определены по результатам экспериментальных наблюдений за темпом охлаждения водяной и масляной систем тепловоза ТЭМ18ДМ:

1. Участок водяной трубки, ведущей к кабине машиниста.
2. Обратный контур между радиатором и рубашкой охлаждения дизеля.
3. Масляные магистрали в нижней части двигателя, подверженные встречному ветру.
4. Система отопления кабины, особенно в районе подвода воды к калориферу.

Замерзание теплоносителя в этих областях вызывает разрыв трубок, деформацию фитингов и необходимость внепланового ремонта. При этом большинство тепловозов продолжает оставаться во включённом состоянии даже при длительных стоянках, чтобы избежать промерзания, что приводит к существенному перерасходу топлива.

В практике железнодорожных депо применяются три основных типа систем прогрева:

1. Постоянный прогрев двигателя на холостом ходу. Метод прост, но крайне неэкономичен: за одну ночь расходуется до 150–200 л топлива, повышаются выбросы CO_2 и сажи.
2. Таймерные системы включения подогревателя. Подогрев включается через заданные интервалы времени. Однако температура окружающей среды и теплопотери сильно варьируются, и запуск по таймеру часто происходит слишком рано (перерасход топлива) или слишком поздно (промерзание).
3. Термостатические системы с фиксированным порогом. Подогрев включается при снижении температуры ниже, например, $+30^\circ\text{C}$. Но такие системы реагируют на факт охлаждения, а не предсказывают его. Они не учитывают инерцию нагрева и охлаждения, скорость ветра, влажность и степень утепления корпуса.

Эти методы остаются реактивными, а не предиктивными – система действует постфактум, не имея возможности предсказать развитие ситуации. В результате повышается износ аккумуляторов, частота запусков дизеля и совокупные эксплуатационные затраты.

Методы решения задач. Современные технологии обработки данных позволяют перейти к предиктивному управлению прогревом. Искусственный интеллект способен анализировать сотни параметров в реальном времени, выявляя закономерности между внешними и внутренними факторами [2].

Главное преимущество нейросетевого подхода – обучаемость и адаптивность. Алгоритм способен учитывать индивидуальные особенности конкретного тепловоза: толщину теплоизоляции, тепловую инерцию металла, характеристики антифриза и статистику прошлых запусков.

В отличие от статических систем, нейросеть предсказывает момент, когда температура в критических зонах опустится до порога замерзания, и инициирует включение подогрева заранее, предотвращая промерзание без лишнего расхода топлива.

Алгоритм построения и работы нейросети. Для реализации задачи используется многослойная нейронная сеть прямого распространения (сеть прямой связи) с обучением по методу обратного распространения ошибки.

1. Входные параметры:

- температура охлаждающей жидкости $T_{\text{воды}}$;
- температура масла $T_{\text{масло}}$
- температура в кабине машиниста $T_{\text{каб}}$;
- температура наружного воздуха $T_{\text{окр}}$;
- скорость ветра V ;
- время простоя локомотива t ;
- остаточная мощность аккумуляторов $\mathcal{E}$.

2. Выходной параметр:

- прогноз температуры критической зоны через интервал $\Delta t = 30$ минут:

$$\hat{T}_{кр}(t + \Delta t).$$

3. Целевая функция:

Нейросеть обучается минимизировать ошибку прогноза по формуле среднеквадратичного отклонения:

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{T}_i - T_i)^2,$$

где T_i – предсказанное значение, T_i – фактическое.

4. Алгоритм принятия решения:

Если предсказанная температура в критической зоне через 30 минут окажется ниже допустимого порога:

$$\hat{T}_{кр}(t + \Delta t) < T_{доп},$$

То система инициирует включение подогревателя. Таким образом, решение принимается по прогнозу, а не по естественному сценарию.

5. Формула обновления весов сети:

$$w_{ij}^{(k+1)} = w_{ij}^{(k)} - \eta \frac{\partial L}{\partial w_{ij}},$$

где η – коэффициент обучения. Весовые коэффициенты корректируются в соответствии с техническими требованиями, пока ошибка прогноза не станет минимальной.

Нейросеть обучается на данных, собранных в течение нескольких зимних циклов эксплуатации. После обучения она способна адаптироваться под новые условия, с помощью механизмов дообучения (онлайн-обучения).

Для базового описания теплообмена используется уравнение экспоненциального затухания температуры:

$$T(t) = T_{окр} + (T_0 - T_{окр}) \cdot e^{-kt},$$

где параметр k – коэффициент теплопередачи является входным атрибутом для нейросети и корректируется в процессе обучения. Сеть фактически оценивает индивидуальный коэффициент теплопотерь для каждой машины в зависимости от состояния тела и окружающих условий.

При этой модели наблюдается не только мгновенная температура, но и ее производная:

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{окр}),$$

что позволяет нейросети понимать темп охлаждения и прогнозировать крайние моменты достижения температуры замерзания.

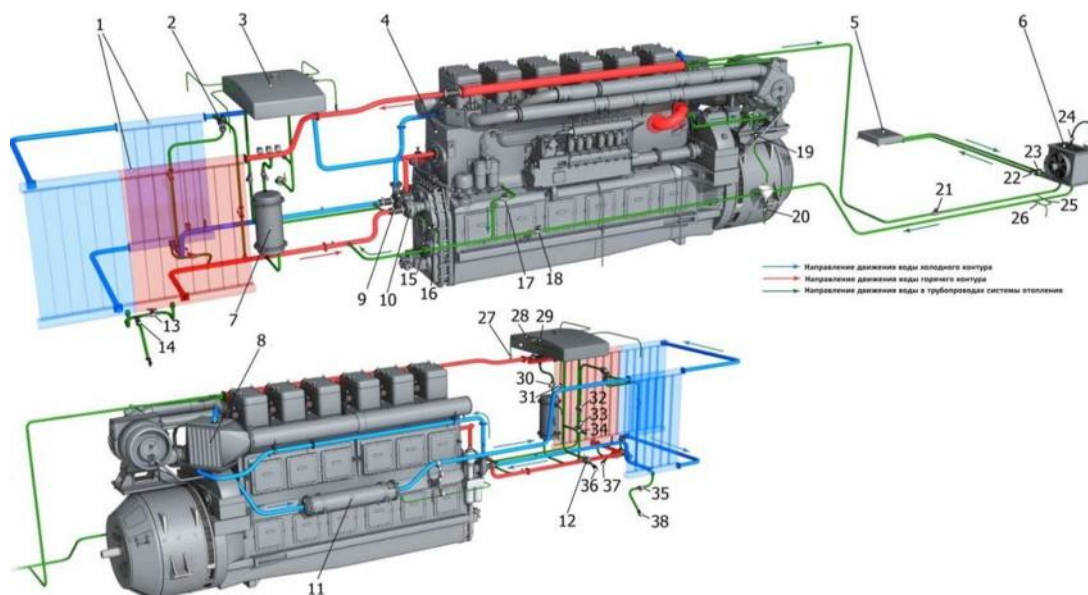


Рис. 1. Водяная система охлаждения двигателя тепловоза ТЭМ18ДМ

Анализ экономических данных показал, что промерзание чаще всего начинается в такие моменты:

1. Резкого падения температуры наружного воздуха ночью, особенно при ветре более 8 м/с.
2. Высокий теплоперенос через металлические элементы рамы, контактирующие с воздухом.

3. Остановка дизеля после короткой поездки, когда двигатель не успел прогреться до рабочей сети.
4. В простоях в тени, где тепловое излучение минимально.

В этих установленных стандартных таймерных системах не регулируют срагивание. Нейросеть же видит ускорение охлаждения (по определению производной температуры) и инициирует ранний подогрев, поддерживая положительную температуру запуска в системе.

Практическое приложение результатов. По теоретической оценке эффективности применения интеллектуальной системы прогрева тепловоза ТЭМ18ДМ удастся добиться следующих показателей:

- уменьшение количества холостых запусков дизеля на 35 %;
- сокращение расхода топлива на прогрев до 15 %;
- уменьшение времени прогрева до рабочей температуры на 25 %;
- исключение вероятности промерзания водяных магистралей и радиаторов.

Благодаря оптимизации подогрева двигатель реже выходит при холодном запуске, что продлевает ресурс аккумуляторных батарей, стартера и масляного насоса.

Дополнительным преимуществом становится сокращение выбросов углерода на 10–12 %, что соответствует современным экологическим нормам.

Выводы. Разработка интеллектуальной системы контроля температуры на тепловозах представляет собой важный шаг в повышении надежности и энергоэффективности железнодорожного транспорта.

В отличие от традиционных термостатических или таймерных схем, предлагаемый подход использует нейросетевой прогноз, что обеспечивает упреждающее управление тепловыми процессами.

Система учитывает адаптивность, сокращение расходов на топливо и меры по промерзанию в критических зонах. Применение искусственного интеллекта в локомотивном комплексе открывает новые возможности для создания самообучающихся комплексов, способов анализа состояния оборудования и решений без участия человека

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Балабин В. Н. Повышение эффективности прогрева тепловозов в зимний период // Железнодорожный транспорт. 2022. № 11. С. 31–35.
- 2 Абуняев Д. С., Свечников А. А. Интеллектуальное управление запуском и остановкой силовой установки тепловоза в зимнее время // Дни студенческой науки. Сборник материалов 52-й научной конференции обучающихся. Выпуск 26. Том 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. Самара, 2024.

УДК 629.4.018

ЦИФРОВОЙ СТЕНД ДЛЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВУХРЯДНЫХ ПРУЖИН РАЗЛИЧНОЙ ВЫСОТЫ С ИМИТАЦИЕЙ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А. Н. Балалаев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современный подвижной состав должен иметь в составе грузовых тележек цилиндрические винтовые пружины. В тележках модели 18–578 допускается установка внутренних пружин, изготовленных по разным чертежам, например, по чертежам 555.30.002–0; 555.30.004–0 совместно с пружинами по чертежам 100.30.008–0 и 578.30.007–1 без ограничений [1: 59]. Однако, на практике иногда ставятся пружины по другим чертежам с ненадлежащей толщиной прутка. Нарушения технологии установки внутренних пружин при деповском или капитальном ремонтах может вызывать сходы подвижного состава с рельсов, аварии и крушения поездов. В настоящее время для анализа причин возникновения дефектов подвижного состава, препятствующих эксплуатации, используется компьютерное моделирование. Для решения вопроса: является ли установка ненадлежащей внутренней пружины в рессорные комплекты грузовой тележки причиной схода подвижного состава, необходим цифровой стенд для виртуальных испытаний пружин [2: 8], выполненный с возможностью размещения в нем двух пружин с разной высотой [3: 29]. Из-за участившихся случаев схода подвижного состава разработка такого стенда является актуальной задачей.

Целью данного исследования является разработка цифрового стенда для виртуального испытания пружин с заданной разницей высот и с ненадлежащей толщиной витка внутренней пружины при различной температуре окружающей среды.

Методы решения задач. Для достижения поставленной цели были поставлены и решены следующие задачи: разработаны 3D- модели наружной и внутренней пружин для тележки 18–578 и внутренних пружин, предназначенных для других тележек, а также 3D-модель оснований, имитирующих опорные и направляющие поверхности бонки боковой рамы; разработана методика проведения виртуального эксперимента по оценке прогиба двух пружин (наружной и внутренней) в CAE программе; выполнены виртуальные испытания пружин методом конечных элементов при задании различных высот наружной и внутренней пружин и различных диаметров прутка внутренней пружины.

Схема проведения виртуальных испытаний пружин разной высоты на прогиб методом конечных элементов показана на рис. 1.

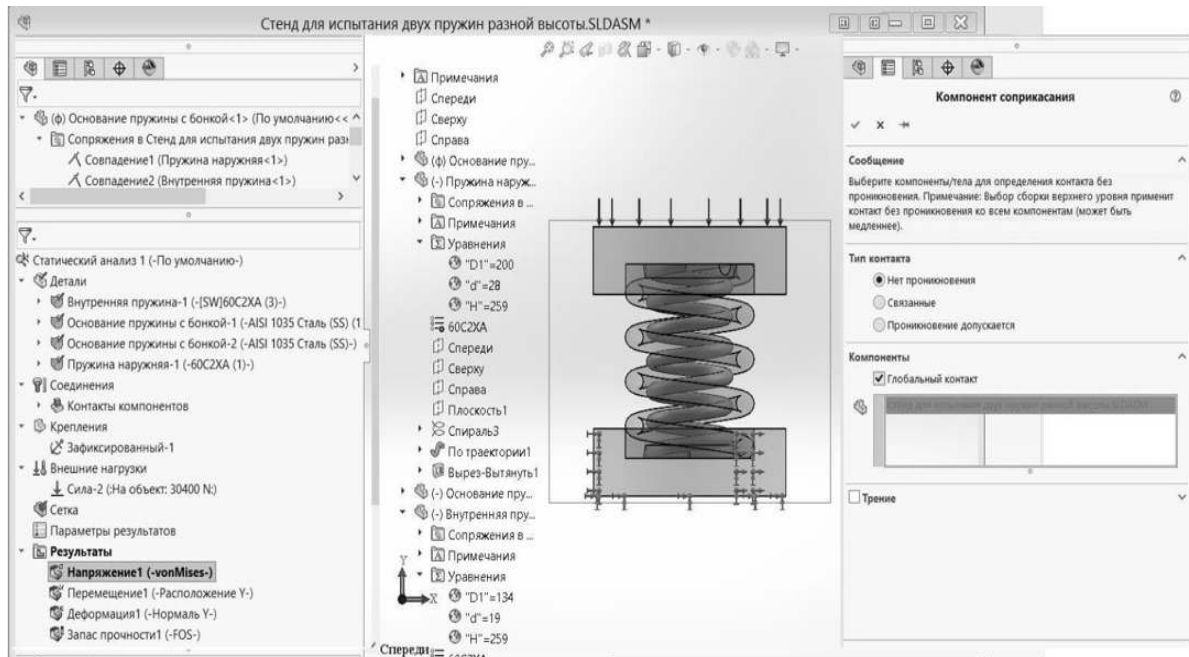


Рис. 1. Схема проведения виртуальных испытаний пружин разной высоты на перемещение

Как видно на рис. 1, нижнее основание закреплено типом крепления «фиксированное», к верхнему основанию прикладывалась сила либо максимальная для 4-х осных вагонов с осевой нагрузкой 230 кН (23,5 т), приходящаяся на одну двойную пружину – 29985 Н, либо минимальная статическая нагрузка от тары вагона 21 т без веса двух тележек – 4409 Н. На контакты моделей пружин и оснований накладывалось условие «без проникновения» – это увеличивало время счета по сравнению с условием «связанные», но при разной высоте пружин условие «связанные» нельзя обеспечить, так как в этом случае только одна пружина будет иметь контакт с обоими основаниями.

В качестве тестовой задачи проводилось исследование моделей двух одинаковых по высоте пружин, выполненных по чертежам 578.30.006–1 (наружная пружина) и 578.30.007–1 (внутренняя пружина) при статической нагрузке, указанной в технических условиях пружин. Так для наружной пружины эта величина составляет 20810 Н, для внутренней пружины – 9590 Н, поэтому сумма нагрузок для двухрядной пружины принималась равной 30400 Н. На цилиндрические поверхности оснований были наложены условия соосности, а на плоские грани оснований – условие параллельности. На рис. 2 представлены результаты виртуальных испытаний двухрядной пружины тележки 18–578 высотой 259 мм при данных условиях и статической нагрузке равной 30400 Н.

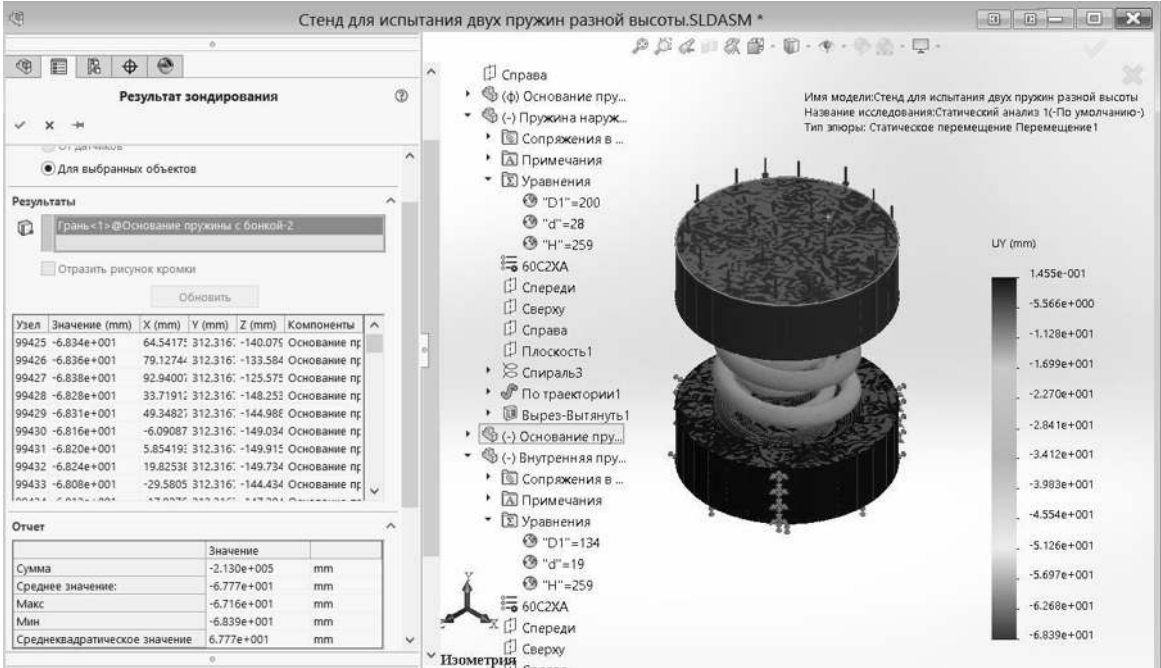


Рис. 2. Результаты испытаний двухрядной пружины тележки 18–578 высотой 259 мм

Анализ полученных результатов. Как видно из таблицы отчета, показанного в левой нижней части рис. 2, среднее значение перемещения верхнего основания составило 67,8 мм. Согласно паспорту тележки 18–578, прогиб при максимальной статической нагрузке у наружной и внутренней пружины составляет 68 мм. Сравнение расчетных и паспортных значений прогиба пружин показывает их хорошее совпадение.

При замене модели внутренней пружины, выполненной по чертежу 578.30.007–1, на модели внутренних пружин, выполненных по чертежам 100.30.019–0 (что недопустимо) [1: 60], 555.30.002–0 и 9801.30.019 (что недопустимо) [1: 60], проводились виртуальные испытания при максимальной (29985 Н) и минимальной (4409 Н) статической нагрузке. Результаты виртуальных испытаний двухрядных пружин представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний двухрядных пружин с различным соотношением высот				
Расчетные параметры	Размеры наружной (по чертежу 578.30.006–1) / внутренней пружины			
	259 / 259	258 / 255	261 / 264	257 / 254
Прогиб рессорного подвешивания тележки в вагонах с максимальной расчетной массой	(внутренняя по чертежу 578.30.007–1)	(внутренняя по чертежу 100.30.019–0) не допустимо	(внутренняя по чертежу 555.30.002–0)	(внутренняя по чертежу 9801.30.019 не допустимо)
	64,5	62,5	65,5	56
По ГОСТ 9246–2013 не должны смыкаться витки пружин [4: 6]				
Прогиб рессорного подвешивания тележки в вагонах с минимальной расчетной массой	12,5	10	18,5	9
	По ГОСТ 9246–2013 для тележек 2 типа не менее 8 мм [4: 6]			
Разность прогибов рессорного подвешивания тележки в вагонах с максимальной и минимальной расчетной массой	52	52,5	47	47
	По ГОСТ 9246–2013 не более 55 мм [4: 4]			

Как видно из результатов расчета прогибов пружин, представленных в таблице, все необходимые условия по допустимым прогибам формально соблюдены, что говорит о невозможности выявить установку ненадлежащей внутренней пружины по замерам прогибов кузова вагона на таком рессорном подвешивании.

Расчеты по методу конечных элементов проводились при задании механических свойств материала пружин: коэффициент Пуассона $\mu = 0,28$, модуль упругости Юнга $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, что справедливо для температуры окружающей среды $t = +20$ °С. Модель цифрового стенда позволяет изменить эти значения на те, что справедливы для низких отрицательных температур окружающей среды при использовании аппроксимационных зависимостей, полученных путем обработки справочных значений μ и E , и представленных на рис. 3 а) и б).

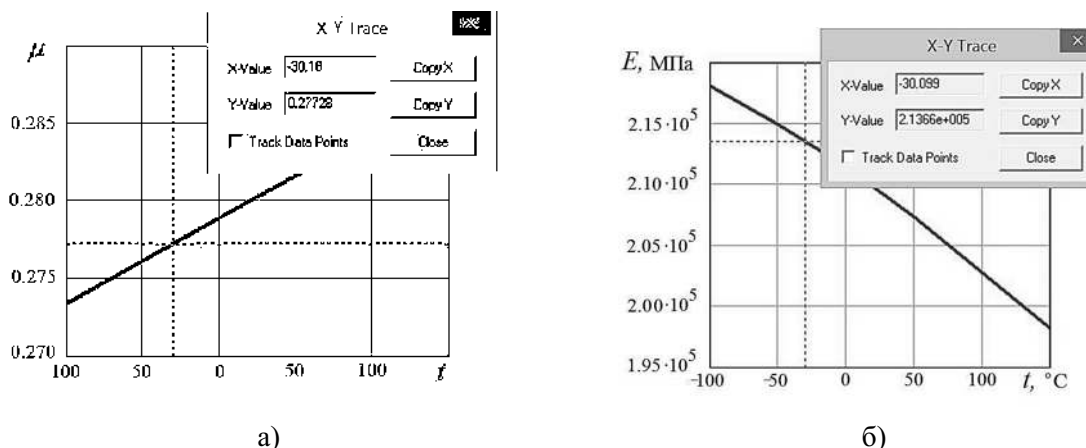


Рис. 3. Зависимости параметров механических свойств материала пружин от температуры окружающей среды: а) коэффициента Пуассона; б) модуля упругости Юнга

Как видно из результатов трассировки графиков, показанных на рис. 3 а) и б), при температуре окружающей среды -30 °С значение коэффициента Пуассона составляет $\mu = 0,27728$, а модуля упругости Юнга $E = 2,1366 \cdot 10^5$ МПа. При этих значениях были повторены виртуальные испытания двухрядных пружин с различным соотношением высот. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты испытаний двухрядных пружин с различным соотношением высот при температуре окружающей среды -30 °С

Расчетные параметры	Размеры наружной (по чертежу 578.30.006–1) / внутренней пружины			
	259 / 259	258 / 255	261 / 264	257 / 254
Прогиб рессорного подвешивания тележки в вагонах с максимальной расчетной массой	(внутренняя по чертежу 578.30.007–1) 63,3	(внутренняя по чертежу 100.30.019–0, не допустимо) 61,3	(внутренняя по чертежу 555.30.002–0) 64,2	(внутренняя по чертежу 9801.30.019, не допустимо) 54,9
	По ГОСТ 9246–2013 не должны смыкаться витки пружин [4: 6]			
Прогиб рессорного подвешивания тележки в вагонах с минимальной расчетной массой	9,6	7,5	16,1	6,5
	По ГОСТ 9246–2013 для тележек 2 типа не менее 8 мм [4: 6]			
Разность прогибов рессорного подвешивания тележки в вагонах с максимальной и минимальной расчетной массой	53,7	53,8	48,1	48,4
	По ГОСТ 9246–2013 не более 55 мм [4: 4]			

Как видно из сравнения результатов виртуальных испытаний, представленных в табл. 1 и табл. 2, прогибы рессорного подвешивания уменьшились на 2...2,5 мм при снижении температуры окружающей среды с $+20$ °С до -30 °С. В таблице 2 зафиксировано не соблюдение нормативного параметра по прогибу рессорного подвешивания тележки в вагонах с минимальной расчетной массой при постановке на тележку 18–578 внутренних пружин, выполненных по чертежам 100.30.019–0 и 9801.30.019. Приведенный анализ показал, что низкие отрицательные температуры окружающей сре-

ды повышают вероятность не допустимой работы рессорного подвешивания с не верно подобранными пружинами.

Практическое приложение результатов. Модель цифрового стенда может иметь значение для практики, так как позволяет прогнозировать изменение прогиба пружин при изменении соотношения их высот, а также при замене внутренней пружины на пружину, недопустимую для заданной модели тележки, имеющую откол витка, или имеющую значительную разность по высоте, например, больше 3 мм. Знание прогиба пружины позволяет прогнозировать перекося вагона и определять вероятность схода вагона с рельс. Модель цифрового стенда может также прогнозировать прогиб пружин в условиях низких отрицательных температур окружающей среды, когда величины прогиба становятся несколько меньше.

Выводы. Представлена модель стенда для виртуальных испытания пружин, позволяющая прогнозировать изменение прогиба пружин при изменении соотношения их высот, при замене внутренней пружины на пружину, недопустимую для заданной модели тележки, а также в условиях низких температур. Данная модель стенда позволяет также рассчитывать суммарный прогиб двухрядных пружин при различных отклонениях высоты пружин от номинальных размеров конструкторской документации. Выполнены тестовые расчеты совместного прогиба моделей внутренней и наружной пружин рессорного подвешивания тележки 18–578 при максимально допустимой разнице высот пружин 3 мм, а также замене внутренней пружины на модели, недопустимые к установке на тележку 18–578. Полученные результаты показывают влияние на прогиб пружин разницы высот наружной и внутренней пружин, а также низких отрицательных температур окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 РД 32 ЦВ 082–2021. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов с боковыми скользунами постоянного контакта тип 2 по гост 9246. Общее руководство по ремонту. Утв. Советом по железнодорожному транспорту государств – участников Содружества, протокол от 15 июня 2022 года № 76 [Электронный ресурс]. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/akt_forma/1/rd_32_tsv_082-2021_telezhki_dvukhosnye_trekhementnye.html
- 2 Балалаев А. Н. Цифровой стенд для испытания пружин тележек и поглощающих аппаратов подвижного состава железных дорог // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 8–11.
- 3 Балалаев А. Н., Жебанов А. В. Выявление на виртуальном испытательном стенде пружин рессорного подвешивания с недопустимыми в эксплуатации параметрами // Транспорт Урала. 2025. № 2(85). С. 29–36. DOI 10.20291/1815–9400–2025–2–29–36.
- 4 ГОСТ 9246–2013. Межгосударственный стандарт. Тележки двухосные трехэлементные грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия (введен в действие Приказом Росстандарта от 08.11.2013 N 1423–ст) (ред. от 31.08.2022) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.reglament.by/wp-content/uploads/docs/gost/GOST-9246-2013.pdf>

УДК 05.13.01

АНАЛИЗ ЗАМЕРОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЁСНЫХ ПАР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СКОРОСТНЫХ И ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

А. П. Буйносов, К. А. Стаценко, П. В. Киприянов

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. В действующих [1] только для скоростных и высокоскоростных электропоездов не указана опорная поверхность для измерения толщины гребня. В соответствии с распоряжением [2], толщину гребней скоростных электропоездов следует измерять от поверхности катания – тот же подход применяется и для высокоскоростных электропоездов.

Авторы проанализировали геометрические замеры колёсных пар 23 электропоездов серий ЭС1 и ЭС2Г, выполненные по форме ТУ–18 в 2024 г., и у них всех обнаружено не уменьшение, как ожидалось, а увеличение измеренной толщины гребня в процессе эксплуатации – т.е. наблюдалось «нарастание» толщины при увеличении величины проката поверхности катания.

Например, как показано на рисунках 1 и 2, у электропоезда ЭС2Г–001 у 39 из 40 колёс зафиксировано увеличение измеренной толщины гребня, а у ЭС2Г–122 – у 47 из 48 колёс. Отметим, что величины проката у всех колёс всего вышеупомянутого подвижного состава только увеличивались.

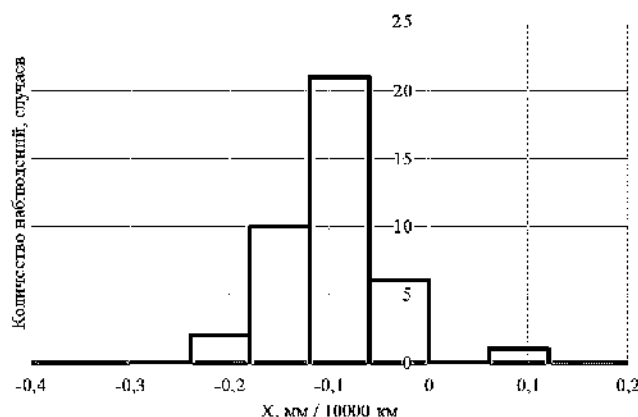


Рис. 1. Распределение интенсивности износа гребней колёс электропоезда ЭС2Г–001

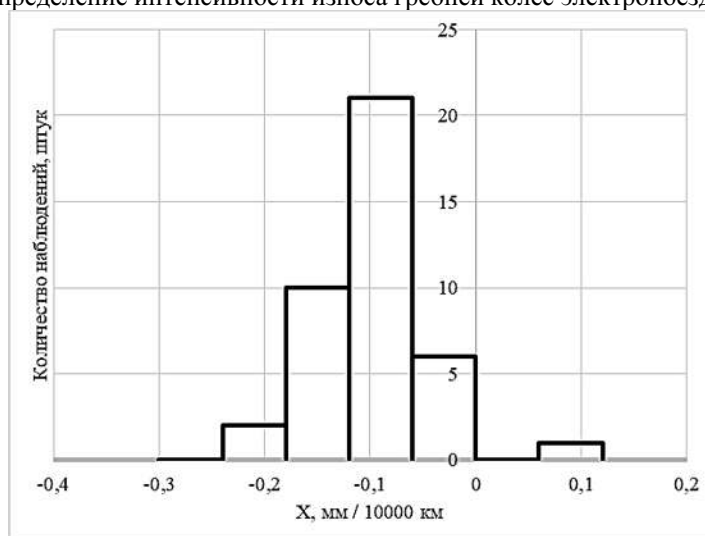


Рис. 2. Распределение интенсивности износа гребней колёс электропоезда ЭС2Г–122

Авторы проанализировали геометрические замеры колёсных пар семи электропоездов типа «Сапсан», при этом у всех электропоездов, кроме одного зафиксировано увеличение измеренной толщины гребня одновременно с ростом проката.

По-видимому, более корректно измерять толщину гребня от его вершины, как это делается для колесных пар всего остального подвижного состава. Как показывает анализ, толщину гребня для профиля S3G необходимо измерять в 20 мм от его вершины (применяя, например, шаблон И477), а на переходный период следовало бы разработать методику оценки математического ожидания толщины гребня с использованием таблиц поправок. Похожая практика имела место в 2000–2016 гг. для профиля ДМеТИ ЛР для колёс грузовых электропоездов при применении шаблона УТ–1.

С учётом того, что поправка при определении толщины гребня при измерениях шаблоном УТ–1 колес, имеющих профиль ДМеТИ ЛР составляла минус пять миллиметров, реальная толщина гребня в 1995–2000 гг. могла быть на уровне 20 мм при браковочном размере в 25 мм, что потенциально могло быть причиной крушений и аварий с тяжёлыми последствиями.

В результате можно сделать вывод о том, что по-видимому для адекватного суждения о геометрических параметрах колес отечественных скоростных и высокоскоростных электропоездов и обеспечения безопасности движения необходимо измерять толщину их гребней от вершины с использованием шаблонов типа И477.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Приказ Минтранса РФ от 23.06.22 № 250 «Об утверждении правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/405042985/>
- 2 Распоряжение ОАО «РЖД» от 31.10.13 № 2325р «О применении методики метрологического контроля геометрических параметров колесных пар высокоскоростных электропоездов «Сапсан» для контроля геометрических параметров колесных пар скоростных поездов «Ласточка» [Электронный ресурс]. URL: <https://scbist.com/scb/uploaded/docs/2013/oktyabr-2013/4877-rasporiyazhenie-oao-rzhd-ot-31-10-2013-n-2325r.htm>
- 3 Буйносов А. П., Стаценко К. А., Тихонов В. А. Влияние применения триботехнического состава НИОД на ресурс колесных пар электроподвижного состава // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 1 (25). С. 30–35.

- 4 Буйносов А. П., Стаценко К. А. Исследование контактного взаимодействия колеса и рельса с учетом плоской поверхности катания // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 4. С. 85–88.
- 5 Буйносов А. П., Стаценко К. А. Исследование влияние ширины колеи зазоров на допускаемые скорости движения поездов в прямых участках пути // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 4. С. 166–168.

УДК 05.13.01

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ СКОРОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В КРИВЫХ ПО НЕПОГАШЕННОМУ УСКОРЕНИЮ

А. П. Буйносов, К. А. Стаценко, П. В. Киприянов

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Ряд классических исследований середины XX века показал пороговые значения, при которых человек начинает ощущать или плохо переносит центробежные ускорения и их изменения.

Результаты исследований пороговых и предельных значений непогашенного ускорения и скорости его приращения для организма человека следующие:

- пороговое значение восприятия непогашенного ускорения – $0,4 \text{ м/с}^2$;
- предельно допустимое значение непогашенного ускорения (существенное изменение пульса и дыхания у испытуемых) – около $1,0 \text{ м/с}^2$;
- пороговое значение восприятия приращения непогашенного ускорения – $0,1 \text{ м/с}^3$;
- предельно допустимое значение приращения непогашенного ускорения (ощущение тяжести в голове испытуемых) – около $1,0 \text{ м/с}^2$.

Для анализа использованы допускаемые скорости исходя из норм непогашенных ускорений, которые, как выяснилось, не совпали с соответствующими допускаемыми скоростями из [1]. В таблице представлены расчетные значения непогашенных ускорений в кривых при руководстве соответствующими допускаемыми скоростями из распоряжения [1] при заявленном допускаемом ускорении $[a_{\text{нп}}] = 0,7 \text{ м/с}^2$.

Таблица

Расчетные значения непогашенных ускорений в кривых

Радиус кривых, м	Допускаемые скорости, км/ч, согласно распоряжению ОАО «РЖД» №2240р	Расчетные непогашенные ускорения, м/с^2
300	80	0,73
350	85	0,67
400	95	0,82
500	105	0,78
600	115	0,80
700	125	0,71
800	130	0,76
900	140	0,70
1000	145	0,66
1100	150	0,73
1200	160	0,70

Поскольку расчёты в таблице показывают, что существующие нормативы по допустимым скоростям для отдельных радиусов кривых приводят к фактическим непогашенным ускорениям, превышающим заявленный предел в $0,7 \text{ м/с}^2$ (максимум $0,82 \text{ м/с}^2$, среднее $0,72 \text{ м/с}^2$), то очевидно следовало бы внести коррективы в рассмотренные нормы допускаемых скоростей в кривых.

Кроме того, авторы выполнили расчет значений непогашенных ускорений на участках Тюмень – Екатеринбург и Екатеринбург – Пермь при движении с допускаемыми скоростями при максимальных возвышениях наружного рельса, рисунки 1 и 2.



Рис. 1. График непогашенных ускорений в кривых на участке Тюмень – Екатеринбург при следовании с допускаемыми скоростями

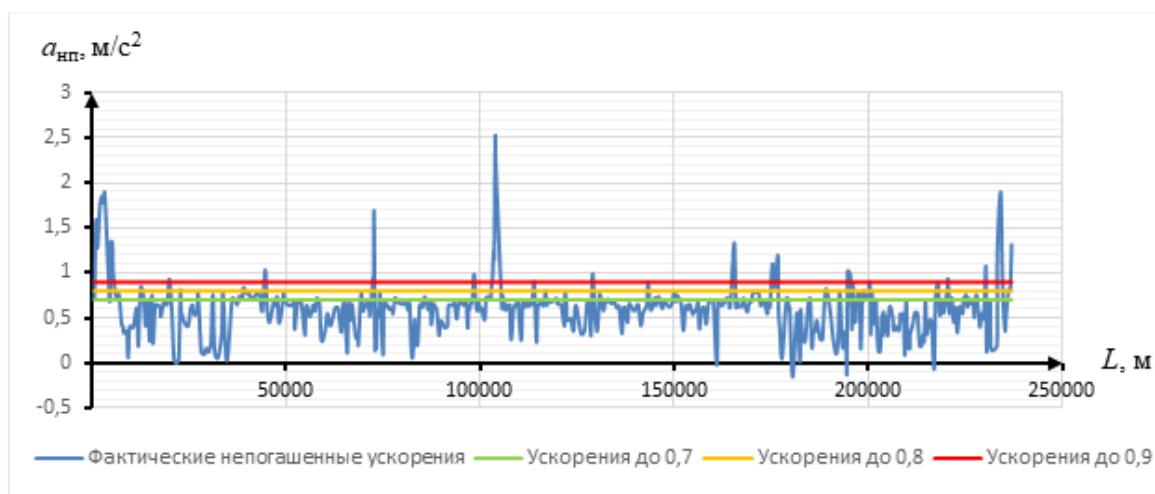


Рис. 2. График непогашенных ускорений в кривых на участке Екатеринбург – Пермь при следовании с допускаемыми скоростями

Как видно из рисунков, фактические максимальные непогашенные ускорения на рассматриваемых участках достигают 2,6 м/с², что в 3,7 раза больше допускаемого предела в 0,7 м/с², что следовало бы учесть в дальнейшем при установлении допустимых скоростей движения на соответствующих участках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение ОАО «РЖД» от 08.11.2016 N 2240р (ред. от 23.08.2018) «О нормах допускаемых скоростей движения подвижного состава по железнодорожным путям колеи 1520 (1524) мм» [Электронный ресурс]. URL: https://scbist.com/scb/uploaded/1_1709287590.pdf
- 2 Буйносов А. П., Стаценко К. А. Исследование влияние ширины колеи зазоров на допускаемые скорости движения поездов в прямых участках пути // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 4. С. 166–168.
- 3 Буйносов А. П., Стаценко К. А., Тихонов В. А. Влияние применения триботехнического состава НИОД на ресурс колесных пар электроподвижного состава // Научно-технический вестник Поволжья. 2011. № 1 (25). С. 30–35.

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА ТЕПЛОВЗОВ

В. А. Ваулин², А. В. Муратов¹

¹Приволжский государственный университет путей сообщения

² Эксплуатационное депо «Самара» – структурное подразделение Куйбышевской дирекции тяги

Введение. Важнейшей задачей развития дизельных двигателей тепловозов является перевод их на альтернативные виды топлива, данные мероприятия могут существенно сократить расходы на топливо и значительно уменьшить вредные выбросы в атмосферу. На данный момент исследуются возможности применения биодизельных, синтетических и газообразных видов топлива, что делает поршневые двигатели более экологически чистыми и может существенно снизить эксплуатационные расходы [1, 2]. Эти изменения соответствуют глобальным тенденциям по сокращению выбросов и повышению энергоэффективности двигателей. В статье описываются пути замены традиционного топлива и виды топлив, которые могут выступить в качестве замены применимо к тепловозам.

Основная часть.

Наиболее приемлемым с точки зрения подготовленности оборудования, инфраструктуры, в качестве альтернативы видится газообразное топливо, а конкретнее природный газ. Многочисленные исследования подтверждают актуальность и возможность без потери своих мощностных характеристик использовать газ в качестве топлива в тепловозной тяге [3].

В качестве далекой перспективы можно рассматривать водородное топливо как источник энергии, однако в настоящее время существующие технологии по хранению, получению и использованию водорода не позволяют сделать его конкурентноспособным [4].

Многочисленные исследования показали возможность и эффективность использования природного газа в дизельных двигателях. В настоящее время данное топливо используется в сельском хозяйстве, есть положительный опыт использования в городском транспорте. Реализуются пилотные проекты в речном и морском судоходствах. Результаты показывают положительный эффект с точки зрения затрат на топливо из-за разницы в цене. Химический состав природного газа также позволяет говорить о привлекательности метана с точки зрения своих экологических характеристик [5].

Существует два основных способа использования газа:

1. Прямое использование газового топлива в газотурбинных двигателях: требует установки на тепловоз криогенных баков для хранения сжиженного газа при температуре -162°C и переоборудования силовой установки.
2. Газодизельный цикл: дизельный двигатель работает на смеси газа и дизельного топлива, используемого в качестве запальной дозы. Этот подход менее требователен к модернизации и повышает гибкость эксплуатации.

Природный газ, обладает рядом преимуществ. Он выделяет значительно меньше углекислого газа, твердых частиц, оксидов серы и других загрязняющих веществ по сравнению с дизельным топливом (рис. 1).

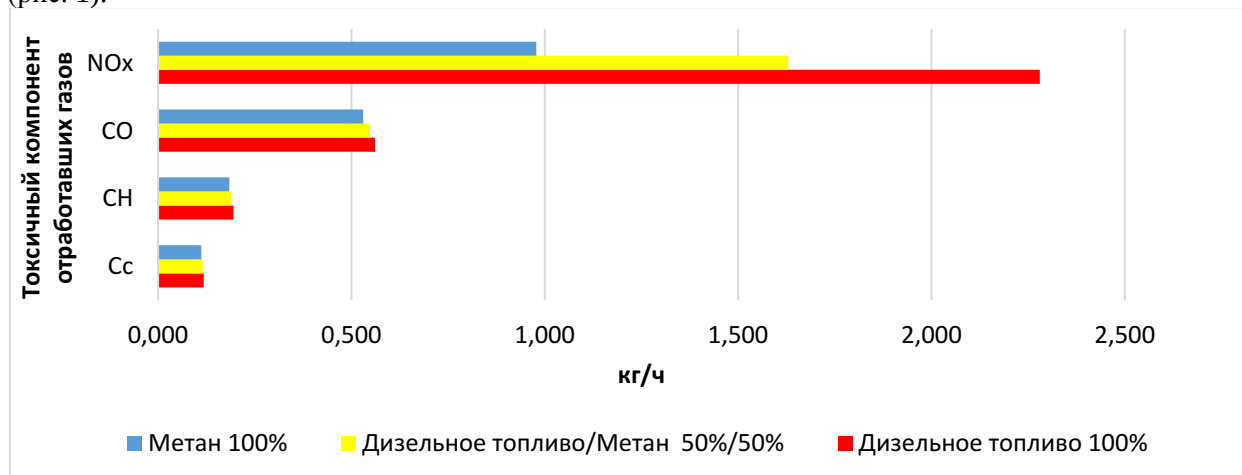


Рис. 1. Анализ снижения уровня вредных выбросов при работе дизеля Д242 по газодизельному циклу

Системы, работающие на природном газе, становятся все более доступными благодаря развитию инфраструктуры для его распределения и хранения.

К тому же, при использовании сжиженного природного газа (СПГ) можно добиться высокой энергоэффективности и уменьшения эксплуатационных расходов за счет низкой стоимости газа. Так же двигатели, работающие на газ меньше подвержены износу, так как при сгорании практически не образуются вещества, загрязняющие моторное масло и уменьшается трение в цилиндро-поршневой групп, так как нет эффекта смывания масла со стенок цилиндра, как при работе с жидким топливом.

Различия в процессе сгорания метана и дизельного топлива позволяют сделать процесс менее механически нагруженным при использовании природного газа. Рост давления в цилиндре дизеля при сгорании природного газа более плавный, что позволяет говорить о снижении шумности при работе дизельного двигателя. Увеличивается межсервисный пробег [6].

К недостаткам использования природного газ, как правило, относят более высокую пожара и взрывоопасность, необходимость сложной модернизации традиционных дизельных установок, отсутствие соответствующей инфраструктуры. Особенно стоит отметить трудности применения СПГ, связанные с хранением и транспортировкой газа.

Главной же проблемой сжиженного природного газа является его хранение. Чтобы газ перешел в жидкое состояние, его нужно охладить до -162°C . Это требует установки на тепловоз специальных криогенных баков-термосов, которые намного сложнее и дороже обычных топливных баков. Так же необходимо полностью переделывать всю топливозаправочную инфраструктуру для работы с данным видом топлива.

Вывод. Проведенный анализ альтернативных видов топлива демонстрирует, что в среднесрочной перспективе именно природный газ обладает наиболее сбалансированным сочетанием экологических, экономических и технологических параметров для осуществления энергетического перехода. Газовое топливо характеризуется развитой производственной и логистической инфраструктурой, что позволяет минимизировать капитальные затраты на его внедрение.

Так же газовое топливо позволяет закрыть 3 задачи: снижение эксплуатационных расходов за счет снижения затрат на топливо, так как стоимость газа значительно ниже стоимости дизельного топлива, используемого на сети железных дорог, снижение выбросов в атмосферу и повышение надежности дизельного двигателя, что сокращает расходы на ремонт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Влияние насыщения дизельного топлива метаном на эксплуатационные показатели тепловозных дизелей / Д. Я. Носырев [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2016. № 6 (60). С. 25–28. EDN XIQYPN.
- 2 Мишкин А. А., Муратов А. В. Анализ работы дизеля тепловоза при частичной замене дизельного топлива водородом // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта : материалы 3-й Международной научно-практической конференции, Самара, 06–07 декабря 2006 года. Самара: Самарская государственная академия путей сообщения, 2006. С. 93–95. EDN WWCBEH.
- 3 Патент на полезную модель № 57832 U1 Российская Федерация, МПК F02B 43/00, F02M 37/00. Система топливоподачи газодизеля с внутренним смесеобразованием: № 2006120686/22; заявл. 13.06.2006; опубл. 27.10.2006 / Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная академия путей сообщения» (СамГАПС). EDN JILEDТ.
- 4 The use of ethanol in diesel engines / A. Roslyakov, A. Balakin, O. Valiullina, E. Chistyakov // AIP Conference Proceedings : INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021, Sevastopol, 06–10 сентября 2021 года. Vol. 2503. Sevastopol: American Institute of Physics Inc., 2022. P. 080038. DOI 10.1063/5.0100697. EDN HDKIBI.
- 5 Исследование газодизельной установки на базе двигателя Д–242 с системой топливоподачи с эрг 500 / А. В. Авсиевич [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 1(79). С. 112–122. EDN ZFRGMK.
- 6 Балабин В. Н., Самотканов А. В. Локомотивные энергетические установки: уч. пос. Москва: Российский университет транспорта (МИИТ), 2019.

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ОСНАЩЕННОСТИ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОМ ВАГОННОМ ДЕПО ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПЕРЕНОСНЫХ УСТРОЙСТВ

А. Н. Владимиров, А. Н. Шмойлов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Использование работниками предприятий железнодорожного транспорта передовых технических средств при выполнении ими различных технических операций согласно технологии по обслуживанию вагонов в эксплуатационных депо является приоритетным направлением внедрения цифровизации на производстве. Передовые цифровые устройства и технологии получили импульс развития в последнее время. Данные устройства могут быть реализованы в виде наиболее удобном исполнении, а именно в виде мобильных портативных устройств. Данные устройства предполагается применять в эксплуатационных вагонных депо [1, 2]. Низкая эффективность информационного обмена между местами осмотра вагонов при техническом обслуживании в эксплуатационном депо и операторами пунктов по техническому обслуживанию вагонного депо, приводит к простоям подвижного состава, ошибкам в учете выполненных работ и высокой доле рутинного непроизводительного труда (заполнение и передача бумажных документов) [3].

В свою очередь отмечено, что применение данных устройств становится особенно актуальным в настоящее время по причине роста количества неисправностей подвижного состава в эксплуатации.

Блок-схема мобильного рабочего места для работников транспортной отрасли представлена на рисунке.

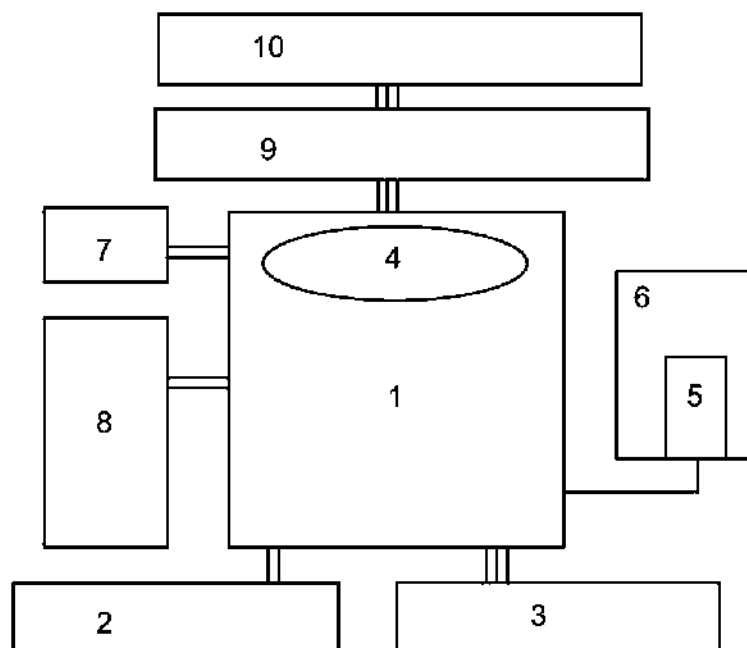


Рис. Блок-схема мобильного рабочего места для работников транспортной отрасли: 1 – блок вычислений и обработки информации, 2 – блок обработки звуковой информации, 3 – программный модуль, 4 – устройство воспроизведения звука, 5 – модуль обработки и оценки информационных решений, 6 – программный модуль звукового сопровождения; 7 – модуль определения геолокации работника; 8 – устройство преобразования звуковых волн в электрические сигналы; 9 – локальная сеть предприятия; 10 – удаленный серверный компьютер

Блок-схема мобильного рабочего места для работников транспортной отрасли в своем составе содержит следующие основные блоки и устройства: 1 – блок вычислений и обработки информации, 2 – блок обработки звуковой информации, 3 – программный модуль, 4 – устройство воспроизведения звука, 5 – модуль обработки и оценки информационных решений, 6 – программный модуль звукового сопровождения; 7 – модуль определения геолокации работника; 8 – устройство преобразования звуковых волн в электрические сигналы; 9 – локальная сеть предприятия; 10 – удаленный серверный компьютер.

Программный модуль звукового сопровождения 6 связан через модуль обработки и оценки информационных решений 5 с блоком вычислений и обработки информации 1. Удаленный серверный компьютер 10 соединяется с блоком вычислений и обработки информации через локальная сеть предприятия транспортной отрасли. Причем в данном устройстве модуль определения геолокации работника, устройство преобразования звуковых волн в электрические сигналы, блок обработки звуковой информации и программный модуль непосредственно подключены к блоку вычислений и обработки информации мобильного рабочего места для работников транспортной отрасли, что обеспечивает стабильную работу всего устройства в любых климатических условиях.

Важно отметить, что оснащение инженерно–технического персонала и рабочих эксплуатационного вагонного депо подобными защищенными мобильными устройствами (мобильными рабочими местами) со специализированным программным обеспечением, интеграция с существующей ERP-системой депо для двустороннего обмена данными в реальном времени и возможностью использования модуля определения геолокации работника на путях ПТО с информационными приложениями и голосовой поддержкой позволит дать в итоге определенный экономический эффект.

Использование данного мобильного рабочего места позволит на 17 % повысить операционную эффективность и обеспечит переход к безбумажным технологиям в вагонном депо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сиверцева Е. С., Чёрная Е. В. Применение современных цифровых технологий для организации удаленных рабочих мест сотрудников ОАО «РЖД» // Управление проектами в новых реалиях. Сборник научных статей международной научно-практической конференции. Под редакцией Н.А. Журавлевой. Санкт-Петербург, 2020. С. 94–100.
- 2 Мельникова А. А. Цифровизации в России на современном этапе // Управленческий учет. 2022. № 1–1. С. 93–99.
- 3 Евсюков В. Д. Особенности перехода на цифровое рабочее место: преимущества и недостатки // Наука и образование: достижения и перспективы. Самара – Саратов, 2023. С. 187–191.

УДК 629.4.014.61

РОЛЬ «ГОРОДСКОГО ПОЕЗДА» В РАЗВИТИИ РЕГИОНА: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ

П. Р. Владимиров, А. Е. Николаев

Филиал Петербургского государственного университета путей сообщения
Императора Александра I в г. Калуге

Введение. Один из видов железнодорожного транспорта городской агломерации, используемый как городской, пригородный и ближний междугородный транспорт. Городской поезд занимает промежуточное положение между городским общественным транспортом и классическими пригородными поездами и использует обычные железнодорожные линии в пределах и вне города, при этом нередко имеет и выделенные пути. Однако в условиях урбанизации возникают проблемы, требующие инновационных решений.

Актуальность темы исследования. Транспортная система выступает одной из ключевых отраслей городской инфраструктуры большинства средних и крупных городов России. В данной системе общественный транспорт играет основную роль в обеспечении циркуляции городской жизни населения посредством предоставления качественной транспортной услуги.

Роль городского поезда в развитии региона. Городской поезд влияет на регион через несколько аспектов, способствуя интеграции и устойчивости:

– Экономический аспект.

Городской поезд развивает экономику, обеспечивая доступ к рабочим местам и рынкам сбыта. Например, в Московском регионе электропоездами пользуются миллионы пассажиров ежедневно, снижая транспортные издержки предприятий и повышая уровень комфорта пассажиров (рис. 1). Это привлекает инвестиции в пригородные зоны, развивая торговлю и промышленность. Общественный транспорт повышает ВВП региона на 1–2 % ежегодно.



Рис. 1. Электропоезд ЭГ2Тв Россия, Москва, перегон Фили – Москва – Пассажирская – Смоленская

– Социальный аспект.

Он повышает доступность образования, здравоохранения и досуга, улучшая уровень жизни. В регионах с развитой сетью городских поездов, таких как Москва, жители окраин имеют равные возможности. Это способствует демографической стабильности и миграционному балансу.

– Экологический аспект (рис. 2)

Городской поезд способствует снижению зависимости от личного автотранспорта, уменьшая выбросы CO₂. Электрифицированные системы способствуют переходу к более экологичному пути, подерживая цели устойчивого развития. В России модернизация электропоездов может сократить выбросы на 20–30 % в агломерациях.



Рис. 2. Проект Минэкологии «Экоэлектричка»

Проблемы развития городского поезда

Несмотря на преимущества, существуют значительные барьеры, тормозящие потенциал:

– Инфраструктурные ограничения.

Старение подвижного состава и путей приводит к задержкам и авариям. В России многие электропоезда устарели (средний возраст – 18+ лет), что снижает скорость и комфорт. Проблема усугубляется недостатком финансирования: в 2024 году инвестиции в транспортную инфраструктуру составили менее 1 % ВВП в развивающихся регионах.

– Проблемы интеграции.

Городской поезд часто не синхронизирован с другими видами транспорта. Отсутствие единой билетной системы и пересадочных узлов приводит к потерям времени.

– Экологические и операционные вызовы.

Перегрузка линий (пиковые нагрузки превышают 200 % нормы) вызывает аварии и недовольство пассажиров. Экономические проблемы включают субсидирование убыточных маршрутов, что ложится бременем на бюджеты регионов.

Пути решения проблем.

Для преодоления барьеров необходим комплексный подход, сочетающий технологии, политику и инвестиции:

– Модернизация инфраструктуры.

Внедрение высокоскоростных электричек и реконструкция путей. Пример: проект «Московские центральные диаметры» (МЦД) в России (рис. 3), где интегрированы пригородные поезда с метро, увеличил пассажиропоток на 30 %.

– Интеграция и цифровые инновации.

Создание единой транспортной сети с приложениями для планирования. Внедрение ИИ для оптимизации расписаний и предиктивного обслуживания.

Московские Центральные Диаметры (МЦД)

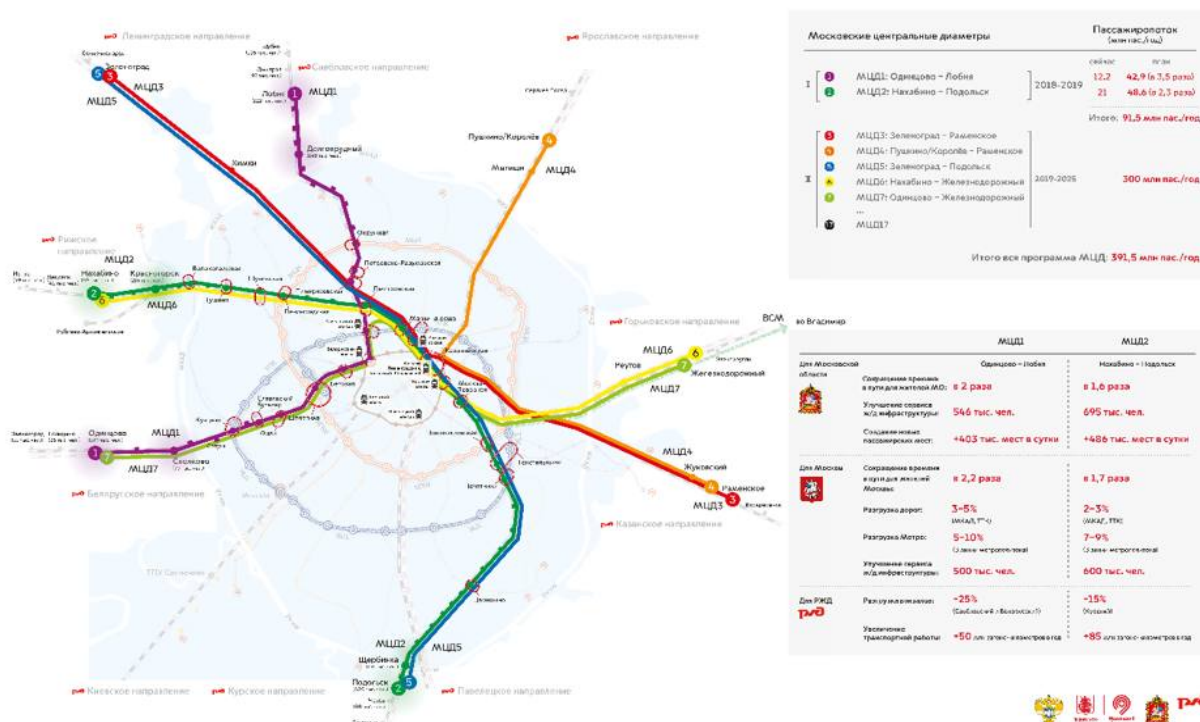


Рис. 3. Московские центральные диаметры.

– Политические и экономические меры.

Государственное регулирование тарифов и субсидий для убыточных линий. Партнерства с частными инвесторами и международное сотрудничество. Образовательные кампании для повышения осведомленности о преимуществах общественного транспорта.

Заключение.

Городской поезд играет ключевую роль в региональном развитии. Важной стратегической целью каждой страны является повышение качества жизни горожан, для достижения которой в городах внедряются технологии, обеспечивающие доступность ко всем необходимым благам. Быстрый и комфортный доступ может обеспечить современная городская общественная транспортная система.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Беккер А. В. Интеграция городского и пригородного транспорта: опыт европейских стран: монография с кейсами интеграции поездов в городские системы, фокус на устойчивость. Санкт-Петербург: СПбГУ, 2020.
- 2 Иванов А. П. Пригородный транспорт: проблемы и перспективы. Москва: Транспорт, 2019.
- 3 Козлов В. Н. Роль электричек в развитии Московской агломерации // Транспорт России. 2022. № 5 (2). С. 45–58.

АЛГОРИТМ И МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СПЕЦИАЛЬНОГО САМОХОДНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

М. А. Гаранин, А. Б. Пешков, А. Н. Митрофанов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Распоряжением Правительства РФ от 29.08.2025 N 2366–р «Об утверждении Концепции развития рынка газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации» [1] определены основные задачи развития рынка газомоторного топлива в сегменте железнодорожного транспорта, в том числе: увеличение численности транспортных средств, использующих газомоторное топливо, за счет внедрения новых технологий и дополнительной проработке отдельных технических решений с учетом специфических условий эксплуатации тягового подвижного состава. Перевод дизельных двигателей на работу по газодизельному циклу существенно уменьшает расход дизельного топлива, поскольку доля дизельного топлива уменьшается, и далее, до количества необходимого только для воспламенения топливной смеси. Уменьшение в составе газодизельной смеси дизельного топлива, с одной стороны – уменьшает риск и объемы образования углеродистых отложений, но с другой стороны, вследствие возрастания температуры горения приводит к увеличению рисков и объемов образования углеродистых отложений в каналах и к некорректной работе форсунок по отношению к штатным режимам подачи топлива [2–4]. В качестве метода решения обозначенной проблемы было предложено посредством идентификации связей между режимами работы двигателей, температурой поверхности форсунки, показателями дымности и известными характеристиками образования углеродистых отложений в функции объемов расходуемого дизельного топлива и температуры форсунок.

Для исследования влияния на тепловое состояние форсунок величины доли запальной топлива были проведены испытания дизеля Д–242, который оборудован системой подачи природного газа на режимах работы от 1000 до 1500 об/мин в условиях нагрузки от 0 до 20 кВт при подаче только дизельного топлива и при подаче газодизельной смеси (метан –дизельное топливо) при 30 % содержания в смеси дизельного топлива. Проводился контроль температуры окружающего воздуха $t_{\text{вх.возд.}}$, и скорость подачи воздуха $V_{\text{вх.возд.}}$, м/с. Результатом эксперимента являлась оценка динамики температуры t поверхности форсунок, в функции названных параметров.

На рисунке 1 приведена иллюстрация способа регистрации температуры поверхностей форсунок прибором Testo 881–1, серийный номер 1812623, объектив стандартный 32 дюйма посредством программного обеспечения testo IIRSoft.

Отмечено, что температура поверхности форсунок при газодизельном режиме работы на начальных оборотах 1000 об/мин и при отсутствии нагрузки составляла 72°C , что на $29\text{--}30^{\circ}\text{C}$ превышало температуру поверхности форсунок при работе на дизельном топливе (44°C). При увеличении нагрузки до 10 кВт при газодизельном режиме работы температура поверхности форсунок увеличилась с 72 до 78°C , а при работе на дизельном топливе – увеличилась с 44 до 49°C . При увеличении частоты оборотов ДД до 1500 об/мин температура при газодизельном режиме работы и при отсутствии нагрузки увеличилась до 81°C . При работе на дизельном топливе и при отсутствии нагрузки температура поверхности форсунок увеличилась до 52°C .

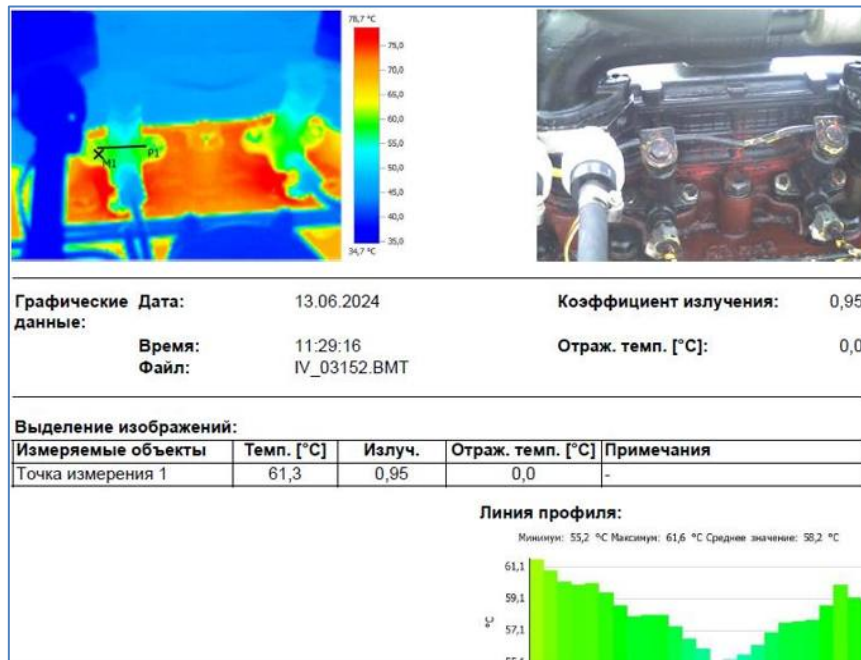


Рис. 1. Регистрация температуры поверхностей форсунок дизельного двигателя Д-242, прибором Testo 881–1

При увеличении нагрузки до 10 кВт на частоте вращения 1500 об/мин при газодизельном режиме работы температура поверхности форсунок увеличилась до 90 °С, при работе на дизельном топливе до 58 °С.

Для цифровой оценки динамики температур форсунки на рисунке 2 номограммы 2 а, б, в, г представлены графики и уравнения зависимостей температур от частоты оборотов двигателя.

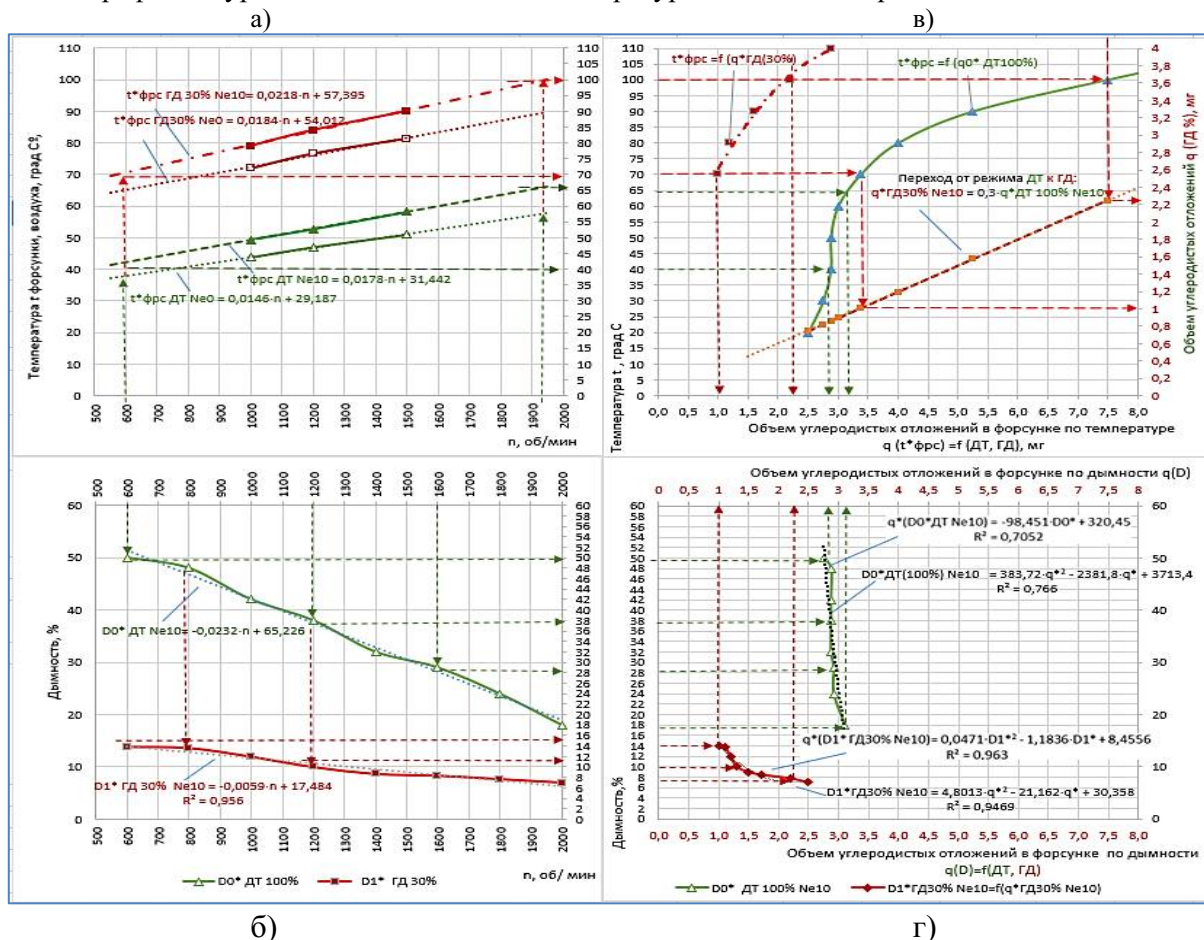


Рис. 2. Номограмма методики диагностики углеродистых отложений для дизельных двигателей ССПС

Основные операторы двухконтурного алгоритма по идентификации объемов углеродистых отложений для дизельных двигателей ССПС при работе их в дизельном и газодизельном цикле по показателям температуры форсунок и по показателям дымности, сопровождающий последовательность действий на номограмме рисунка 2 представлены на рисунке 3. Третий этап алгоритма по сопоставительной оценке уровня углеродистых отложений $q(t \text{ фрс})$ и $q(D)$ в данном рисунке не расписан.

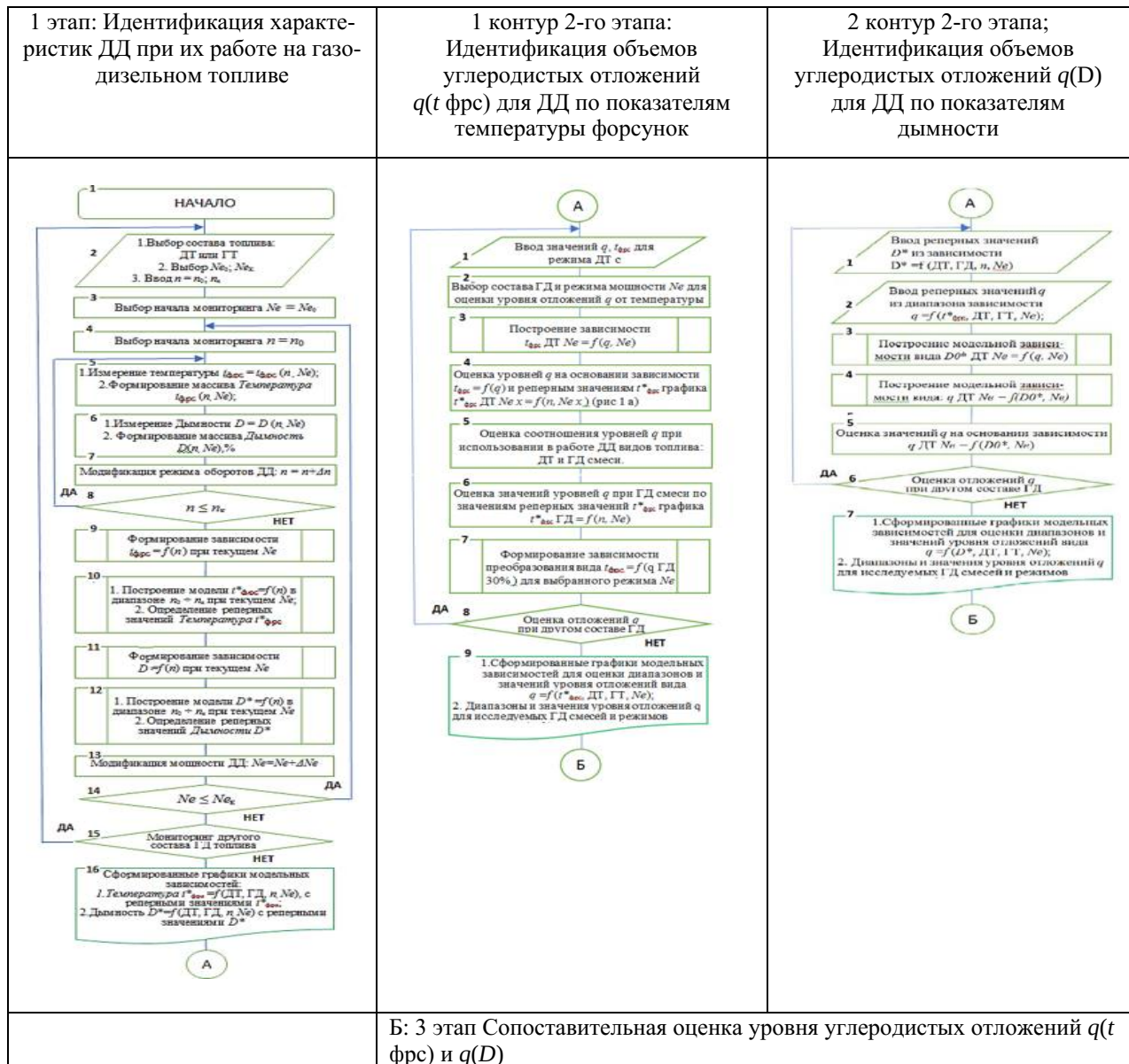


Рис. 3. Операторы алгоритма по идентификации объемов углеродистых отложений для дизельных двигателей ССПС при работе их на газодизельном топливе

Этап 1. Идентификация характеристик дизельного двигателя при работе на газодизельном топливе: Включает в себя процедуры мониторинга и прогнозирования показателя «Температура форсунок» в условиях изменения режимов работы газодизельного двигателя. Шаги с 1 по 16 включают в себя процедуры мониторинга и формирования баз данных. Оператор 1 – включение дизельного двигателя и диагностической аппаратуры. Оператор 2 – установка режима топлива: ДТ или ГТ; установка границ начала и конца мониторинга, например для режима холостого хода (ХХ): по мощности $Ne0$; NeK (например, 0, 10 кВт); по оборотам $n0$; nK (например, 1000, 1500 об/мин); Оператор 3 – выбор начала мониторинга по мощности. Текущее значение $Ne = Ne0$; Оператор 4 – выбор начала мониторинга по режиму оборотов ДД. Текущее значение $n = n0$; Оператор 5 – измерение Температуры форсунок $t \text{ фрс}$ при текущих значениях: обороты n , об/мин и мощности Ne , кВт; Оператор 6 – измерение дымности выхлопных газов D при текущих значениях: обороты n , об/мин и мощность Ne , кВт. Формирование значений D в натуральных значениях измерений или как % от максимального значе-

ния; Оператор 7 – изменение режима оборотов ДД при мониторинге от текущего значения n на величину Δn , об/мин (например, на 200 об/мин;

Оператор 8 – решение об окончании или продлении мониторинга по n , об/мин значений $t_{фрс}$ (n , Ne) и D (n , Ne); Оператор 9 – формирование зависимости Температуры форсунок $t_{фрс}$ от n , об/мин по значениям точек измерения при текущем значении мощности Ne , кВт, например при $Ne=0$, при $n=1000, 1200, 1500$ об/мин; Оператор 10 – Интерполяция и прогнозирование значений из зависимости $t_{фрс} = f(n)$ на модель $t^*_{фрс} = f(n)$ с диапазоном $n_0 \div n_k$ при текущем Ne вида: $t^*_{фрс}$ ДТ $Ne_0 = 0,0146 \cdot n + 29,187$. Определение реперных значений Температура $t^*_{фрс}$, например, $t^*_{фрс}$ ДТ $Ne_0 = 40$ град $^{\circ}C$, ..., 65 град $^{\circ}C$; Оператор 11 – формирование зависимости Дымности D в выхлопной системе от n , об/мин по значениям точек измерения при текущем значении мощности Ne , кВт; Оператор 12 – интерполяция и прогнозирование значений из зависимости $D = f(n)$ на модель $D^* = f(n)$ с диапазоном $n_0 \div n_k$ при текущем Ne , например, вида: D^* ДТ $Ne_{10} = -0,0232 \cdot n + 65,226$. Определение реперных значений Температура D^* , например, D^* ДТ $Ne_{10} = 50\%$, ..., 65%; Оператор 13 – изменение режима мощности ДД от текущего значения Ne на величину ΔNe , кВт (например, с $Ne=0$ кВт до $Ne=10$ кВт; Оператор 14 – решение об окончании или продлении мониторинга значений $t_{фрс}$ (n , Ne) и D (n , Ne) при модифицированном значении Ne , кВт; Оператор 15 – принятие решения о необходимости мониторинга значений $t_{фрс}$ (n , Ne) и D (n , Ne) при другом составе газодизельного топлива; Оператор 16 – Сформированные графики модельных зависимостей:

1. Температура $t^*_{фрс} = f(ДТ, ГД, n, Ne)$, с реперными значениями $t^*_{фрс}$;
2. Дымность $D^* = f(ДТ, ГД, n, Ne)$ с реперными значениями D^*

А – переход на 2 этап: Идентификация объемов углеродистых отложений для дизельных двигателей ССПС при работе их на газодизельном топливе.

Этап 2. 1 контур: Идентификация объемов углеродистых отложений для дизельных двигателей ССПС при работе их на газодизельном топливе по показателям температуры форсунок: Переход с 1 этапа «Идентификация характеристик ДД при их работе на газодизельном топливе» на основании построения графиков модельной зависимости $t^*_{фрс} = f(ДТ, ГД, n, Ne)$. Оператор 1 – ввод значений типовой зависимости углеродистых отложений q в зависимости от температуры форсунок $t_{фрс}$ для режима ДТ; Оператор 2 – выбор состава топлива ГД режима и реализуемой мощности Ne для оценки эффективности по сокращению отложений q , в форсунках ДД; Оператор 3 – построение зависимости $t_{фрс} = f$ для состава топлива ДТ $t_{фрс} = f(q_0 \text{ ДТ} 100 \%)$; Оператор 4 – оценка уровней q на основании зависимости $t_{фрс} = f(q, Ne)$ и реперных значений $t^*_{фрс}$ из графика вида $t^*_{фрс} = ДТ \text{ } Ne_{10} = 0,0178 \cdot n + 31,344$. При реперных значениях $t^*_{фрс} = 40$ град $^{\circ}C$, ..., 65 град $^{\circ}C$ установлен диапазон q от 2,75 мг до 3,2 мг /1 кг ДТ; Оператор 5 – оценка уровней q при сокращении объемов ДТ в составе исследуемой ГД смеси. Для 30 % содержания ДТ в ГД смеси используется уравнение коррекции: $q_{ГД30 \%} Ne_{10} = 0,3 \cdot q_{ДТ100 \%} Ne_{10}$; Оператор 6 – Реперные значения $t^*_{фрс}$ выбранного режима проецируются на зависимость $t_{фрс} = f(q_0 \text{ ДТ} 100 \%)$, а затем построенное уравнение коррекции. Устанавливается диапазон изменения отложений q для исследуемого ГД режима (от 1 мг до 2,25 мг); Оператор 7 – построение зависимости вида $t_{фрс} = f(q \text{ ГД } 30 \%)$ позволяют непосредственно проецировать значения реперных точек $t^*_{фрс}$ на единую с режимом ДТ ось q и более наглядно определить эффективность ГД режима. Оператор 8 – принятие решения о необходимости оценки диапазонов и значений отложений q при другом составе ГД и режиме работы ДД; Оператор 1 – построение: 1. Сформированных графиков модельных зависимостей для оценки диапазонов и значений уровня отложений вида $q = f(t^*_{фрс}, ДТ, ГТ, Ne)$; 2. Анализ эффективности режимов ДТ и ГД на основании сопоставления диапазонов и значений уровня отложений q . Для примеров ГД смесей (диапазон q от 1 мг до 2,25 мг). Для режимов работы ДТ 100 % (диапазон q от 2,75 до 3,2 мг). В зависимости от качества топлива, состояния конкретного ДД ССПС диапазоны отложений q могут отличаться.

Б – переход на 3 этап: Сопоставительная оценка уровня углеродистых отложений q по температурным зависимостям и по зависимостям уровня дымности.

Этап 2. 2 контур: Идентификация объемов углеродистых отложений для дизельных двигателей ССПС при работе их на газодизельном топливе по показателям дымности:

А – переход с 1 этапа «Идентификация характеристик ДД при их работе на газодизельном топливе» на основании построения графиков модельной зависимости $D^* = f(ДТ, ГД, n, Ne)$; Оператор 1 – ввод реперных значений D^* из зависимости $D^* = f(ДТ, ГД, n, Ne)$, например, из зависимости D_0 ДТ $Ne_{10} = -0,0232 \cdot n + 65,226$ значения = 50 %, ..., 65 % (рис 16);

Оператор 2 – ввод реперных значений q из диапазона зависимости $q = f(t^*_{фрс}, ДТ, ГТ, Ne)$;

Оператор 3 – построение модельной зависимости вида $D_0 \text{ ДТ } Ne = f(q, Ne)$ по значениям совместных пересечений проекций реперных значений D^* и q и их аппроксимация. Для состава смеси ДТ 100 % данное уравнение имеет вид: $D_0 \text{ ДТ}(100 \%) Ne = 383,72 \cdot q^2 - 2381,8 \cdot q + 3713,4$; Оператор 4 –

построение обратной модельной зависимости вида: $q_{\text{ДТ}} Ne = f(D0^*, Ne)$, по отношению. Для состава смеси ДТ100 % данное уравнение имеет вид:

$q_{\text{ДТ}} Ne_{10} = -98,451 \cdot D0^* + 320,45$; Оператор 5 – оценка значений q на основании зависимости $q_{\text{ДТ}} Ne = f(D0^*, Ne)$. Для состава смеси ДТ 100 % при Ne_{10} установлен диапазон q от 2,75 мг до 3,2 мг /1 кг; Оператор 6 – принятие решения о необходимости оценки диапазонов и значений отложений q при другом составе ГД и режиме работы ДД; Оператор 7 – построение:

1. Сформированных графиков модельных зависимостей для оценки диапазонов и значений уровня отложений вида $q = f(D^*, \text{ДТ}, \text{ГТ}, Ne)$; 2. Анализ эффективности режимов ДТ и ГД на основании сопоставления диапазонов и значений уровня отложений q . Для примеров ГД смесей (диапазон q от 1 мг до 2,25 мг). Для режимов работы ДТ 100 % (диапазон q от 2,75 до 3,2 мг. В зависимости от качества топлива, состояния конкретного ДД ССПС диапазоны отложений q могут отличаться.

Б – переход на 3 этап: Сопоставительная оценка уровня углеродистых отложений q по температурным зависимостям и по зависимостям уровня дымности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение Правительства РФ от 29.08.2025 N 2366-р <Об утверждении Концепции развития рынка газомоторного топлива в Российской Федерации на период до 2035 года и плана мероприятий по ее реализации> [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/412551995/>.
- 2 Использование этилового спирта в качестве топлива для дизельных двигателей / А. Ю. Балакин [и др.] // Двигателестроение. 2023. № 2 (292). С. 84–99. DOI 10.18698/jec.2023.2.84–99. EDN IIDNTS.
- 3 Проектирование системы подачи аммиака во впускную систему тепловозного дизельного двигателя / А. Д. Росляков [и др.] // Транспорт на альтернативном топливе. 2024. № 5(101). С. 39–51. EDN CXBZOY.
- 4 Пешков А. Б. Теплофизические параметры процесса воспламенения топлива в газодизельном двигателе // Транспортное дело России. 2024. № 5. С. 159–163. EDN KWVNQB.

УДК 656.212.9

ОЦЕНКА ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МАНЕВРОВЫХ ТЕПЛОВОЗОВ. СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛОКОМОТИВОВ.

Д. Ю. Гришкова, Д. М. Молодин

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Актуальность темы обусловлена организацией технического обслуживания и ремонта маневровых тепловозов в условиях эксплуатации на железных дорогах. Проанализированы нормативные документы ОАО «РЖД», выявлены проблемы текущей системы, такие как низкое качество ремонта и дефицит обновления парка. Основные результаты фокусируются на оценке эффективности системы технического обслуживания и ремонта, выявлении проблем и предложениях по оптимизации.

Цель статьи – оценить организацию технического обслуживания и ремонта маневровых тепловозов и разработать рекомендации по повышению эффективности их эксплуатации на основе анализа нормативной базы и практических данных.

Основной текст. Маневровые тепловозы играют ключевую роль в обеспечении маневровой работы на железнодорожных станциях и промышленных предприятиях, обеспечивая формирование и расформирование поездов, а также транспорт грузов на короткие расстояния. В условиях интенсивной эксплуатации, характерной для российского железнодорожного транспорта, надежность и эффективность этих локомотивов напрямую зависят от качества организации технического обслуживания и ремонта (далее ТОиР). Согласно данным ОАО «РЖД», парк маневровых тепловозов превышает 5000 единиц, значительная часть которых эксплуатируется свыше 20 лет, что приводит к увеличению простоев и расхода топлива [1].

Для достижения цели поставлены следующие методы:

- проанализировать нормативно-правовую базу, регулирующую систему тоир маневровых тепловозов в ОАО «РЖД»;
- оценить текущую практику организации тоир на примере типовых серий тепловозов (ТЭМ2, ТГМ4);
- выявить основные проблемы и недостатки в организации эксплуатации, влияющие на надежность и экономику;

- предложить способы оптимизации тоир, включая модернизацию и внедрение сервисных форм.

Маневровые тепловозы играют ключевую роль в железнодорожном хозяйстве, обеспечивая формирование, расформирование поездов, подачу и уборку вагонов на станциях, грузовых терминалах и промышленных объектах. Система планового ТОиР маневровых дизель–локомотивов в ОАО «РЖД» определяется распоряжением № 3р от 17 января 2005 г. с учетом изменений, внесенных распоряжением № 2796р от 21 сентября 2018 г. [2]. Она охватывает регулярные виды ТО (ТО–1, ТО–2, ТО–3 и др.) и ремонтов (текущие, средние, капитальные), ориентированные на мониторинг состояния узлов для предотвращения отказов в работе, продления ресурса оборудования и оптимизации расхода топлива [2].

Система ТОиР маневровых тепловозов на основе планоВо-предупредительной схемы обеспечивает надежность и безопасность эксплуатации через комбинацию ежедневных осмотров, специальных подготовок и ремонтов. Это минимизирует простои, оптимизирует ресурсы РЖД и продлевает срок службы оборудования, с периодичностью от часов до лет и строгим учетом наработки.

В условиях интенсивной эксплуатации подвижного состава на железнодорожном транспорте обеспечение надежности и безопасности локомотивов является ключевым фактором повышения эффективности перевозочного процесса. Анализ отказов технических средств и неплановых ремонтов позволяет выявить системные проблемы, оценить выполнение плановых показателей и разработать меры по их минимизации [3, 4].

Система технического обслуживания и ремонта (ТОиР) маневровых тепловозов, применяемых для маневровых операций, вспомогательных работ и вывоза подвижного состава, основана на планоВо-предупредительной схеме и включает несколько уровней осмотров и восстановительных мероприятий. Эти процедуры направлены на предотвращение отказов, поддержание надежности и безопасности эксплуатации. Виды ТОиР описываются в таблицах 1, 2.

ТО–1–ТО–3 относятся к плановым процедурам, при которых тепловоз не выводится из эксплуатации; остальные виды применяются для неисправных машин или специальных случаев.

Таблица 1

Виды технического обслуживания [5]

Вид ТО	Описание	Интервал	Длительность	Место/Кто выполняет
ТО–1	Визуальный контроль уровней рабочих жидкостей, состояния смазочных систем, тормозного оборудования и других ключевых элементов	Ежедневно или по графику смен	Не более 0,5 часа	Бригада машинистов во время смены дежурства, экипировки или передачи локомотива
ТО–2	Детальная проверка агрегатов (дизельная установка, трансмиссия, электрические цепи); осмотр, корректировка зазоров, подзарядка смазкой	От 72 до 168 часов (в зависимости от модификации)	До 1 часа	Пункты технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ); слесари совместно с бригадой
ТО–3	Всесторонняя диагностика с частичной разборкой компонентов для профилактики и регулировки	20–40 суток (или 30 суток для ТЭМ7)	Около 12 часов (для ТЭМ7 – 6–8 часов)	Тепловозоремонтные депо (ТЧР); локомотив остается в парке без выезда
ТО–4	Шлифовка бандажей колесных пар непосредственно под локомотивом, без его перемещения	По мере необходимости	1,78–2,7 часа	Назначается по необходимости, часто совмещается с другими ТО или ремонтами
ТО–5	Подготовка к консервации, резервированию, вводу в строй или транспортировке после ремонта вне депо	По требованию	24–72 часа	Проводится по требованию

ТО–1–ТО–3 относятся к плановым процедурам, при которых тепловоз не выводится из эксплуатации; остальные виды применяются для неисправных машин или специальных случаев.

Таблица 2

Виды ремонтов [5]				
Вид ремонта	Описание	Интервал/Период	Длительность	Вид ремонта
Текущий ремонт–1 (ТР–1)	Осмотр и настройка ключевых систем (дизель, топливоподача, электрика) без полной разборки	6–12 месяцев (для ТЭМ7 – 6 месяцев)	24–36 часов (для ТЭМ2 – 6–8 часов)	Текущий ремонт–1 (ТР–1)
Текущий ремонт–2 (ТР–2)	Разборка и обновление изношенных элементов (подшипники, фильтры, мелкие узлы)	12–24 месяца (для ТЭМ7 – 1,5 года)	3–4 суток (для ТЭМ2 – 45 рабочих дней)	Текущий ремонт–2 (ТР–2)
Текущий ремонт–3 (ТР–3)	Углубленная диагностика с ремонтом основных агрегатов и испытаниями (реостатными и путевыми)	24–48 месяцев (для ТЭМ7 – 2,5 года)	6 суток (для ТЭМ2 – 60 рабочих дней)	Текущий ремонт–3 (ТР–3)
Средний ремонт (СР)	Полная разборка с восстановлением дизеля, трансмиссии и других систем	Раз в 4–8 лет	6 суток	Средний ремонт (СР)
Капитальный ремонт (КР)	Полное восстановление ресурса путем замены основных компонентов на заводах	12–16 лет	6–12 суток (для ТЭМ7 – 90 рабочих дней)	Капитальный ремонт (КР)

Система ТОиР маневровых тепловозов на основе плано-предупредительной схемы обеспечивает надежность и безопасность эксплуатации через комбинацию ежедневных осмотров, специальных подготовок и ремонтов. Это минимизирует простои, оптимизирует ресурсы РЖД и продлевает срок службы оборудования, с периодичностью от часов до лет и строгим учетом наработки.

В условиях интенсивной эксплуатации подвижного состава на железнодорожном транспорте обеспечение надежности и безопасности локомотивов является ключевым фактором повышения эффективности перевозочного процесса. Анализ отказов технических средств и unplanned ремонтов позволяет выявить системные проблемы, оценить выполнение плановых показателей и разработать меры по их минимизации.

По итогам 2024 г. планы по техническому обслуживанию (ТО–3) и текущему ремонту (ТР–1) были выполнены в полном объеме [Локомотивное депо]. Аналогично, за 12 месяцев 2024 г. все запланированные объемы работ превышены или достигнуты, что свидетельствует о стабильной организации сервисного обслуживания. В сравнении с 2023 г. наблюдается рост фактических объемов ТО–3, что может быть связано с увеличением парка локомотивов или усилением профилактических мер. Статистические данные по выполнению планов представлены в таблице 3.

Таблица 3

Выполнение плановых показателей по сервисному обслуживанию локомотивов					
Период	Вид работ	План (ед.)	Факт (ед.)	Выполнение плана	Сравнение с 2023 г. (факт)
2024 г.	ТО–3	553	568	102,7%	+ (–9 ед. от плана 2023 г., но –9 ед. факт)
2024 г.	ТР–1	42	43	102,4%	+13 ед. (план 2023 г.)
2023 г.	ТО–3	541	577	106,7%	–
2023 г.	ТР–1	30	30	100%	–
2023 г.	ТР–2	5	5	100%	–

Критическим показателем является процент неисправных локомотивов, за 12 месяцев 2024 г. общий показатель составил 16,6 % (план 14,4 %), деповской – 16,5 % (план 13,5 %). По сравнению с 2023 г. наблюдается рост: за год – с 13,8 % до 16,6 % [Локомотивное депо]. Это указывает на необходимость усиления контроля за техническим состоянием. Статистика представлена в таблице 4.

Таблица 4

Процент неисправных локомотивов				
Период	Показатель	План (%)	Факт (%)	Сравнение с 2023 г. (%)
2024 г.	Общий	14,4	16,6	+2,8 (от 13,8)
2024 г.	Деповской	13,5	16,5	+5,9 (от 10,6)
2023 г.	Общий	–	13,8	–
2023 г.	Деповской	–	10,6	–

Рост процента неисправных локомотивов коррелирует с увеличением unplanned ремонтов, что требует оперативных мер.

В 2024 г. зафиксировано 143 случая неплановых ремонтов (рост на 44,4 % по сравнению с 99 случаями в 2023 г.). Основной вклад в рост внесли локомотивы серии ТЭМ18ДМ (Д): 118 случаев за год (рост 66,2 %). Количество случаев неплановых ремонтов для ТЭМ14 за год – без изменений (27 случаев). По выходу из ремонта (форма ТО–15): за год 141 случай (простой 29 668 ч, рост случаев на 51, но снижение простоя на 5 249 ч) [Локомотивное депо].



Рис. 5. Количество случаев по выходу с непланового ремонта ТО–15 в декабре 2024 г. в сравнении с аналогичным периодом прошлого года

Распределение случаев непланового ремонта тепловозов по неисправностям узлов и агрегатов за 2024 г. представлено на рисунке 6 [Локомотивное депо].

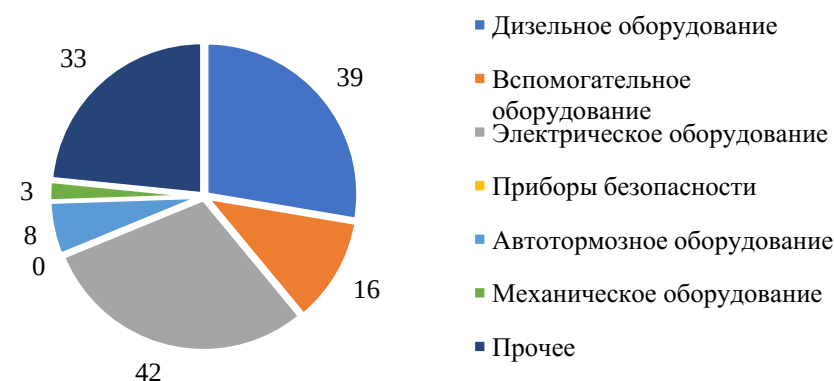


Рис. 6. Распределение случаев непланового ремонта тепловозов по неисправностям узлов и агрегатов за 2024 г

Один из ключевых дополнительных показателей эффективности использования маневровых локомотивов – коэффициент загрузки, который отражает долю времени, необходимого для выполнения технологических операций маневровой работы, в общем бюджете времени рабочего парка локомотивов.

Коэффициент загрузки локомотивов, специально выделенных для маневровой работы на станциях и прочей маневровой работы, определится по формуле (1) как отношение суммарного времени, требуемого для выполнения маневровой работы, к фактическим временным затратам парка маневровых локомотивов, выполнивших эту работу, определяется по формуле:

В рамках анализа эффективности использования маневровых локомотивов [5] предлагается коэффициент загрузки $K_{\text{ман}}^3$, который отражает долю времени, необходимого для выполнения технологических операций маневровой работы, в общем бюджете времени рабочего парка локомотивов. Коэффициент определяется по формуле:

$$K_{\text{ман}}^3 = \frac{\sum T^{\text{техн}}}{\sum T_{\text{раб}}^{\text{ман}} * k_n * \alpha_{\text{вр}}} \quad (1)$$

где $\sum T^{\text{техн}} = \sum t_i^{\text{техн}} * n_{\text{оп } i}^{\text{факт}}$ – суммарное технологическое время маневровых операций, ч.; $t_i^{\text{техн}}$ – нормативная продолжительность операции, ч.; $n_{\text{оп } i}^{\text{факт}}$ – фактическое количество операций; $T_{\text{раб}}^{\text{ман}}$ – бюджет времени локомотивов в рабочем парке за период, ч.; $k_n = 0,97$ – коэффициент надежности инфраструктуры; $\alpha_{\text{вр}} = 0,93 - 0,95$ – коэффициент враждебности передвижений.

Коэффициент позволяет выявлять разрывы между плановым и фактическим использованием парка, учитывая случайные факторы (неравномерность подходов поездов, неисправности и т.д.). Однако в

предложенной модели не учтено время, затрачиваемое на ТО тепловозов, включая ожидание ТО и само проведение работ, что может существенно искажать оценку загрузки, особенно при интенсивной эксплуатации. Коэффициент загрузки маневрового локомотива выглядит следующим образом:

$$K_{\text{ман}}^{\text{з}} = \frac{\sum T_{\text{техн}}^{\text{ТО}} + T_{\text{ож}}^{\text{ТО}}}{\sum T_{\text{раб}}^{\text{ман}} * k_n * \alpha_{\text{вр}}} \quad (1)$$

где $T_{\text{ож}}^{\text{ТО}}$ – время ожидания технического обслуживания маневрового локомотива, ч.

Причины ожидания технического обслуживания маневровых локомотивов:

- несогласованность дежурных локомотивного депо и работников станции;
- дефицит запасных частей и рост их стоимости. нехватка комплектующих;
- отсутствие современных диагностических систем;
- низкое качество и устаревшая система планоВо-предупредительного ремонта.

Выводы. Система ТОиР на основе планоВо-предупредительной схемы обеспечивает выполнение плановых показателей на 100 %, с превышением объемов по сравнению с 2023 г. Однако рост процента неисправных локомотивов до 16,6 % и числа unplanned ремонтов на 44,4 % свидетельствует о накоплении системных проблем, связанных с устареванием парка и недостаточной адаптацией нормативов к интенсивной маневровой нагрузке. Это приводит к увеличению простоев и перерасходу топлива.

Распределение неисправностей выявляет критические отказы в узлах дизеля, трансмиссии и тормозных систем, с пиковым ростом на сериях ТЭМ18ДМ (+66,2 % случаев). Коэффициент загрузки локомотивов, модифицированный с учетом времени ожидания ТО, занижается примерно на 10–15 % из-за дефицита запчастей, отсутствия диагностических систем и несогласованности депо со станциями, что снижает общую эффективность маневровой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рябко Е. В., Рябко К. А. Эффективность модернизации маневровых тепловозов и пути ее определения // Вестник Брянского государственного технического университета. 2020. № 5. С. 23–31. DOI: <https://doi.org/10.30987/1999-8775-2020-5-23-31> (Дата обращения 11.10.2025).
- 2 Распоряжение ОАО «РЖД» № 2796р от 30 дек. 2016 г. (с изм. от 21 сент. 2018 г. № 2070р) [Электронный ресурс] // Прорз.ру. 2018. URL: <https://prorz.ru/2018/02/18/2796r/> (дата обращения: 15.10.2025).
- 3 Балабин В. Н. Эффективность эксплуатации маневровых и промышленных локомотивов с гидравлической и электрической передачей // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 3(34). С. 67–69. EDN OJA1NB.
- 4 Официальный сайт «Регионального Центра Инновационных Технологий» [Электронный ресурс]. URL: <https://rcit.su/inform-rzd1.html> (дата обращения: 13.10.2025);
- 5 Дополнительные показатели использования маневровых локомотивов / В. В. Костенко [и др.] // Транспорт Российской Федерации. 2018. № 2(75). С. 33–37. EDN YXNLMX.

УДК 629.488.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ХРАНЕНИЯ И ВЫДАЧИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ В ВАГОНРЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

И. В. Дюкарев, А. Н. Шмойлов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Выверенная организация хранения и выдачи материалов и запасных частей при ремонте основных узлов железнодорожных вагонов в ремонтных депо является залогом эффективной деятельности любого предприятия по сети ОАО «РЖД». Эффективность производственной структуры вагонного депо определяется внедрением инновационных технических средств во все технологические цепочки, цеха и отделения вагоноремонтного депо [1, 2].

Далее в работе были рассмотрены различные технические средства автоматизации на производстве. Были рассмотрены: схема автоматизированного накопителя стеллаж-контейнеров и структура вычислительной ячейки сети универсальной структуры промышленных контроллеров.

С целью совершенствования технологических процессов в вагонном ремонтном депо в КРУ (колесно-роликовый участок) вагоноремонтного депо предлагается разработать и внедрить автоматизированное техническое средство для хранения и выдачи запасных частей и инструментов. Данное техническое средство предлагается разместить в роликовом отделении вагоноремонтного предприятия.

Чтобы реализовать идею автоматизированного стеллажа в роликовом отделе вагоноремонтного депо необходима высокоэффективная система управления основанная на современных электронных компонентах. Для создания данной системы важно произвести подбор соответствующих микроконтроллеров. Данные микропроцессорные устройства необходимо дооснастить беспроводными интерфейсами связи, а также системой индикации для указания (подсветки) местоположения инструмента на автоматизированном стеллаже. Инженер проектировщик данных систем может использовать готовые технические решения, которые позволят упростить процесс распознавания речи.

Схему работы системы можно описать следующим образом (рисунок 1).



Рис. 1. Блок-схема, описывающая работу основных блоков автоматизированного стеллажа

Сотрудник вагонного депо произносит название инструмента или запасной части, которое распознается приложением для смартфона и передается по беспроводному каналу связи на микроконтроллер в виде структурированного текстового (символьного) сообщения.

Контроллер сравнивает полученное название с записями базы данных и подсвечивает необходимый ящик или позицию стеллажа с помощью светодиодов.

В данном устройстве планируется использовать современные технические устройства и микроконтроллеры. Данные микроконтроллеры будут иметь в своем составе несколько аналоговых входов и выходов. Предлагаемые микроконтроллеры будут иметь совместимость с разнообразными платами расширения и связи. Настраиваться данные устройства будут через подключение к компьютеру с соответствующим программным обеспечением.

Предполагается, что применение данного автоматизированного стеллажа позволит увеличить на 15 % оперативность решения по выдачи необходимых запасных частей при решении ремонтных задач в вагоноремонтных предприятиях, что в свою очередь позволит на 10–12 % сократить время затрачиваемое на ремонт основных узлов вагонов в вагоноремонтных предприятиях железнодорожного транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Концепция реформирования комплекса ОАО «РЖД», обеспечивающего ремонт и содержание грузового подвижного состава. URL: http://static.scbist.com/scb/uploaded/1_1334321977.doc (дата обращения: 15.10.2025).
- 2 Смольянинов А. В., Кармацкий В. Ф., Волков Д. В. Реформирование вагонного комплекса: итоги, проблемы, перспективы // Инновационный транспорт. 2021. № 4 (42). С. 57–61.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗРАЗБОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ ЛОКОМОТИВА

С. Т. Калиева, Т. В. Щербицкая

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожный транспорт является основополагающей в транспортной системе страны. Более 83,8 % грузовых и 37,5 % пассажирских перевозок совершается именно по железным дорогам [1: 35]. Он является крупным и стабильным потребителем энергетических и материальных ресурсов [2: 3].

Поэтому необходимо обеспечивать соответствующую безопасность перевозок, как грузовых, так и пассажирских. Для этого необходимо поддержание исправного состояния подвижного состава. Особое внимание следует уделить диагностике и контролю качества локомотива и его основного оборудования.

В настоящее время существенной проблемой систем диагностирования является прерывность эксплуатации, в связи с проверкой качества и диагностикой частей локомотива. А именно, для осуществления процесса диагностирования производят полную или частичную разборку локомотива, что приводит к увеличению времени простоя локомотива в ремонтном депо и трете лишнего времени на сборку. Поэтому был разработан метод безразборной диагностики.

Широко известен метод технической диагностики при текущем ремонте локомотивов. К этому методу относят: диагностику основных элементов дизеля, вибродинамику и спектральный анализ картерного масла. Внедрение данного метода в локомотивное хозяйство позволяет рационально и правильно устанавливать межремонтные пробеги и сроки эксплуатации, предупреждать аварийные и критические износы, повреждения (дефекты) основных узлов локомотива. И, следовательно, сократить объем ремонтных работ по сборке и разборке локомотива и узлов.

Усовершенствование метода технической диагностики в будущем позволит ввести новые, более точные межремонтные сроки, а в скором времени – перейти на систему ремонта локомотивов по техническому состоянию их агрегатов и узлов [3: 5].

Программа безреостатных испытаний и замеров включает в себя: отключение топливных насосов в пяти цилиндрах с обеих сторон дизеля; установление и поддержание теплового режима дизеля (температура масла 50 °С, воды 60 °С, устойчивое показание расхода топлива); измерение основных параметров ДГУ; проверку величины выхода реек работающих топливных насосов, набор 15 позиции контроллера машиниста при выключенном главном вентиляторе холодильника.

Безреостатные испытания проводят в случае: при неисправной работе системы (недостаточная мощность или напряжение, дым, стук в дизеле); при систематическом перерасходе топлива локомотивов (на основании записи из журнала технического состояния локомотива); при вторичном выходе из строя узлов ЦПГ. Она осуществляется: при техническом обслуживании ТО–2 – в пункте технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ), при ТО–3, перед и после текущих ремонтов ТР–1, ТР–2, И ТР–3 и в пункте стационарной диагностики. При ТО допускается использование передвижных и переносных средств диагностики.

К одним из основных средств диагностики относят виброакустические методы, осуществляемые посредством замера шума и вибраций устройств и узлов ДГУ, топливной аппаратуры, вспомогательного оборудования и турбокомпрессора. Виброакустическая система состоит из каткового стенда, измерителя шума, генератора и самописца. С ее помощью можно определить зазоры в моторо–осевых подшипниках, исправное или неисправное состояние роликовых подшипников и зубчатой передачи тягового редуктора. Использование установки обязательно при текущем ремонте ТР–1, так как она позволяет предупредить и обнаружить опасные дефекты КМБ и предотвратить их внезапные отказы до перехода в эксплуатацию.

1. Установки для виброакустической диагностики агрегатов локомотива предназначены:
 1. ВДУ–2 (РИИЖТ, передвижная) – для диагностики технического состояния подшипников агрегатов (колесно–моторный блок).
 2. Электронный стетоскоп (ХИИТ, опытные образцы) – для определения дефектов в подшипниках, а также в магнитной системе и щеточном аппарате тягового двигателя.
 3. Стенд виброакустической диагностики (ТашИИТ, опытный) – для диагностики и измерения радиального зазора в якорных и буксовых подшипниках, зазора «на масло» в моторно–осевых подшипниках, диагностики тяговой зубчатой передачи.

В эксплуатации, при приемке и сдаче локомотивов обычно применяются встроенные (бортовые) диагностические устройства, а также органолептические методы контроля (осмотр, контроль температуры на ощупь, остукивание и т.д.). Бортовые диагностические устройства помогают машинисту в поиске отказавших элементов, выполняют защиту и управление, а при наличии регистрационного аппарата осуществляют диагностику и запись параметров в режиме эксплуатации.

Бортовыми диагностическими устройствами, установленными в локомотиве для информирования и поиска отказа, являются:

1. Сигнальные лампы информируют о функционировании основных агрегатов (мотор-вентиляторов и мотор-компрессоров), о положении защитных аппаратов, блоков управления и о состоянии выпрямительных установок и др.
2. Блинкерная (кнопочная) сигнализация подает сигналы о положении защитных реле. При срабатывании реле в смотровом окне сигнализатора показывается флажок с номером защитного аппарата, что указывает локомотивной бригаде на цепь, содержащую отказавший элемент.
3. Кнопочное устройство типа «ПУМ–ШКОДА» предназначены для диагностики цепей управления, применяемые с помощью последовательной проверки цепи по участкам.

В некоторых случаях в процессе эксплуатации применяют переносные диагностические устройства (для обнаружения неудовлетворительно коммутирующих двигателей и т. д.).

Путевые приборы для выявления греющихся букс – ПОНАБ (ВНИИЖТ), служащие для автоматического обнаружения на ходу поезда перегретых букс.

Локомотивное устройство контроля нагрева букс (ПКБ ЦТ) автоматически производят контроль предельного нагрева букс. При перегреве букс машинисту подается световой сигнал «Перегрев», а при обрыве цепи датчиков – сигнал «Обрыв».

Переносное устройство для диагностики коммутации ТЭД (ДИИТ) предназначен для обнаружения ТЭД с предельным значением искрения под щетками. Наблюдатель из кабины машиниста включает индикатор искрения к ТЭД поочередно на всех эксплуатационных режимах и определяет двигатель с расстроенной коммутацией.

Весомизмерительные стенды служат для поколесного взвешивания локомотивов и определения нагрузок на правое и левое колесо колесной пары. Преимущественное применение нашли тензометрические весы (стенды ДИИТа, ВНИТИ).

Все более широкое распространение получает техническая безразборная диагностика локомотивов переносными и передвижными средствами. Для этого необходимо перенаправить специфику безразборной диагностики именно к железнодорожному транспорту. На данный момент предлагается использовать передвижные диагностические установки (ПДУ) на базе автомобиля УАЗ–452, а также передвижные ремонтно–диагностические мастерские (ПРДМ) на базе автомобиля ГАЗ–52–01.

Безразборная диагностика является достаточно новым методом технической диагностики и требует усовершенствования. В настоящее время разработка процесса технической безразборной диагностики продолжается и в полной мере покажет себя в ближайшем будущем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гапанович В. А. Основные направления энергетической стратегии железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт, 2004. № 8. С. 35–40.
- 2 Пихтеев Ф. С. Перспективы развития отрасли. О генеральной схеме развития железнодорожного транспорта на период до 2010 г. // Железнодорожный транспорт 2004. № 4. С. 2–6.
- 3 Овчаренко С.М. Повышение эффективности системы диагностирования тепловозов: дис. д-ра техн. н. Омск.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ КЛУБ-У С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО РАДИОКАНАЛА

А. Н. Калякулин, Е. Л. Новиков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В настоящее время обновление программного обеспечения, в частности электронной карты (ЭК) комплексного локомотивного устройства безопасности (КЛУБ-У), установленного на электропоездах в кабинах управления, осуществляется с использованием блока ввода данных (БВД-У). Процедура включает выбор в программе BvdShell.exe режима «Запись ЭК в БВД», последовательное нажатие кнопок «Загрузить файл», «Включить в связь», «Записать», после чего БВД-У подключается к блоку БЭЛ-У по кабелю CAN1 (рис. 1) [1:35, 2:32, 3: 189].



Рис. 1. Порядок обновления электронной карты КЛУБ-У

После включения питания на переносном источнике загорается красная лампа и экран БВД-У, далее устанавливается режим «Запись ЭК» – сначала стирается старая карта, затем записывается новая. Главным недостатком существующего процесса является длительность – запись занимает от 50 до 90 минут, во время которого система КЛУБ-У становится неактивной, и электромеханик не может выполнять ее проверку согласно картам технологического процесса.

Способы решения проблемы. Аппаратура КЛУБ-У оснащена возможностью работы с цифровым радиоканалом: в блоке БЭЛ-У имеются плата радиоканала, антенна и приёмопередающее устройство (ППУ-РС) (рис. 2).



Рис. 2. Элементы КЛУБ-У для обмена информацией по высокочастотному цифровому радиоканалу

Для усовершенствования рассматриваемой технологии необходимо оснастить отделение контрольно-измерительных приборов (КИП) специализированным рабочим местом электромеханика, включающим персональный компьютер и дополнительную аппаратуру для передачи ЭК в КЛУБ-У

по высокочастотному цифровому радиоканалу (рис 3). В качестве ПК может использоваться уже имеющийся в отделении компьютер, применяемый для записи ЭК в БВД–У.

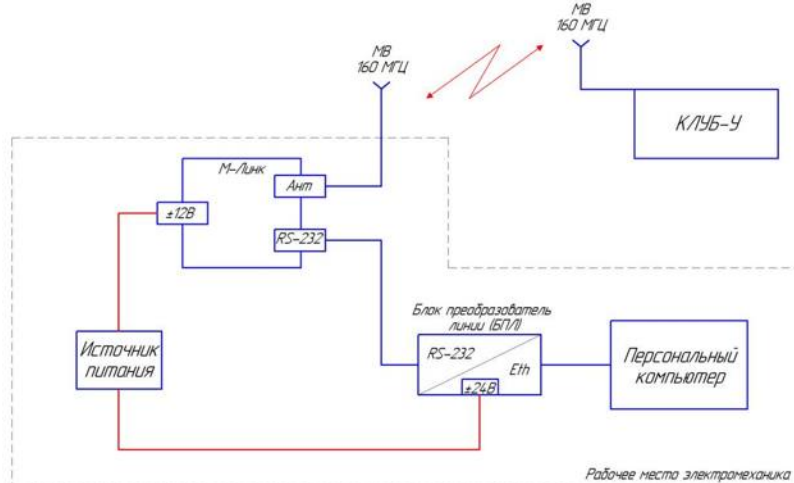


Рис. 3. Схема процесса записи КЛУБ–У новой версией электронной карты по высокочастотному цифровому радиоканалу

Ключевым элементом в предлагаемой технологии является модем М–Линк 2Р22СВ–3 (рис. 4.), выбранный по причине совместимости с частотой работы радиоканала КЛУБ–У – 160 МГц.



Рис. 4. Внешний вид модема М–Линк 2Р22СВ–3

Принципиальные отличия модема:

- непосредственная цифровая обработка вч–сигнала сигнальным процессором на антенном входе, что позволяет поддерживать любые стандарты цифровой связи оао «ржд» (мост–мм1, мост–л, вэбр 160, gsm–r, dmr, ofdm, cqpsk и др.) без замены аппаратуры;
- двухслотовое исполнение – одновременная работа в диапазонах мв и гмв.;
- отказ от высокочастотных контуров на входе приёмника, что повышает устойчивость к импульсным помехам (например, от тиристорных преобразователей или коронного разряда на изоляторах вл);
- в сочетании с перемежающимися турбо–кодами рида–майлера (восстановление до 13 % повреждённых данных) это даёт в 1,5–2 раза большую дальность связи.

Поскольку модем имеет интерфейс RS–232, для связи с ПК требуется блок преобразователя линии. Выбран ЕКОН134 (рис. 5.) – преобразователь Ethernet–RS232/RS485, предназначенный для подключения устройств с последовательными интерфейсами к сети Ethernet. Его характеристики:

- питание 24 В, мощность ≤5 Вт;
- поддержка RS–232, RS–485, Ethernet 10/100 Мбит/с;
- IP20, габариты 77×116×33,1 мм, вес ≤0,5 кг, срок службы ≥8 лет.

Функциональные возможности:

- режимы «ЗАПРОС–ОТВЕТ» и «БЕЗ ЗАПРОСА»;
- одновременное обращение нескольких Ethernet–устройств к одному порту;
- связь двух RS–устройств через Ethernet;

- WEB-конфигурирование и настройка через КВП;
- скорость до 921600 бод по UDP;
- рабочий диапазон температур: $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Рис. 5. Внешний вид преобразователя ЕКОН134

Для питания модема (12 В) и преобразователя (24 В) выбран блок питания БП-36 В компании «Тахион» (рис. 6), обеспечивающий регулируемое выходное напряжение 11,5–24,5 В DC, мощность 36 Вт, вход 100–240 В AC, рабочую температуру $-25...+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и габариты 187,5×95,5×53 мм.

Таким образом, рабочее место электромеханика обеспечивает двустороннюю связь с КЛУБ-У в режиме одночастотного симплекса по цифровому радиоканалу со следующими параметрами:

- диапазон частот: 146–174 МГц (при комплектации МОСТ-ММ1);
- выходная мощность: $(9,0 \pm 0,8)$ Вт на 50 Ом;
- программируемые частота, скорость, формат и мощность передачи.



Рис. 6. Блок питания

Анализ полученных результатов. Предлагаемая технология позволит полностью заменить существующий проводной способ обновления электронной карты на беспроводной, используя уже заложенные в КЛУБ-У возможности радиоканала. Это устраняет ключевой недостаток текущего метода – длительную недоступность системы КЛУБ-У во время записи.

Предложенное решение сохраняет полную функциональность диагностики и проверок, так как запись по радиоканалу не требует вывода КЛУБ-У из активного состояния. При этом обеспечивается высокая надёжность передачи благодаря:

- устойчивости модема М-Линк к импульсным помехам, доминирующим в железнодорожной среде;
- применению современных кодов коррекции ошибок;
- высокой чувствительности приёмника.

Архитектура рабочего места гибкая: поддержка множества протоколов связи позволяет адаптировать систему под будущие стандарты ОАО «РЖД». При этом не требуется модификация бортового ПО КЛУБ-У – обновление ЭК реализуется через штатный радиоканальный интерфейс.

Время передачи ЭК по радиоканалу ожидается меньшим по сравнению с проводным методом, особенно с учётом исключения этапов подключения/отключения кабеля и ожидания инициализации связи.

Таким образом, технология не только решает текущую проблему, но и создаёт основу для дальнейшего развития дистанционного обслуживания бортовых систем.

Практическое приложение результатов. Рабочее место электромеханика, оснащённое описанной аппаратурой, позволяет обновлять ЭК на нескольких единицах подвижного состава, например электропоездов, находящихся в зоне радиовидимости (например, на путях отстоя) одновременно.

Кроме обновления ЭК, данная инфраструктура может использоваться для:

- дистанционной диагностики КЛУБ–У;
- загрузки конфигурационных файлов;
- тестирования радиоканала в составе комплексных проверок.

Это повышает оперативность реагирования на изменения инфраструктуры (новые участки, изменение профиля пути, введение временных ограничений) и снижает простои подвижного состава.

Выводы. Таким образом, предлагаемая технология позволяет использовать радиоканал для записи новой версии ЭК КЛУБ–У, что устраняет необходимость физического подключения и сокращает простои. Решение не требует модификации бортового ПО, совместимо с существующими стандартами связи ОАО «РЖД» и может быть расширено для других задач дистанционного обслуживания. Внедрение технологии повысит эффективность технического обслуживания, сократит трудозатраты и усилит безопасность движения за счёт своевременного обновления данных ЭК. Использование радиоканала для обновления электронной карты является логичным, технически обоснованным и экономически целесообразным шагом в развитии систем управления локомотивной безопасностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Истомин С. Г., Богунов К. В. Разработка устройства онлайн-обновления электронных карт систем безопасности КЛУБ и БЛОК на локомотивах // Железнодорожный транспорт и технологии: сборник трудов Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 29–30 ноября 2023 года. Екатеринбург: УрГУПС, 2024. С. 35–39. EDN KDIUCS.
- 2 Хомченко Д. Н. Развитие локомотивных устройств безопасности // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 3. С. 31–33. EDN NQWJRM.
- 3 Кудина А. А., Кудиенко В. А., Онищенко А. А. Анализ локомотивных систем безопасности, проблем эксплуатации и перспектив модернизации // Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке. 2021. Т. 1. С. 188–193. EDN YBFFHL.

УДК 621.3.06

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА ОТ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ НА ЭЛЕКТРОВОЗЕ 2ЭС6

А. Н. Калякулин, Е. Л. Новиков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Компрессорный агрегат АКВ 3,5/1 У2 играет ключевую роль в обеспечении пневматической системы электровоза 2ЭС6 сжатым воздухом, необходимым для тормозной и питательной магистралей [1: 569, 2: 11]. Анализ принципиальной электрической схемы цепи управления компрессорной установки показывает, что автоматическая остановка агрегата реализуется по сигналам датчиков температуры масла (SK2), давления воздуха (SP3), направления вращения винтового блока (SP1), а также при включении подогрева масла (SA1) (рис. 1) [3: 24, 4: 60]. Так как в существующей схеме отсутствует защита от токов короткого замыкания или перегрузки в цепях управления электромагнитными клапанами и промежуточными реле, это приводит к типичным отказам: межвитковым замыканиям в катушках клапанов (YA1–YA26), выходу из строя промежуточных реле (KL1, KL2), термическому повреждению проводки и клемм (рис. 2). В зимний период такие неисправности могут вызвать перемерзание осушителя и пневмомагистралей из-за накопления влаги, что делает невозможным пополнение тормозной системы сжатым воздухом.

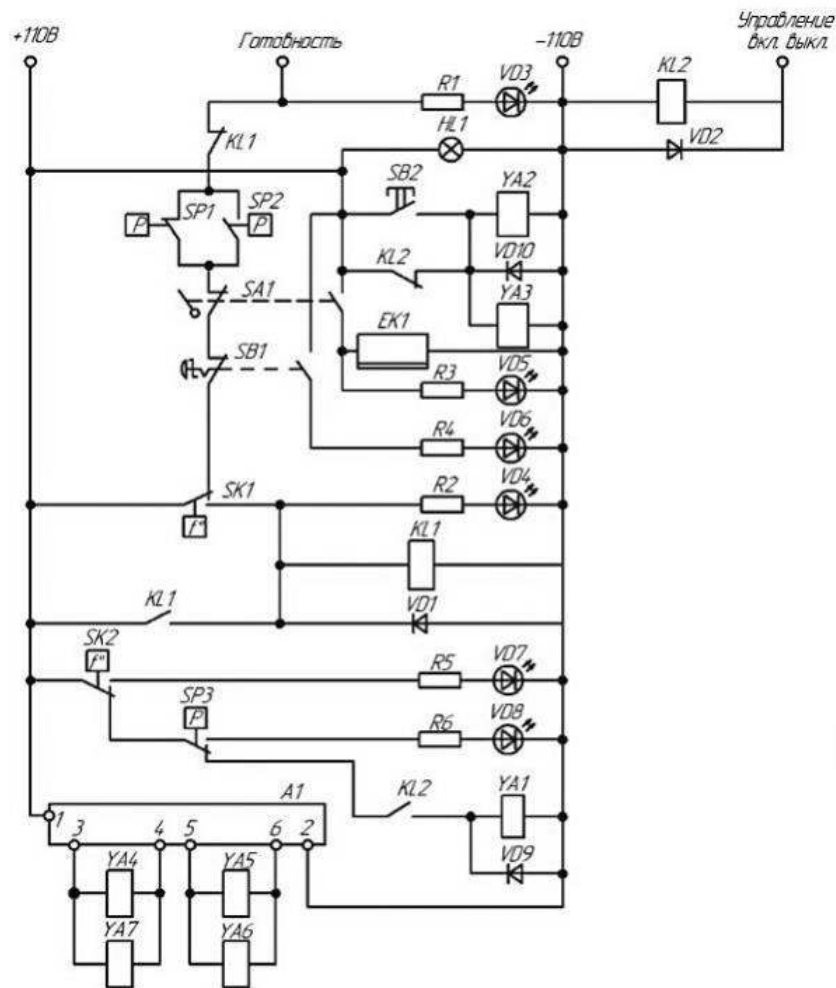


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема цепи управления компрессорного агрегата АКВ

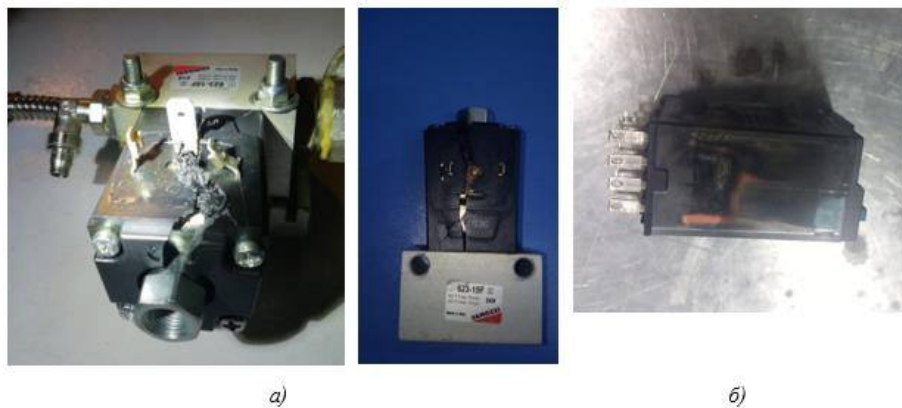


Рис. 2. Неисправности элементов цепи управления компрессорной установки АКВ:
а) короткое замыкание в катушке электромагнитного клапана; б) термическое повреждение промежуточного реле

Способы решения проблемы. Для повышения надёжности и упрощения диагностики предлагается внести в цепь управления компрессорным агрегатом на электровозе 2ЭС6 систему защиты от аварийных токов, состоящую из: самовосстанавливающихся предохранителей, дополнительных реле и светодиодов, необходимых для индикации неисправностей на панели управления.

Выбраны самовосстанавливающиеся предохранители (СП) серии ERFHU RA 375–120 (рис. 3) (производитель ECE, Тайвань) с параметрами: рабочее напряжение – до 120 В постоянного тока; максимальный ток – 10 А; диапазон температур – от –40 до +85 °С. Для работы одного компрессорного агрегата АКВ 3,5/1 У2 требуется три предохранителя, устанавливаемых: между реле KL1 и катушками YA2, YA3; между реле KL2 и катушкой YA1; между шиной +110 В и катушками YA4–YA6 (рис. 4).

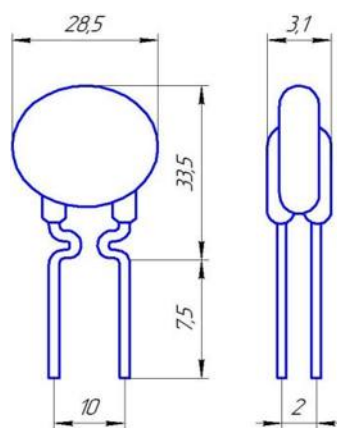


Рис. 3. Самовосстанавливающийся предохранитель серии ERFHU типа RA375–120

Дополнительные реле (KL3, KL4, KL5) с нормально замкнутыми контактами, предлагается последовательно включить в цепь формирования сигнала «Готовность». При срабатывании СП реле обесточиваются, размыкая цепь «Готовность» и останавливая компрессор (рис. 4).

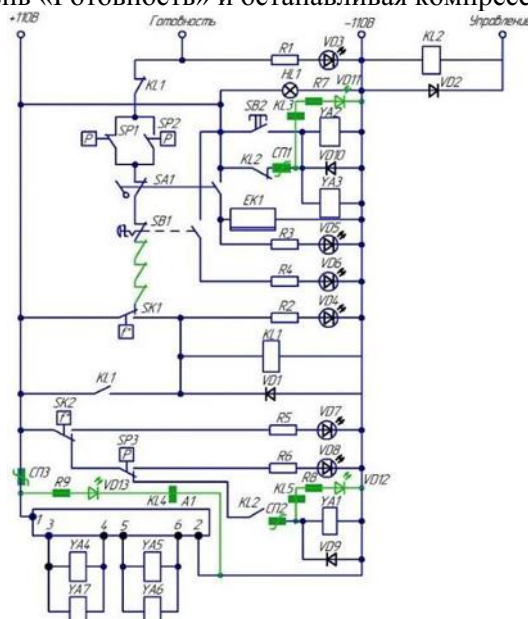


Рис. 4. Принципиальная электрическая схема доработанной цепи управления компрессорной установкой АКВ

Индикацию неисправностей предлагается реализовать с помощью светодиодов (VD11–VD13) и токоограничивающих резисторов (R7–R9). Светодиоды типа L–793AD28 (зелёное свечение, 110 В) сигнализируют о штатной работе цепи – при коротком замыкании они гаснут. Резисторы МЛТ–2–2,7 кОм ограничивают ток через светодиоды и обеспечивают их долговечность. Схема модернизированной цепи управления представлена на рис. 4. Светодиоды выведены на лицевую панель, что позволяет оперативно определять неисправный участок без использования мультиметра.

Анализ полученных результатов. Предложенная система защиты от аварийных режимов устраняет ключевые недостатки исходной схемы:

1. Защита от коротких замыканий: СП многократно ограничивают ток и восстанавливаются после устранения неисправности, предотвращая повреждение реле, проводки и клемм.
2. Автоматическая остановка компрессора при аварийных токах через размыкание цепи «Готовность».
3. Упрощение диагностики: гаснущие светодиоды сразу указывают на проблемный участок, что сокращает время поиска неисправности с часов до минут.
4. Повышение эксплуатационной надёжности, особенно в зимний период, когда отказ осушителя критичен.

Практическое приложение результатов. Реализация предложенных изменений возможна в условиях сервисных локомотивных депо при проведении текущих ремонтов ТР–30, ТР–300 или ТР–600 и экономически целесообразна: стоимость комплекта (3 СП, 3 реле, 3 светодиода, 3 резистора,

провода, клеммы Wago) не превышает 2–3 тыс. руб., тогда как устранение последствий одного отказа (замена реле, проводки, простоя локомотива) может обойтись в десятки раз дороже.

Выводы. Анализ цепи управления компрессорной установки электровоза 2ЭС6 выявил отсутствие защиты от токов короткого замыкания, что приводит к частым отказам и трудоёмкой диагностике. Предложенная модернизация на основе самовосстанавливающихся предохранителей, дополнительных реле и светодиодной индикации позволяет:

- защитить оборудование от повреждений,
- обеспечить своевременную остановку компрессора при авариях,
- значительно упростить и ускорить поиск неисправностей.

Решение легко реализуемо как в условиях сервисных локомотивных депо, так и на уровне производителя, и способствует повышению надёжности и безопасности эксплуатации электровозов 2ЭС6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Калякулин А. Н., Тычков А. С., Лысак Е. А. Повышение эффективности технологии ремонта винтовых компрессоров электровозов 2ЭС6 // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 1. С. 569–575. DOI 10.24412/2071–6168–2024–1–569–570. EDN ICJFIU.
- 2 Гателюк О. В., Даньшин В. Г. Эксплуатационная надёжность компрессорных винтовых агрегатов электровозов 2ЭС6 «СИНРА» // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2015. № 2(42). С. 11–15. EDN TRIVNH.
- 3 Осинцев И. А. Система воздухоподготовки электровозов 2ЭС6, 2ЭС10 // Локомотив. 2022. № 7(787). С. 23–29. EDN DAUWWK.
- 4 Матяш Ю. И., Кирпиченко Е. М. Особенности подготовки сжатого воздуха на современных локомотивах с винтовыми компрессорными установками // Эксплуатационная надёжность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов : материалы пятой всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвящённой 75-летию победы в Великой Отечественной войне, 85-летию кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог», 120-летию основания Омского государственного университета путей сообщения, Омск, 12 ноября 2020 года. Омск: ОмГУПС, 2020. С. 59–64. EDN AUPSAU.

УДК 629.4.01

МЕТОД СНИЖЕНИЯ РАЗГРУЗКИ КОЛЕСНЫХ ПАР ГРУЗОВОГО ЛОКОМОТИВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЛЕЖКИ

А. Н. Калякулин, А. С. Лебедев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Эффективность и пропускная способность железнодорожного транспорта напрямую определяются весовыми нормативами поездов и соблюдением графика движения. В условиях постоянного роста грузооборота одним из ключевых резервов развития отрасли является увеличение массы и длины грузовых поездов без кардинального изменения инфраструктуры. Однако этот метод наталкивается на фундаментальное ограничение – предел по сцеплению колес локомотива с рельсами. При его достижении возникает боксование, ведущее к аварийным остановкам на подъемах, нарушению графика и повышенному износу оборудования.

Традиционные подходы к решению данной проблемы сосредоточены на совершенствовании систем автоматического регулирования силы тяги и подавления боксования, а также на модификации условий контакта «колесо – рельс» [1: 58, 2: 6, 3: 210, 4: 149, 5: 231, 6: 202, 7: 338].

Несмотря на их эффективность, значительный потенциал кроется в оптимизации силового взаимодействия в механической части экипажа, которое до сих пор остается недостаточно изученным фактором, влияющим на реализацию сцепления в переходных режимах, таких как трогание с места.

В момент начала движения в системе «тележка – путь» возникает сложная картина перераспределения динамических нагрузок. Крутящий момент тяговых электродвигателей и точка приложения силы тяги через автосцепку генерируют паразитные моменты, приводящие к значительной разгрузке передних колесных пар. Экспериментальные данные, подтверждаемые расчетами, показывают, что величина этой разгрузки может достигать 20 %, что существенно снижает общий коэффициент использования сцепного веса локомотива и является скрытым резервом для повышения его тяговых свойств.

В данной работе предлагается подход, направленный не на компенсацию уже возникшей пробоуксовки, а на ее профилактику за счет конструктивной оптимизации механической части тележки. Целью исследования является анализ влияния геометрических параметров локомотивной тележки на величину динамической разгрузки колесных пар при трогании и разработка на этой основе практических рекомендаций.

Способы решения проблемы. Для количественной оценки динамического перераспределения нагрузок в начальный момент движения рассмотрим расчетную схему двухосной тележки, представленную на рис. 1.

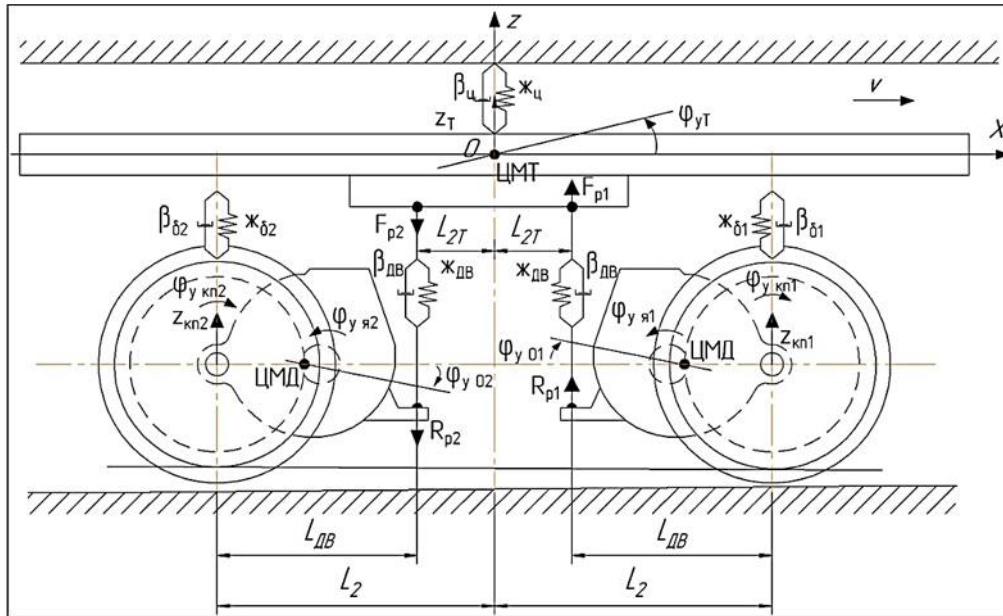


Рис. 1. Расчетная схема силового взаимодействия в системе «тележка – тяговый привод – путь»

В статическом состоянии предполагается, что нагрузка от каждой колесной пары на рельсы составляет $2P$. Однако приложение вращающего момента от тяговых электродвигателей (ТЭД) $M_{дв}$ и передача силы тяги F_k через автосцепку, смещенную на высоту h_a относительно центра масс, кардинально меняют эту картину. Возникающий момент $M_k = F_k \cdot h_a$ стремится развернуть кузов локомотива, приводя к разгрузке передних и догрузке задних тележек в целом. В рамках же одной тележки решающий вклад вносят реакции от подвески ТЭД.

Отличительной особенностью применяемой методики выступает системное рассмотрение компоновочной схемы тягового привода. Согласно приведенной расчетной схеме, тяговые электродвигатели занимают несимметричное положение по отношению к осям своих колесных пар. Вследствие этого, при синхронном вращении якорей двигателей, в точках крепления их корпусов к раме тележки возникают равные по модулю, но противоположно направленные реакции $\pm F_{pi}$. Образующаяся таким образом пара сил создает внешний момент, который вызывает перераспределение вертикальных нагрузок, действующих на колесные пары.

На основании расчетной схемы, реакция в узле крепления остова тягового электродвигателя к раме тележки может быть определена по формуле:

$$|F_{pi}| = M_{дв}/L_{дв}, \quad (1)$$

где $L_{дв}$ – плечо приложения силы, стремящейся повернуть остов двигателя относительно оси колесной пары.

Воздействие данных сил и момента $M_{дв}$ приводит к изменению статических нагрузок $2P$ на величину $\pm \Delta P_i$. В результате, нагрузка на первую колесную пару снижается:

$$2P_1 = 2P - \Delta P, \quad (2)$$

тогда как на вторую – возрастает:

$$2P_2 = 2P + \Delta P \quad (3)$$

Для определения величины $\Delta\P$ составим уравнение моментов сил относительно центра масс тележки (точка С). Учитывая силы F_{p1} , F_{p2} , а также изменения реакций рельсов $\Delta\P$, приложенные на плечах $\pm L_2$ (где L_2 – половина базы тележки), получим:

$$F_{p1} \cdot L_{2T} + F_{p2} \cdot L_{2T} + \Delta\P \cdot 2L_2 = 0 \quad (4)$$

где L_{2T} – расстояние от плоскости подвеса ТЭД до оси тележки.

Поскольку силы F_{p1} и F_{p2} равны по модулю $M_{дв}/L_{дв}$ и создают моменты одного направления, преобразуем уравнение (4) с учетом (1):

$$(M_{дв}/L_{дв}) \cdot 2L_{2T} + \Delta\P \cdot 2L_2 = 0 \quad (5)$$

Из выражения (5) найдем величину динамической разгрузки первой колесной пары:

$$\Delta\P = -(M_{дв} \cdot L_{2T}) / (L_{дв} \cdot L_2) \quad (6)$$

Для перехода к безразмерному виду выразим момент ТЭД через силу тяги: $M_{дв} = F_k \cdot R_k$. После подстановки в (6) и деления на статическую нагрузку 2П, получим окончательную формулу для относительной разгрузки:

$$\Delta\P / (2П) = -((F_k / (2П)) \cdot (R_k \cdot L_{2T}) / (L_{дв} \cdot a_2)) \quad (7)$$

Безразмерный комплекс $F_k / (2П)$ представляет собой коэффициент реализации сцепления. Таким образом, зависимость (7) устанавливает связь между относительным изменением нагрузки на колесо, уровнем силы тяги и безразмерными геометрическими параметрами тележки L_2 и привода L_{2T} , $L_{дв}$.

Для верификации аналитической зависимости (7) было выполнено параметрическое моделирование для грузового электровоза в стандартной конфигурации. Полученные данные, визуализированные на рис. 2 в виде семейства кривых, позволяют сформулировать ключевые выводы.

Анализ полученных результатов. Проведенный анализ графических зависимостей позволяет установить, что геометрический параметр $L_{дв}$ оказывает доминирующее влияние на степень динамической разгрузки колесной пары. Наблюдается прямая зависимость: увеличение расстояния $L_{дв}$ приводит к значительному росту относительной разгрузки. Полученная закономерность служит обоснованным доводом в пользу инженерных решений, направленных на снижение массогабаритных показателей тягового привода. Подобная оптимизация позволяет достичь не только снижения веса конструкции, но и кардинального улучшения сцепных качеств локомотива.

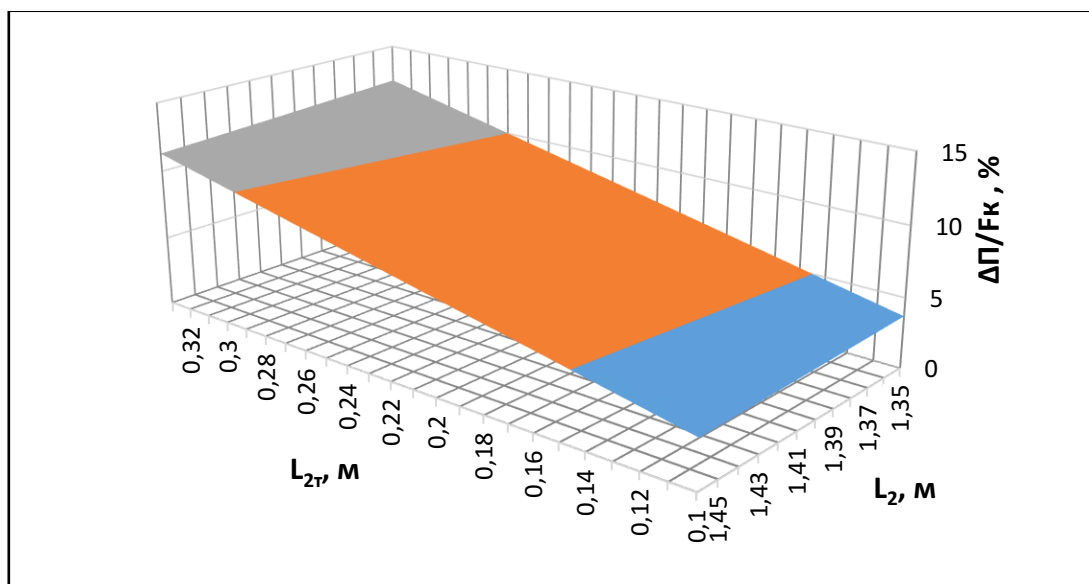


Рис. 2. Зависимость относительной динамической разгрузки колесной пары $\Delta\P / (2П)$ от базы тележки L_2 и расстояния L_{2T} от плоскости подвеса ТЭД до оси тележки

Практическое приложение результатов. Результаты математического моделирования количественно обосновывают наличие значительного потенциала для повышения реализуемой силы сцепления за счет рационального выбора конструктивных параметров механической части экипажа. Установлено, что наиболее эффективным и прямым способом повышения тяговых свойств локомотива в переходных режимах является оптимизация компоновки тележки, в первую очередь, за счет минимизации расстояния $L_{дв}$, без привлечения сложных и дорогостоящих активных систем управления.

Заключение. Расчеты подтверждают, что увеличение базы тележки L_2 способствует снижению негативного эффекта разгрузки первой колесной пары, выполняя стабилизирующую роль. Однако,

как следует из сравнительного анализа, интенсивность влияния данного параметра существенно меньше по сравнению с $L_{дв}$. Таким образом, вариация базы L_2 вносит заметно меньший вклад в изменение величины относительной разгрузки $\Delta P/(2P)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Охотников Н. С. Повышение тяговых свойств электровозов при помощи накопителей энергии: специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»: дис. ... канд. Техн. наук. Москва, 2010. 144 с. EDN QFBPFH.
- 2 Ляпушкин Н. Н. Прогнозирование сцепных свойств локомотивов с различными типами тяговых электродвигателей: специальность 05.22.07 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация»: автореферат дис. ... доктора технических наук. Москва, 2013. 46 с. EDN ZOZAJ.
- 3 Шилин Н. Д., Прокофьев С. Н. Разработка алгоритмов повышения тяговых и сцепных свойств электровозов с асинхронными тяговыми двигателями // Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт: сборник материалов научно-практической конференции АО «ВНИИЖТ», Щербинка, 26–27 августа 2021 года. Щербинка: АО «ВНИИЖТ», 2021. С. 209–213. EDN ALDUWC.
- 4 Шилин Н. Д., Прокофьев С. Н. Поосное перераспределение силы тяги для электровозов с асинхронными тяговыми двигателями // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2022. Т. 81, № 2. С. 148–156. DOI 10.21780/2223–9731–2022–81–2–148–156. EDN NPNNOE.
- 5 Савоськин А. Н., Шилин Н. Д. Анализ управления скольжением колесных пар грузового электровоза с асинхронными тяговыми двигателями // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2022. Т. 81, № 3. С. 230–239. DOI 10.21780/2223–9731–2022–81–3–230–239. EDN CECENC.
- 6 Шилин Н. Д., Прокофьев С. Н. Исследование проскальзывания колесных пар грузовых электровозов с асинхронными тяговыми двигателями // Железная дорога: путь в будущее: сборник материалов I Международной научной конференции аспирантов и молодых ученых, Москва, 28–29 апреля 2022 года. Москва: Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, 2022. С. 201–206. EDN IXXWTS.
- 7 Савоськин А. Н., Шилин Н. Д. Результаты исследования проскальзывания колесных пар грузового электровоза с асинхронными тяговыми двигателями // Локомотивы. Электрический транспорт – XXI век: электронный сборник материалов IX Международной научно-технической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Я. М. Гаккеля и 100-летию создания тепловоза Щэл1, Санкт-Петербург, 15–17 мая 2024 года. Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2024. С. 337–342. EDN TXKEBK.

УДК 656.025.6

РЕАЛИЗАЦИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ СОВМЕЩЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И КОММЕРЧЕСКОГО ОСМОТРА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОМ УЧАСТКЕ ПТО

Г. Г. Киселев, Н. А. Глухова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Рост грузооборота ставит перед железнодорожным транспортом задачи по увеличению пропускной способности, оптимизации движения вагонов и, как следствие, сокращению сроков доставки грузов. Важно также обеспечить сохранность грузов и своевременно обнаруживать технические неисправности. Одним из ключевых направлений работы ОАО «РЖД» выступает совершенствование безопасности железнодорожного подвижного состава. Реализация этой стратегической задачи достигается путем оптимизации производственных процессов, строго следуя установленным нормам и правилам. Повышение эффективности эксплуатации железных дорог достигается за счет внедрения инновационных подходов к управлению перевозками, основанных на информационных и управленческих технологиях [1].

Проверка вагонов и составов с технической и коммерческой точки зрения является ключевым этапом в системе обеспечения безопасности железнодорожного транспорта и целостности грузов. В ходе технического осмотра подвижного состава и поездов осуществляется комплексная проверка их технической исправности, включая работу автотормозных систем. Осмотр позволяет выявить любые технические проблемы, нуждающиеся в решении [2]. Как правило, устранение выявленных неисправностей производится без необходимости отцепки вагонов от поезда. Вагон считается технически неисправным, если его функциональное состояние создает риск для безопасности поезда или целостности перевозимых грузов.

В ходе технического осмотра и обслуживания подвижного состава осмотрщики–ремонтники вагонов идентифицируют различные типы дефектов. Среди них фиксируются вагоны, нуждающиеся в ремонте. Для проведения такой работы эти вагоны отцепляются от состава и направляются на специализированный путь ПТО текущего отцепочного ремонта, оснащенный необходимым оборудованием позволяющий выполнить ремонтные операции. Кроме того, имеются вагоны в составе поезда, для которых ремонт технических неисправностей возможен прямо на путях парка. Такой подход позволяет осуществить все необходимые работы в процессе обслуживания поезда, что в свою очередь сокращает время простоя и увеличивает общую производительность подвижного парка.

Технические и коммерческие осмотры вагонов, включая их обслуживание, проводятся непосредственно во время стоянки поезда. Из-за ограничений по времени, работы начинаются сразу же с прибытия состава и завершаются только после полной обработки всех вагонов.

В ходе технического осмотра и обслуживания вагонов на станции коммерческий осмотр проводится одновременно. При этом выявляемые коммерческие неисправности устраняются в рамках технологического процесса, установленном для коммерческого осмотра вагонов в составе поездов.

Технический осмотр и обслуживание на станции организованы с использованием групповой технологии. Бригады осмотрщиков–ремонтников делятся на мобильные группы, которые последовательно обслуживают каждый вагон. Это разделение способствует оптимизации работ и обеспечивает соблюдение сроков, определенных технологическим регламентом. Размер каждой группы в бригаде рассчитывается индивидуально, обеспечивая тем самым своевременность и высокое качество обслуживания. Помимо этого, возможность одновременной работы нескольких бригад на станции способствует увеличению общего объема обслуживания.

Техническое состояние вагонов, входящих в состав поезда, подвергается детальному контролю еще на подходе к станции. Для этого применяются передовые технические диагностические средства, способные обнаружить возможные проблемы, например, перегрев буксовых узлов, дефекты поверхности колесных пар и другие неисправности узлов и деталей вагонов [3]. Оператор ПТО получает сведения о дефектах вагонов, включая их номер, расположение, тип неисправности и другую соответствующую информацию, которая поступает с технических диагностических систем.

Благодаря современным технологиям, включая автоматизированные системы диагностики и контроля, можно осуществлять непрерывный мониторинг состояния вагонов. Это обеспечивает существенное улучшение безопасности их эксплуатации [4, 5].

В соответствии с технологическим регламентом, перед ожидаемым приходом состава, осмотрщики вагонов, занимают рабочие места на «островках безопасности». Следя за состоянием подвижного состава на ходу, сопровождающие поезд осмотрщики вагонов незамедлительно информируют оператора ПТО о любых обнаруженных дефектах или неисправностях. Информация передается от оператора к специализированным группам осмотрщиков-ремонтников вагонов. По прибытии поезда осмотрщики-ремонтники вагонов детально проверяют обозначенные вагоны, устраняя обнаруженные неисправности.

Осуществив ограждение состава, оператор пункта технического обслуживания информирует персонал, занятый обслуживанием поезда, и передает его на проведение технического и коммерческого осмотров.

Чтобы гарантировать безопасность и целостность груза, все составы подвергаются обязательно-му коммерческому осмотру. Коммерческий осмотр представляет собой процедуру, в ходе которой состав проверяют с одновременным участием двух или более групп приемщиков поездов. Приёмщики поездов ожидают прибытия поезда и, как только он останавливается, приступают к его проверке. Они обходят все вагоны, двигаясь по обеим сторонам состава. При осмотре оценивается правильное размещение и надежность фиксации грузов в открытых вагонах. Это требуется для того, чтобы обеспечить безопасность перевозок и исключить риск возникновения аварийных ситуаций. Особое значение имеет проверка технического состояния таких элементов, как запорно-пломбировочные устройства, накладки, закрутки, люки, кузов и крыша вагонов. Необходимо тщательно осматривать цистерны на предмет течей, поскольку даже незначительные утечки могут иметь серьезные последствия. Тщательный осмотр предполагает полную концентрацию и внимательность, ведь даже самые мелкие дефекты могут стать причиной проблем с безопасной и эффективной доставкой грузов.

Инновационная автоматизированная система коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКО ПВ 3D) позволяет проводить коммерческий осмотр подвижного состава с повышенной точностью и производительностью. Решение основано на лазерном сканировании, которое генерирует высокдетализированные трехмерные модели вагонов. Используя специальный софт, 3D–модели подвергаются анализу, и программа самостоятельно выявляет все несоответствия установленным параметрам. Автоматизированный процесс осмотра вагонов существенно ускоряет проверку каждой единицы подвижного состава. Интеграция системы с имеющимися информационными базами обеспечивает быстрый анализ данных и составление отчетов о состоянии вагонов. Внедрение такой прогрессивной системы

осмотра кардинально меняет традиционные методы выявления коммерческих неисправностей.

Интеграция технического обслуживания и коммерческих проверок вагонов играет ключевую роль в обеспечении бесперебойной работы железнодорожной отрасли. В рамках этого процесса осуществляется комплексная оценка состояния подвижного состава, а также незамедлительное устранение любых дефектов, относящихся как к коммерческим, так и к техническим деталям. Выполнение всех этих задач строго регламентировано временными рамками, заданными графиком движения поездов, а также технологическими стандартами функционирования станции и подразделений, отвечающих за техническое обслуживание [6].

Чтобы оптимизировать процесс осмотров и обслуживания, активно внедряются передовые технические решения. В их числе: системы визуального, тепловизионного, лазерного и весового контроля. Благодаря им можно оперативно и точно определять техническое состояние прибывающих вагонов. Комбинирование этих технологий ускоряет осмотр и повышает его точность, что в результате обеспечивает безопасность и надежность перевозок.

Выводы. Комплексное обслуживание грузовых поездов, включающее техническое обслуживание и коммерческий осмотр, играет ключевую роль в обеспечении бесперебойной и эффективной работы железнодорожной отрасли. Применение такого подхода способствует улучшению операционных процессов, сокращению расходов и повышению уровня безопасности перевозок. Интеграция технического обслуживания и коммерческого осмотра на ПТО сокращает время, необходимое для готовности вагонов к эксплуатации, ведет к повышению качества предоставляемых услуг и увеличивает общую производительность. Кроме того, внедрение инновационных технологий, например, автоматизированных систем мониторинга и контроля, способствует оптимизации рабочих процессов и повышению безопасности. Обеспечение эффективного коммерческого и технического обслуживания грузовых вагонов на ПТО невозможно без комплексной стратегии. Она должна включать в себя не только профессионализм персонала, но и внедрение передовых технологий. Только такой подход гарантирует надежность и безопасность железнодорожного транспорта, удовлетворяя при этом запросы заказчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Киселев Г. Г. Новые передовые цифровые технологии на ПТО для контроля и прогнозирования технического состояния грузовых вагонов // Транспортная наука и инновации : Материалы международной научно-практической конференции, Самара, 01–02 июня 2023 года. Самара: СамГУПС, 2023. С. 31–35. EDN HTUWGA.
- 2 Киселев Г. Г. Рационализация процесса технического осмотра подвижного состава // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2023. № 69. С. 90–99. EDN NXWDHN.
- 3 Бабушкин М. С., Киселев Г. Г. Внедрение ресурсосберегающих технических средств в эксплуатационном вагонном депо // Дни студенческой науки : Сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. Самара: СамГУПС, 2022. С. 104–106. EDN SCJQJL.
- 4 Киселев Г. Г. Автоматизация технического обслуживания грузовых вагонов на ПТО с помощью искусственного интеллекта // Наука и образование транспорту. 2022. № 1. С. 57–60. EDN XUZZRG.
- 5 Киселев Г. Г. Автоматизация процедуры выявления неисправностей при техническом обслуживании подвижного состава // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 1 (109). С. 49–54. EDN TTYLJU.
- 6 Технология совмещенного технического обслуживания и коммерческого осмотра грузовых вагонов № 836–2018 ПКБ ЦВ, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 28 сентября 2022 года № 2500/р [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=863035>

УДК 656.34

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ДИЗЕЛЕЙ ТЕПЛОВЗОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. В. Лебедев, А. В. Муратов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. На полигоне железных дорог разработана и внедрена «Система автоматического запуска-остановки дизеля тепловоза» (далее – САЗДТ), которая входит в состав инвестиционного проекта «Внедрение ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте» для нужд ОАО «РЖД» [1, 2].

Отличительными преимуществами данной системы является следующее [3].

Возможность подключения системы к Регистратору параметров движения маневрового тепловоза РПДА–Т, предназначенный для автоматизированного сбора, регистрации и обработки информации о работе локомотива с целью контроля, учета и анализа работы и расходов топлива, техническое состояние оборудования. При этом происходит расшифровка данных на автоматизированном рабочем

месте (APM) с применением блока накопления информации БНИ системы РПДА–Т, осуществляется пакетная передача данных GPRS на сервере Заказчика (рис. 1).

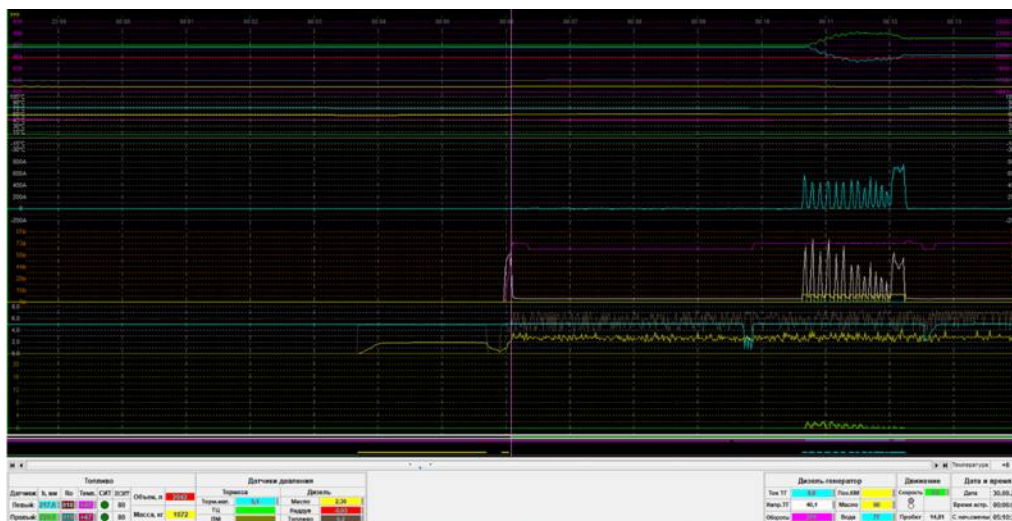


Рис. 1. Расшифровка показателей дизеля на смену локомотивной бригады в системе АРМ при считывании кассеты РПАД-Т

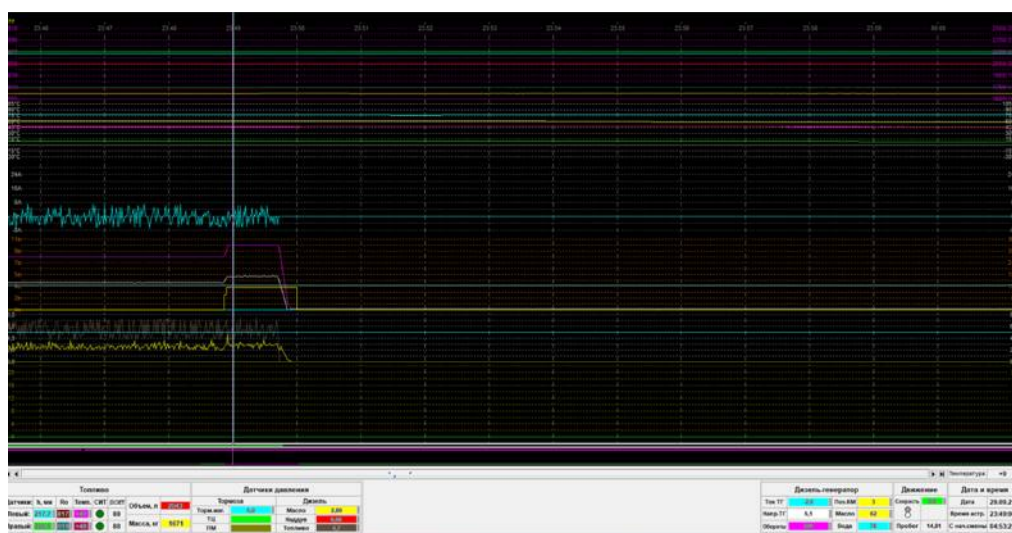


Рис. 2. Расшифровка показателей дизеля на смену локомотивной бригады в системе АРМ при считывании кассеты РПАД-Т

На рис. 1 видно, что в 00:03 произошел запуск двигателя из-за заниженных показателей температур и масла. При достаточном прогреве масла, воды система САЗДТ автоматически отключает двигатель.

На рис. 2 видно, что в 23:47 после получения информации о необходимости постановки контроллера машиниста выше 2-й позиции для отмены остановки дизеля, была установлена 3-я позиция контроллера машиниста. В 23:49 поступила информация о том, что дизель будет остановлен, что и произошло, о чем свидетельствует график.

– в случае возникновения неисправностей, автоматически диагностируется причина неисправности, что облегчает ее поиск. На информационном табло появляется сообщение с выявленной неисправностью тепловоза. При двухкратном нажатии на клавишу «О» появится рекомендация по устранению неисправности.

В таблице (на примере парка локомотивного депо) виден расход топлива без применения системы САЗДТ при удельном расходе топлива 7,64 т.

Разложение по секциям для серии: ТЭМ18ДМ, депо				
№ локомотива (МВПС) / № секции	До внедрения системы САЗДТ		После внедрения системы САЗДТ	
	Расход диз. топлива(т)	Общее время простоя, час:мин	Расход диз. топлива(т)	Общее время простоя, час:мин
	2	3	4	5
1204 / 1	0,14	22 : 54	0,04	5 : 06
1210 / 1	0,00	12 : 30	0,26	43 : 15
1215 / 1	0,04	6 : 36	0,09	24 : 53
1218 / 1	0,12	14 : 56	0,11	12 : 28
1219 / 1	0,06	19 : 45	0,29	23 : 18
1221 / 1	0,40	49 : 45	0,25	37 : 35
1222 / 1	0,15	31 : 36	0,45	55 : 13
1228 / 1	0,28	97 : 33	0,38	61 : 59
1230 / 1	1,67	155 : 58	2,03	323 : 53
1231 / 1	1,28	189 : 24	0,09	17 : 53
1235 / 1	0,10	17 : 55	0,37	41 : 20
1237 / 1	1,14	158 : 50	0,10	18 : 36
1239 / 1	0,24	38 : 28	0,02	4 : 02
1244 / 1	0,13	12 : 02	0,02	5 : 21
1381 / 1	0,37	39 : 19	0,20	23 : 13
1383 / 1	0,07	5 : 42	0,80	155 : 37
1384 / 1	0,89	79 : 09	0,30	39 : 51
1388 / 1	0,06	8 : 51	1,59	236 : 38
1392 / 1	0,37	30 : 24	0,52	88 : 16
1395 / 1	0,97	99 : 46	0,24	51 : 06
1396 / 1	0,53	51 : 32	0,03	2 : 52
Всего (т)	7,64		6,26	

При применении системы САЗДТ удельный расход топлива сократился до 6, 26 т.

На основе данных показателей можно сделать вывод, что применение системы САЗДТ повышает эффективность дизеля за счет заложенного алгоритма работы, который уменьшает расход дизельного топлива и масла. Что в свою очередь приводит к снижению расхода до 50 % от нормы на прогрев тепловоза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение ОАО «РЖД» от 11.02.2008 N 269р «Об энергетической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2010 года и на перспективу до 2030 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/70787688/>
- 2 Инновационные энергосберегающие технологии в локомотивном хозяйстве : монография / Ю. Е. Просви-
ров, Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, С. А. Петухов. Самара : СамГУПС, 2012. 123 с. ISBN 978–5–98941–
169–6. EDN QNYFUV.
- 3 Патент № 2812151 С1 Российская Федерация, МПК B61C 5/00, F02N 19/10, F02D 41/06. Система автома-
тического запуска-остановки дизеля тепловоза (САЗДТ) и способ для его осуществления : № 2023120709 :
заявл. 07.08.2023 : опубл. 24.01.2024 / А. А. Кашенко, О. В. Абрамов, Д. К. Райдугин , заявитель Общество
с ограниченной ответственностью «АВП Технологии». EDN VXGGLU.

ВОЗМОЖНОСТИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ОБРАЗОВАНИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. С. Лебедев, Ю. К. Мустафаев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В современном мире цифровые технологии играют ключевую роль, серьёзно влияя на различные сферы деятельности человека. Особое значение цифровизация приобретает в отраслях, где требуется высокая точность, безопасность и постоянное обновление знаний. Ярким примером использования цифровых технологий является железнодорожный транспорт, который в цифровую эпоху всё больше инноваций внедряет в себя.

Одной из таких инноваций является технология цифровых двойников, которые позволяют моделировать, анализировать и прогнозировать поведение оцифрованных объектов. Цифровые двойники уже активно используются в промышленности, энергетике, транспорте и других сферах, демонстрируя свою эффективность. Внедрение этой технологии в железнодорожное образование может стать важным шагом на пути к подготовке специалистов, готовых к вызовам цифровой эпохи.

Цель данной статьи – рассмотреть возможности применения цифровых двойников в железнодорожном образовании. И как эта технология может улучшить процесс обучения, сделав его более практико-ориентированным и соответствующим современным требованиям отрасли. В статье рассмотрены примеры использования цифровых двойников для моделирования железнодорожной инфраструктуры, оптимизации процессов эксплуатации и создания виртуальных лабораторий для студентов.

Основная часть. Цифровой двойник – это виртуальная копия физического объекта, процесса или системы, которая включает применение цифровых технологий и обработку больших данных. Он отражает не только внешние характеристики объекта, но и его поведение, состояние и взаимодействие с окружающей средой в синхронном или асинхронных режимах соответственно. Основой цифрового двойника являются данные, поступающие от датчиков, IoT-устройств (Интернета вещей) и других источников, которые позволяют синхронизировать виртуальную модель с реальным объектом [1–3].

Цифровые двойники обладают рядом ключевых особенностей, благодаря которым, они нашли широкое применение в различных областях деятельности человека.

- Точность. Цифровые двойники позволяют с высокой точностью воспроизводить поведение объектов и процессов, что особенно важно для отраслей, где ошибки могут привести к серьёзным последствиям.
- Гибкость. Виртуальные модели можно легко адаптировать под различные сценарии. Например, можно изменить параметры железнодорожного состава или инфраструктуры и сразу увидеть, как это повлияет на работу системы.
- Возможность моделирования сложных процессов. Цифровые двойники позволяют моделировать сложные процессы, такие как движение поездов по сети, взаимодействие между различными элементами инфраструктуры или прогнозирование аварийных ситуаций. Это помогает находить оптимальные решения и минимизировать риски.
- Экономия времени и ресурсов. Использование цифровых двойников позволяет сократить затраты на физические испытания и эксперименты.

Благодаря вышеперечисленным преимуществам, двойники нашли широкое применение.

Например, в промышленности используют цифровые двойники для моделирования производственных линий, что позволяет оптимизировать процессы, снижать издержки и предотвращать простои. Или же в автомобильной промышленности, виртуальные копии автомобилей помогают тестировать новые модели, не прибегая к дорогостоящим физическим испытаниям [4].

В железнодорожной отрасли цифровые двойники позволяют создавать точные виртуальные копии её инфраструктуры. Это открывает широкие возможности для анализа и оптимизации работы системы [5–7].

- Моделирование путей. Цифровые двойники помогают анализировать состояние железнодорожных путей, прогнозировать износ и планировать ремонтные работы. Например, можно смоделировать воздействие различных погодных условий на пути или определить оптимальные интервалы для их обслуживания.
- Моделирование работы станций. Виртуальные копии станций позволяют оптимизировать пассажиропотоки, распределение платформ и работу обслуживающего персонала. Это осо-

бенно важно для крупных транспортных узлов, где даже небольшие улучшения могут значительно повысить эффективность.

- Моделирование подвижного состава. Цифровые двойники локомотивов и вагонов помогают тестировать их работу в различных условиях, выявлять потенциальные неисправности и улучшать конструкцию.
- Прогнозирование аварий. С помощью цифровых двойников можно анализировать различные сценарии, которые могут привести к авариям, например, сход поезда с рельсов, столкновения или отказы оборудования. Это позволяет выявить слабые места в системе и принять меры для их устранения.
- Тестирование систем безопасности. Виртуальные модели позволяют тестировать системы сигнализации, автоматического торможения и другие элементы безопасности. Например, можно смоделировать, как система отреагирует на внезапное появление препятствия на путях.
- Анализ последствий. В случае аварии цифровые двойники помогают быстро проанализировать ее причины и последствия, что позволяет оперативно принимать меры для восстановления работы и предотвращения подобных ситуаций в будущем.

Таким образом, можно сделать вывод, что цифровой двойник способен стать мощным инструментом в образовании, особенно в подготовке специалистов для высокотехнологичных отраслей, таких как железнодорожный транспорт. С двойниками студентам открывается возможность работать с реалистичными моделями, отрабатывать практические навыки и готовиться к реальным условиям работы.

В отличие от классических VR тренажеров, в которых обучение происходит путем реализации алгоритмов на базе скриптов, сочетание цифрового двойника и визуальной составляющей образует новый класс обучающих систем – симуляторов, работающих на основе физических законов и не ограничивающие действия обучающегося заданными скриптом рамками.

И тут можно выделить два направления. Первое направление – цифровые двойники обеспечивают максимально приближенную физику модели по отношению к реальному объекту (например, транспортной системе) – симулятор локомотива, ведущего состав – для отработки навыков машиниста. Второе направление – визуализация процессов, происходящих в транспортных системах, которая служит для облегчения их понимания в процессе обучения – системы CAE-анализа при оценке прочностных характеристик конструкции подвижного состава, визуализация аэродинамики обтекания воздухом скоростного электропоезда и т.п.

Так, на основе цифровых двойников, создаются виртуальные лаборатории, где студенты, с помощью виртуальной (VR) и дополнительной реальности (AR), а также 3D-моделирования, могут взаимодействовать с виртуальными копиями железнодорожных путей, станций, поездов и других элементов инфраструктуры. В реальной жизни доступ к железнодорожной инфраструктуре или подвижному составу может быть ограничен из-за высокой стоимости или риска повреждения. Виртуальные лаборатории устраняют эти ограничения, предоставляя студентам возможность работать с точными цифровыми копиями [8, 9].

Яркими примерами таких решений являются решения, рассмотренные ниже [10, 11].

- Тренажёр монтера пути в VR от Tengo для РЖД (рис. 1) – это интерактивное обучающее решение, разработанное для подготовки специалистов по обслуживанию железнодорожных путей. С помощью технологий виртуальной реальности (VR) пользователи погружаются в реалистичную среду, где могут отрабатывать навыки выполнения задач, таких как укладка путей, диагностика состояния инфраструктуры и работа с оборудованием. Тренажёр обеспечивает безопасное и эффективное обучение, позволяя моделировать различные сценарии и условия работы, что способствует повышению квалификации сотрудников и снижению ошибок в реальных условиях.



Рис. 1. Интерактивные обучающие решения Tengo в VR для РЖД. Тренажёр монтера пути.

- Тренажёрный класс в ПривГУПС (рис. 2) – это специализированная учебная площадка, оснащённая современным оборудованием и тренажёрами для подготовки студентов и специалистов железнодорожного транспорта. Класс предназначен для отработки практических навыков в условиях, максимально приближенных к реальным. Включает в себя симуляторы управления подвижным составом, тренажёры для обучения монёров пути, диспетчеров и других специалистов. Использование таких технологий позволяет повысить качество обучения, обеспечивая безопасное и эффективное освоение профессиональных компетенций.



Рис. 2. Тренажерный класс в ПривГУПС.

- Моделирование логистических задач в системах агентного моделирования AnyLogic на примере железнодорожного вокзала (рис. 3) – это процесс создания цифровой модели вокзала для анализа и оптимизации его работы. С помощью AnyLogic моделируются различные аспекты: пассажиропотоки, работа инфраструктуры (платформы, кассы, зоны ожидания), логистика грузовых перевозок и взаимодействие персонала. Агентное моделирование позволяет учитывать поведение отдельных «агентов» (пассажиров, поездов, сотрудников) и их влияние на общую систему. Это помогает выявлять узкие места, тестировать сценарии улучшения и повышать эффективность работы вокзала.

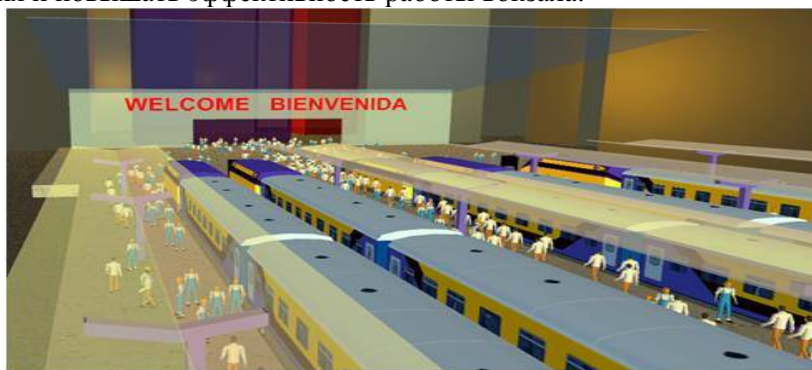


Рис. 3. Моделирование логистических задач в системах агентного моделирования AnyLogic. Железнодорожный вокзал

Студенты могут проводить эксперименты, изменять параметры и наблюдать за результатами, не опасаясь повредить оборудование или нарушить работу системы.

Результатом развития цифровых двойников является их активное внедрение в образовательные программы по всему миру, включая зарубежные учебные заведения в Германии, США, Великобритании, Китае. Их распространённость в других странах доказывает эффективность применения технологии для подготовки специалистов в железнодорожной отрасли.

Российские учебные заведения также начинают внедрять цифровые двойники в образовательные программы, в области железнодорожного транспорта.

В Московском государственном университете путей сообщения (МИИТ) разрабатываются виртуальные лаборатории, где студенты могут изучать железнодорожную инфраструктуру и подвижной состав.

Примеры виртуальных лабораторий в МИИТ:

- Лаборатория управления подвижным составом. В этой лаборатории студенты могут моделировать движение поездов в различных условиях: при разных скоростях, погодных условиях

и состояниях путей. Симуляторы позволяют отрабатывать навыки управления локомотивами, включая действия в аварийных ситуациях.

- Лаборатория железнодорожной инфраструктуры. Здесь студенты изучают устройство железнодорожных путей, мостов, тоннелей и станций. Виртуальные модели позволяют анализировать износ материалов, проектировать новые элементы инфраструктуры и тестировать их в различных условиях.
- Лаборатория систем сигнализации и связи. В этой лаборатории студенты работают с цифровыми копиями систем управления движением поездов. Они могут моделировать различные сценарии, такие как сбои в работе оборудования или аварии, и учиться быстро принимать решения.
- Лаборатория диагностики и ремонта. Студенты изучают методы диагностики состояния подвижного состава и инфраструктуры с использованием виртуальных инструментов. Это помогает им освоить современные технологии, такие как ультразвуковая диагностика и тепловизионный контроль.

ОАО «РЖД» также активно использует цифровые двойники для обучения своих сотрудников. В своих корпоративных учебных центрах цифровые двойники применяются для подготовки машинистов, диспетчеров и инженеров. Например, виртуальные модели поездов и путей используются для подготовки персонала к действиям в аварийных ситуациях. Сотрудники могут отрабатывать свои навыки на виртуальных моделях, что снижает риски при реальных инцидентах [12].

Не трудно догадаться, что интеграция цифрового двойника в образовательный процесс железнодорожного вуза открывает новые горизонты для подготовки специалистов, сочетая теоретические знания с практическими навыками.

Для начала необходимо четко определить цели использования цифрового двойника. Это может быть обучение управлению поездами, моделирование работы инфраструктуры, диагностика оборудования или отработка действий в аварийных ситуациях. Важно учитывать потребности разных групп студентов – будущих инженеров, диспетчеров, техников – и адаптировать цифровой двойник под их специализации.

Внедрение цифрового двойника в учебный процесс предполагает обновление учебных программ. Можно ввести новые дисциплины, а также интегрировать цифровой двойник в уже существующие курсы.

Подготовка преподавателей – ключевой этап успешной интеграции цифрового двойника. Проведение тренингов и семинаров, разработка методических материалов и привлечение экспертов из железнодорожных компаний помогут преподавателям эффективно использовать новые технологии в учебном процессе.

Мониторинг и оценка эффективности использования цифрового двойника позволяют постоянно совершенствовать учебный процесс. Сбор обратной связи от студентов и преподавателей, анализ результатов обучения и корректировка программ на основе полученных данных обеспечивают высокое качество подготовки специалистов.

Для проверки эффективности использования цифровых двойников в образовательном процессе был проведен эксперимент [11], в ходе которого студенты работали с виртуальной моделью железнодорожной станции. В эксперименте участвовали 50 студентов, которые были разделены на две группы: первая группа обучалась с использованием цифрового двойника, а вторая – по традиционной методике. Результаты показали, что студенты, работавшие с цифровым двойником, демонстрировали более высокий уровень понимания процессов и лучше справлялись с практическими заданиями.

Проведенное исследование подтвердило эффективность использования цифровых двойников в железнодорожном образовании. Внедрение данной технологии позволяет повысить качество подготовки специалистов, обеспечивая более глубокое понимание процессов управления и эксплуатации железнодорожных систем. Цифровые двойники также способствуют развитию навыков работы с современными технологиями, что является важным аспектом в условиях цифровизации отрасли.

Заключение. Анализ различных литературных источников показал, что цифровые двойники значительно улучшают качество подготовки специалистов железнодорожного транспорта. Они позволяют студентам изучать сложные процессы в интерактивной и безопасной среде, сочетая теорию с практикой. Виртуальные лаборатории на основе цифровых двойников устраняют ограничения доступа к реальному оборудованию, предоставляя возможность моделировать, анализировать и отрабатывать навыки. Можно смоделировать различные ситуации, которые при традиционных способах обучения реализовать либо сложно, либо невозможно. Опыт других стран, МИИТ и ОАО «РЖД» показывает, что такие технологии повышают уровень понимания и практической подготовки студентов. Интеграция цифровых двойников в образование – важный шаг к цифровой трансформации отрасли, требующий сотрудничества вузов, компаний и технологических партнеров.

Цифровые двойники – это не просто инструмент для моделирования, это возможность создать мост между теорией и практикой, подготовив студентов к реальным условиям работы в железнодорожной отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гартнер Т. Цифровые двойники: технологии и применение. М.: Техносфера, 2021. 320 с.
- 2 Шмидт Р., Браун Л. Цифровые двойники: от теории к практике. Берлин: Springer, 2020. 300 с.
- 3 Яковлев П. А. Современные технологии в железнодорожном образовании // Инновации в образовании. 2023. № 2. С. 34–40.
- 4 Петров С. И. Цифровые двойники в промышленности и транспорте. М.: Инфра-Инженерия, 2019. 180 с.
- 5 Иванов А. А., Сидоров В. П. Инновации в железнодорожном транспорте: цифровые технологии и их внедрение. СПб.: Транспорт, 2020. 256 с.
- 6 Смирнов Д. В., Козлова Е. А. Применение цифровых двойников в железнодорожной отрасли // Транспортные системы и технологии. 2021. № 3. С. 12–25
- 7 Как цифровые двойники служат на железной дороге // Гудок.ру : [сайт]. URL: https://gudok.ru/content/science_education/1617399/ (дата обращения: 11.03.2025).
- 8 Кузнецов В. М. Виртуальные лаборатории в образовании: опыт и перспективы // Высшее образование в России. 2022. № 5. С. 45–52.
- 9 Применение технологий виртуальной реальности при обучении и контроле профессиональных навыков проводника пассажирского вагона / С. В. Коркина [и др.] // Наука и образование транспорту. 2019. № 1. С. 38–42. EDN OBJZZR.
- 10 Федоров И. Н. Цифровая трансформация образования: вызовы и возможности. М.: Образование и наука, 2022. 210 с.
- 11 Титова А. В., Сучкова М. Ю. Цифровые двойники в повышении качества образовательных услуг // Технико-технологические проблемы сервиса. 2021. № 4 (58). С. 57–63. EDN JMOZKA.
- 12 Авсиевич В. В., Авсиевич А. В. Использование технологий виртуальной реальности в техническом обучении на российских железных дорогах // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 26–27 января 2021 года. Самара: СамГУПС, 2021. С. 151–153. EDN LWTFLK.

УДК 656.34

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРОВЕРКИ КОЛЕСНЫХ ПАР ЗА СЧЕТ ИСКЛЮЧЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВЫКАТКОЙ

В. В. Ляшенко, П. Д. Ситников

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Не для кого не секрет что колесная пара является одной из наиболее ответственных частей подвижного состава, как на локомотивах, так и на вагонах. Во время эксплуатации она воспринимает на себя как вертикальные нагрузки от массы состава, так и горизонтальные силы, возникающие от восприятия ударов от неровностей пути. Так же именно через колесную пару реализуются силы сцепления в месте соприкосновения колеса с рельсом в тормозном и тяговом режимах [1, 2].

Работая в таких экстремальных условиях, колесная пара подвергается опасности возникновения неисправностей, что напрямую влияет на безопасность движения.

Вопрос своевременного обнаружения и предотвращения неисправностей наиболее остро стоит на железнодорожном транспорте. Это проблема особенно важна для вагонного хозяйства из-за особенностей организации неразрушающего контроля колесных пар. Огромное количество вагонов и соответственно колесных пар от некоторых депо требуется проводить проверки до 50 колесных пар в сутки и при этом для каждой колесной пары необходимо использовать четыре метода неразрушающего контроля.

Автоматизированный комплекс неразрушающего контроля колесных пар грузовых вагонов «Алтек–Автомат» (рис.) позволяет производить неразрушающий контроль колеса и оси колесной пары одновременно ультразвуковым и вихретоковым методом [3]. При этом появляется возможность исключить магнитопорошковый метод контроля. Благодаря автоматизации и одновременности работ нескольких модулей комплекса время одного цикла проверки колесной пары удастся сократить до 10 минут, что позволяет выстроить поточную линию.



Рис. Автоматизированный комплекс «Алтек–Автомат»

Сам комплекс спроектирован по модульному принципу и состоит из трех блоков проверки, один производит вихре токовый контроль колеса, второй ультразвуковой контроль колеса и третий блок проводит вихре токовый контроль оси.

Для проведения неразрушающего контроля на комплексе «Алтек–Автомат» необходим только один оператор, который подводит колесную пару на место проверки после чего система сама подводит датчики контроля в нужное положение, оператор вводит данные о колесной паре на персональный компьютер и после проверки анализирует полученные результаты контроля. При обнаружении системой дефекта оператор может подвернуть колесную пару на нужное место и подойдя удостовериться в его наличии.

Если же дефектов не обнаружено, модули проверки отводятся от колесной пары после чего она разворачивается и проверяется снова.

Комплекс позволяет производить контроль колесной пары в нескольких случаях [4]:

- ось в составе колесной пары со снятым буксовым узлом и демонтированными кольцами подшипников;
- ось в составе колесной пары со снятым буксовым узлом и напрессованными кольцами подшипников;
- ось в составе колесной пары без демонтажа буксового узлом и закрытой крышкой буксы;
- ось в составе колесной пары без демонтажа буксового узлом и с открытой крышкой буксы.

Модуль вихретокового контроля оси позволяет осуществлять контроль средней части оси, полкой шейки оси, и поверхности напрессованных колец. Если колесная пара поступает на стенд проверки без демонтажа буксового узла, то вихретоковые сканеры контроля полкой шейки оси не подводят.

К всему перечисленному стоит добавить, что автоматизированный комплекс «Алтек–Автомат» работает на базе персонального компьютера на операционной системе Windows и может перепрограммироваться под требования заказчика в зависимости от технического задания.

В 2024 году автоматизированный комплекс неразрушающего контроля колесных пар грузовых вагонов «Алтек–Автомат» успешно прошел испытания и начал использоваться в коммерческих целях.

Благодаря высокому уровню автоматизации удалось сократить время проведения неразрушающего контроля колесной пары в несколько раз, но это без учета подготовительных работ.

Если бы удалось сократить время, уходящее на выкатку колесной пары, демонтаж и монтаж букс то общее время цикла сократилось бы в десятки раз.

Для примера можно взять процесс обточки колесных пар без выкатки и с выкаткой. Процесс обточки без выкатки занимает от 30 минут до 1 часа в то время, как в некоторых случаях процесс обточки с выкаткой может занимать от 3 до 5 рабочих дней.

Поэтому для сокращения времени подготовки колесной пары к проверке предлагается на базе автоматизированного комплекса неразрушающего контроля колесных пар грузовых вагонов «Алтек–Автомат» организовать участок проверки колёсных пар без выкатки.

На таком участке блоки контроля и проверки должны будут находиться ниже уровня головки рельса в специально оборудованной яме.

После установки колеса на участок проверки часть рельса снимается и к колесной паре в подвешенном состоянии подводятся сканеры и преобразователи для проведения вихретокового и ультразвукового неразрушающего контроля.

В таком случае тележка и рама кузова будет мешать подведению оборудования сверху и поэтому доступ к колесу и оси должен реализоваться снизу или сбоку.

Блок управления данной системой может находиться за пределами самого участка проверки, что обезопасит оператора от возможных рисков, возникающих при нахождении возле вращающихся частей установки и необходимость подходить к колесной паре останется только для подтверждения выявленных неисправностей.

Такая система позволит сократить время проверки колесных пар за счет исключения операций, связанных с выкаткой. При этом остается возможность проведения неразрушающего контроля со снятыми буксами, и демонтированными кольцами подшипников так как работы по демонтажу, установке букс и напрессовке колец подшипников можно проводить без выкатки колесной пары.

Реализация данной системы также может стать ступенью для перехода от планово-предупредительной системы ремонта к системе ремонта по состоянию за счет появления возможности регулярного мониторинга состояния колесных пар.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Lyashenko V. V., Muratov A. V., Lyashenko D. D. Loss Reduction in Tooling Service of Locomotive Repair Depot // Proceedings of the 10th International Conference on Industrial Engineering, Sochi, Russian Federation, 19–24 мая 2024 года. Sochi, Russian Federation. SPRINGER, 2024. P. 502–510. EDN YOHRYA.
- 2 Ляшенко В. В., Муратов А. В., Целиковская В. С. СМК как инструмент совершенствования технологических процессов сервисного локомотивного депо // Перспективы развития сервисного обслуживания локомотивов : труды третьей международной научно-практической конференции, Москва, 11–12 октября 2018 года. Москва: ООО «ЛокоТех», 2018. С. 241–242. EDN YVGYLJ.
- 3 Инновационные энергосберегающие технологии в локомотивном хозяйстве : монография / Ю. Е. Просвилов, Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, С. А. Петухов. Самара : Самарский государственный университет путей сообщений, 2012. 123 с. ISBN 978–5–98941–169–6. EDN QNYFUV.
- 4 Автоматизированные средства технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава: учебно-методическое пособие к лабораторным и практическим занятиям / В.Ф. Криворудченко [и др.]. Ростов н/Д: ФГБОУ ВО РГУПС. 2016. 56 с.
- 5 Казаченко А. Т. Отечественные сканеры вихревого контроля элементов бурильных труб нефтегазовой отрасли // В мире неразрушающего контроля. 2020. Т. 23, № 3(89). С. 5–9. DOI 10.12737/1609–3178–2020–5–8. EDN ZQXUPJ.

УДК 656.34

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЗОВ ТЭМ7 НА БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. В. Ляшенко, А. Н. Шаховцев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Техническое состояние дизеля тепловоза ТЭМ7 играет решающую роль в обеспечении безопасности эксплуатации на промышленных путях. Поскольку тепловозы данной серии выполняют комплекс маневровых и вывозных операций, любая неисправность силового агрегата способна оказать негативное воздействие на производственный процесс и создать дополнительные риски для персонала [1, 2].

Дизельный двигатель ТЭМ7, являющийся основным источником тяги, должен работать слаженно с другими узлами локомотива, обеспечивая плавное движение, надёжные тормозные характеристики и корректную подачу энергии в бортовые системы. Если в работе дизеля обнаруживаются отклонения, это немедленно отражается на безопасности, так как машинист уже не может с полной уверенностью управлять локомотивом и прогнозировать его поведение при изменении нагрузок [3].

Во-первых, от надёжной работы дизеля зависит возможность предотвращать аварийные ситуации, связанные с внезапными отказами силовой установки или резкими скачками тягового усилия. При маневрах, особенно в стеснённых условиях промышленной площадки, тепловоз нередко двигается с минимальной скоростью, подъезжая к вагонам, размещённым вплотную к зданиям цехов, эстакадам или путевым стрелкам. Если дизель в этот момент внезапно потеряет мощность или, напротив, выдаст избыточную тягу в результате сбоя подачи топлива, машинисту трудно обеспечить ровный ход и уберечь от столкновений как сам локомотив, так и вагонный парк. Резкие рывки при неустойчивой тяге вызывают запоздалую реакцию тормозных систем, провоцируют повреждения сцепных устройств и иногда приводят к сходу колёсных пар с рельсов. Всё это повышает степень риска при выполнении манёвров внутри предприятия, где вокруг может находиться обслуживающий персонал, спецтехника и дорогостоящее оборудование.

Во-вторых, состояние дизеля напрямую влияет на тяговые параметры тепловоза: способность развивать требуемую мощность на разных диапазонах оборотов, работать без отключений генератора и обеспечивать полноценное питание тяговых электродвигателей. На территории промышленного пред-

приятия распространены ситуационные задачи, когда один тепловоз перемещает длинные и тяжёлые составы, состоящие из вагонов, гружёных сырьём, прокатом или готовой металлопродукцией. В моменты трогания с места, особенно при наличии небольших уклонов, дизель должен выдавать стабильную и достаточную тягу, чтобы сдвинуть состав без пробуксовок и резких выключений. Если двигатель находится в неисправном состоянии (например, за счёт износа поршневой группы, топливных насосов или форсунок), он начинает работать в прерывистом режиме, возникают провалы мощности и скачки оборотов. При этом колёса тепловоза могут терять сцепление с рельсами или, напротив, испытывать пиковые нагрузки, чреватые ускоренным износом деталей и возможными поломками ходовой части. Итогом становятся непредсказуемые остановки прямо на путях, где следом могут двигаться другие локомотивы или спецтехника, что повышает риск столкновений и производственных травм.

Не менее важным фактором является корректное взаимодействие дизеля с тормозными системами. В тепловозе ТЭМ7 пневматический компрессор, обеспечивающий накачку воздуха в магистраль, напрямую приводится в действие от работающего дизельного двигателя. Если дизель «проседает» по оборотам или случаются вдруг перебои в работе кривошипно-шатунного механизма, то давление в тормозной сети может падать ниже нормативных значений. На коротких промышленных ветвях, где локомотиву надо часто менять направление движения и оперировать многочисленными стрелками, подобные колебания давления повышают риск недостаточно эффективного торможения. Кроме того, на тепловозах используются системы реостатного торможения, принцип действия которых основывается на переключении тяговых электродвигателей в генераторный режим с рассеиванием энергии в тормозных резисторах. Для такой схемы обязательна бесперебойная работа дизеля, питающего генератор, чтобы поддерживать стабильный процесс гашения кинетической энергии состава. В противном случае может произойти срыв тормозов в момент, когда необходимо точное регулирование скорости. Подобное нарушение, особенно если на путях находятся вагоны с ценным или потенциально опасным грузом, часто приводит к экстремальным ситуациям.

Техническое состояние двигателя также влияет на экологическую составляющую и санитарные нормы на предприятии. При несоблюдении регламентов настройки топливной аппаратуры повышается дымность выхлопа, в воздух выбрасывается больше оксидов азота, угарного газа и мелкодисперсных частиц сажи. На территории и без того существует значительная концентрация промышленных выбросов, и локомотивы с плохо отрегулированным двигателем могут заметно ухудшать существующий фон, оказывая негативное воздействие на здоровье персонала. К тому же возрастает шумовая и вибрационная нагрузка на машинистов и работников, находящихся рядом с тепловозом, что повышает утомляемость и снижает внимательность. С точки зрения безопасности это означает возрастание вероятности ошибочных действий оператора в критической обстановке.

Ещё один важный нюанс связан с повышенным риском локальных пожаров при неисправностях дизеля. Протечки топлива и масел через изношенные уплотнения, разгерметизированные трубопроводы или повреждённые соединения могут оказаться незаметными на первых порах. Однако в зоне высокой температуры – на глушителях, выпускном коллекторе или камерах турбокомпрессора – такая утечка горючих жидкостей легко становится источником воспламенения. В условиях металлургического производства, имеющего большое количество цехов с горючими материалами или высокотемпературными участками, пожар может распространиться очень быстро. Тушение горящего локомотива внутри производственной зоны осложняется плотной застройкой, наличием кранового оборудования и одновременно проходящими технологическими процессами. В итоге даже небольшая техническая неисправность двигателя, связанная с утечкой топлива, способна привести к крупным убыткам и угрожать жизни людей.

Эффективное противостояние этим рискам возможно при условии своевременного технического обслуживания дизеля тепловоза ТЭМ7. В регламентах должны чётко прописываться сроки замен масла, фильтрующих элементов, диагностика форсунок и топливных насосов, проверка компрессии в цилиндрах и состояния кривошипно-шатунного механизма. Ключевым моментом является и контроль экологических показателей двигателя, так как вовремя выполненная настройка топливной системы и корректировка режима работы турбокомпрессора помогают избежать перерасхода дизельного топлива, избыточных выхлопных газов и опасных концентраций вредных веществ. Дополнительное внимание следует уделять квалификации ремонтного и машинистского персонала. Машинисты, которые понимают особенности управления тепловозом при низкой скорости или под высокими нагрузками, смогут вовремя заметить нетипичные звуки, вибрации, колебания оборотов и подать сигнал о необходимости диагностики. Ремонтники, в свою очередь, обязаны владеть методами неразрушающего контроля основных деталей дизеля (магнитопорошковый, ультразвуковой и другие виды диагностики), чтобы выявлять микротрещины и очаги износа задолго до их критического развития.

Таким образом, надёжное техническое состояние дизеля тепловоза ТЭМ7 остаётся фундаментом безопасной эксплуатационной деятельности в условиях крупного металлургического предприятия.

Исправный двигатель гарантирует эффективность тяги и торможения, стабильную работу систем управления, соблюдение заданных экологических норм и снижение вероятности возгораний. Своевременная диагностика, грамотная организация ремонтных процессов и повышение уровня компетенций локомотивных бригад являются лучшей гарантией от аварийных ситуаций и позволяют поддерживать высокий уровень промышленной безопасности, одновременно повышая производительность и снижая объёмы незапланированных простоев подвижного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Muratov A. V., Lyashenko V. V., Petukhov S. A. QMS as Tool for Improving Maintenance and Repair Processes of Traction Rolling Stock // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019). Sochi, Russia. Switzerland AG: Springer International Publishing, 2020. P. 411–418. DOI 10.1007/978-3-030-22063-1_44. EDN UHQQHE.
- 2 Муратов А. В., Ляшенко В. В. Изнашивание деталей транспортных дизелей и способы его снижения // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 5 (83). С. 77–82. EDN JGLLMZ.
- 3 Носырев Д. Я., Муратов А. В., Петухов С. А. Основные направления повышения эффективности использования тепловозов // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов : материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Омск: ОмГУПС, 2012. С. 287–291. EDN WMGHNT.

УДК 656.34

СЦЕПЛЕНИЕ КОЛЁСНЫХ ПАР ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С РЕЛЬСОМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

В. В. Ляшенко, С. М. Николаев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Сцепление колёсных пар локомотива с рельсом, является одной из важнейших проблем железнодорожного транспорта, возникшей ещё с появлением первых паровозов. Данный параметр, оказывает существенное влияние на основные вопросы, изучаемые теорией тяги поездов: безопасность движения, соблюдение графика и экономичность работы.

Факторы, которые имеют влияние на адгезию (сила сцепления) колеса с рельсом, мы можем разделить на три группы (рис. 1): внутренние, внешние и зависящие от локомотивной бригады [1, 2].

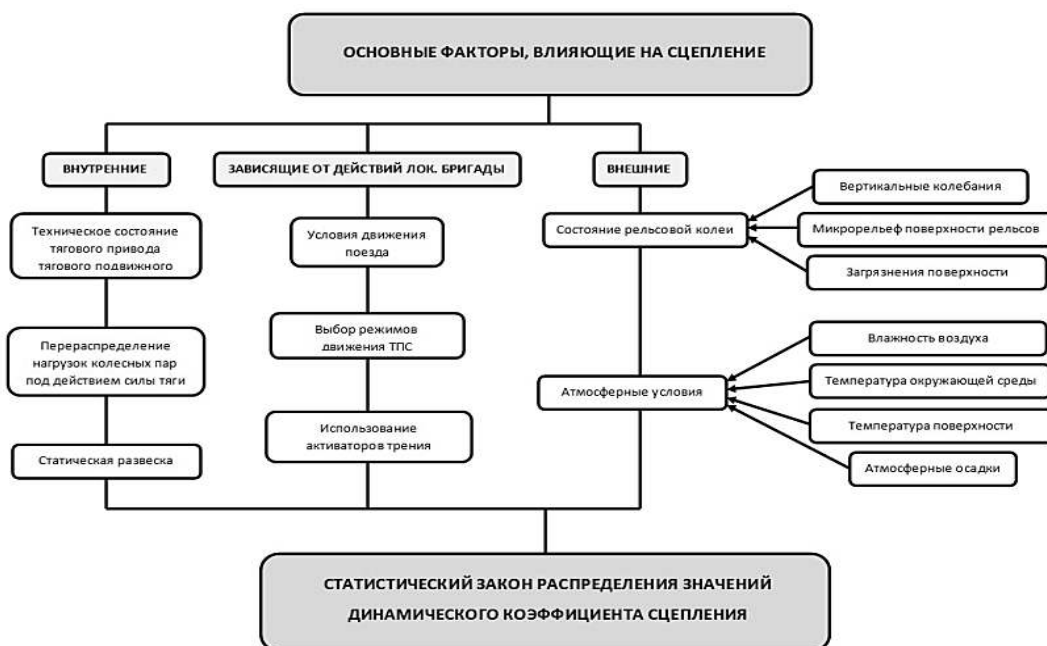


Рис. 1. Основные факторы, влияющие на сцепление колёсной пары с рельсом

Для работы колёсной пары без буксования, необходимо соблюдать следующее условие:

$$Fk \leq 1000 \cdot m_{\text{л}} \cdot g \cdot \psi,$$

где Fk – касательная сила тяги локомотива, Н,
 $m_{\text{л}} \cdot g$ – сцепной вес локомотива, кН,
 ψ – коэффициент сцепления.

Коэффициент сцепления (ψ) в свою очередь зависит от ряда факторов: состояние поверхности рельса, нагрузки, внешних факторов и т.д. Даже наличие простых листьев на рельсе, оказывает негативное влияние на тягу, что в свою очередь ведёт к денежным потерям.

Климатические условия оказывают большое влияние на адгезию, из-за изменения состояния зоны контакта «колесо–рельс». В сухих условиях при высокой влажности (> 60 %) сцепление становится лучше, но при наличии осадков ψ снижается, так как создаётся водяная плёнка. Это называется «третьи тела» (вода, пыль, масло, листья и т.д.), они вызывают потерю трения [3, 4].

Как видно из таблицы, при наличии третьих тел, адгезия становится заметно хуже, даже при подаче песка.

Таблица

Коэффициент сцепления в разных условиях контакта колеса с рельсом

Условия контакта колеса с рельсом	Номинальное значение коэф-фициента сцепления $f_{\text{кр}}$	Математическое ожидание ко-эффициента сцепления $M[f_{\text{к}}]$	Значение коэффициента сцепления, соответствующие од-носторонней доверительной вероятности 0.95 $F_{\text{рк}}=0.95$
Сухой чистый рельс с подачей песка	0,36	0,267	0,247
Сухой обезжиренный рельс	0,36	0,248	0,231
Сухой чистый рельс	0,36	0,222	0,206
Мокрый рельс с подачей песка	0,36	0,198	0,185
Чистый рельс, политый водой	0,36	0,110	0,101
Рельс, покрытый тонким слоем загрязнений	0,36	0,074	0,069

Температура, как и влажность, также имеет неоднозначное влияние на адгезию. При низких температурах (от -40°C до 0°C) сцепление в сухих условиях улучшается, ψ становится выше, чем при комнатной температуре, из-за изменения окисления. Однако, при наличии третьих тел, эффект меняется. С водой ψ падает до низких значений, восстановление адгезии затягивается. С другой стороны, при высоких температурах, с водяной плёнкой на рельсе, адгезия показывает более хорошие результаты чем при низких температурах, благодаря испарению воды. Проще говоря, высокая температура для нас, более предпочтительна во влажном климате, а низкие в сухом. На рис.2, представлена зависимость адгезии при одинаковой влажности (99 %) и при разных температурах.

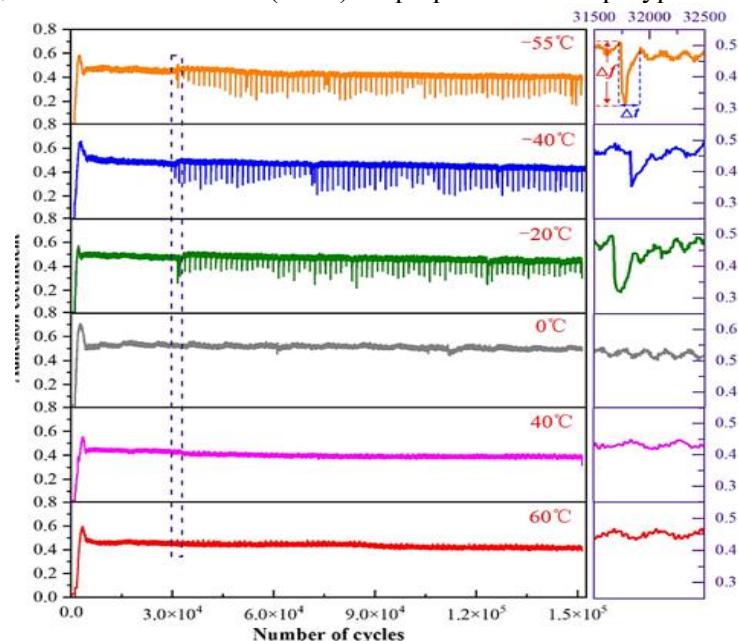


Рис. 2. Коэффициент адгезии при относительной влажности 99 % и различных температурах.

В конечном счёте, все эти факторы приводят к значительным проблемам. Во-первых, возникает буксование колёсной пары, что не только снижает скорость разгона, но и может привести к перегреву и по-

вреждению механизмов. Во-вторых, увеличивается тормозной путь, вплоть до 30 %, что особенно опасно на спусках или в плохую погоду. В-третьих, страдают сами колёсные пары, которые являются одним из самых главных составляющих локомотивного комплекса. Скольжение деформирует металл, что в свою очередь, влияет на качество и безопасность движения, из-за увеличения вибрации, шума и появления иных дефектов. А также, это приводит к более ранней необходимости в ремонте или замене деталей колёсной пары [5].

К сожалению, мы не в состоянии контролировать погоду, делать её такой, какой хотим, поэтому единственное что нам остаётся, это приспособливаться. Первым и до сих пор самым эффективным, и экономически выгодным способом повышения сцепления является песок, который уже не раз упоминался. Сухой кварцевый песок, подаваемый на место контакта колеса с рельсом, разрушает грязевые плёнки, а его твёрдые абразивные частицы внедряются в контактирующие поверхности колеса с рельсом, значительно увеличивая адгезию [6]. Весь тяговый подвижной состав РЖД, оборудован устройствами пескоподачи с пневматическими форсунками.

Однако, данный способ не идеален. Песок повышает износ головок рельсов и бандажей колёсных пар, загрязняет путевой балласт, и имеет малую эффективность при больших количествах. А также требует денежных затрат на покупку, транспортировку, подготовку и заправку его в песочные бункеры.

Поэтому научные работы по повышению сцепления колеса с рельсом продолжают. В России активно работают над улучшениями пескоподачи, например: адаптивные системы, которые подают песок только при необходимости, с минимальным расходом. Есть патенты на импульсную подачу, контроль потока и т. д.

Но также, ведутся и другие методы, по повышению адгезии. Например «лазерная очистка рельсового пути». Были проведены эксперименты по очистке рельса от органических и неорганических загрязнений. По результатам проведённых экспериментов были сделаны выводы, что лазерная очистка средней мощности до 50 Вт способна эффективно удалять загрязнения различных типов. При этом, тепловое воздействие лазерной очистки, не оказывало существенного влияния на материал рельса.

Как мы видим, данная проблема является достаточно важной и обсуждаемой. Сцепление колеса с рельсом оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели работы железной дороги, поэтому решение данной проблемы, является одной из задач теории тяги поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Трибологическое взаимодействие колеса с рельсом : монография / А. М. Керопян, А. Ю. Албагачиев, М. Е. Ставровский, М. И. Сидоров. Старый Оскол : ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2025. 268 с. ISBN 978-5-94178-884-2. EDN VMVHHO.
- 2 Гозбенко В. Е., Б. Тувшинтур Анализ износа гребней колесных пар грузовых вагонов // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2015. Т. 2. С. 377–384. EDN UNWKWR.
- 3 Петракова А. Г. Влияние различных факторов на эксплуатационный ресурс цельнокатаных колес грузовых вагонов // Междисциплинарность научных исследований как фактор инновационного развития : сборник статей Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 19 апреля 2020 года. Уфа: ООО «ОМЕГА САЙНС», 2020. С. 82–84. EDN ZPJFFB.
- 4 Волков И. В. Прогнозирование износа бандажей колесных пар локомотивов // Вопросы конструкции, динамики, надежности и технической диагностики систем подвижного состава : межвузовский сборник научных трудов / МПС СССР, Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону : РГУПС, 2000. С. 3–7. EDN WEVKCZ.
- 5 Буйносов А. П., Тихонов В. А. Результаты применения триботехнического состава для уменьшения износа гребней колесных пар электроподвижного состава // Вестник Всероссийского научно-исследовательского и проектно-конструкторского института электровозостроения. 2011. № 2. С. 114–125. EDN OIZDWH.
- 6 Буйносов А. П. Методы повышения ресурса колесных пар тягового подвижного состава : монография. Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2010. 224 с. ISBN 978-5-9994-0038-3. EDN RYRPAB.

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ ПЕРЕНОСНЫХ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ НОСИМОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ВАГОННОГО ДЕПО

Т. П. Осипова, А. Н. Шмойлов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железная дорога представляет собой сложную организационно–технологическую систему с ра, требующая особой внимательности. Проблема безопасности на железной дороге и на эксплуатационных вагонных депо является актуальной задачей в наше время. По статистике предоставленной компанией ОАО «РЖД» в 2024 году из-за неосторожностей и невнимательности 1677 человек получили травмы различных тяжестей, 1180 из них погибли (в их число входит 87 детей).

На рисунке 1 приведена статистика данных по происшествиям с пострадавшими на предприятиях ОАО «РЖД» по годам.

С 2006 по 2020 г. наблюдалась тенденция снижения числа ежегодных серьезных происшествий. Отмечено, что в последующие годы наблюдается преобладание числа происшествий с серьезными последствиями для здоровья работников. (рисунок 1а). Отмечены различные статистики данных по происшествиям и пострадавшим в 2023 г. Так, при росте числа происшествий отмечено уменьшение числа пострадавших по сравнению с 2022 г. (рисунок 1б). Последствия отдельных происшествий приводят к тяжелым последствиям, нередко приводящим к смертельным исходам [1].

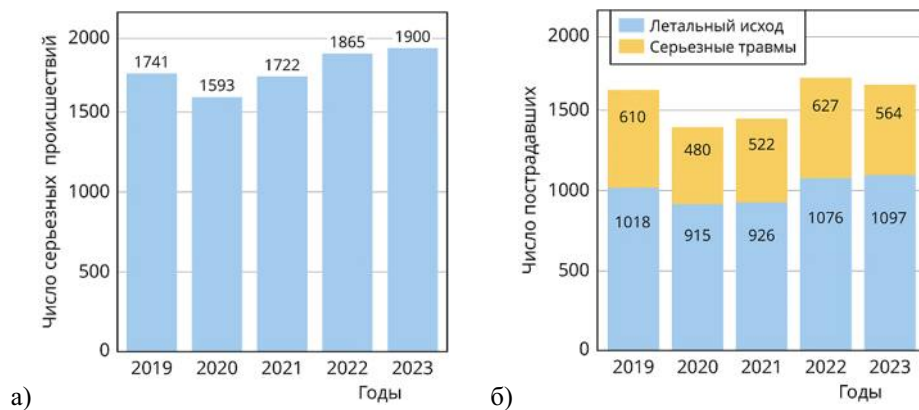


Рис. 1. Статистика происшествий на предприятиях железной отрасли: а) динамика числа серьезных происшествий на железных дорогах с 2019 по 2023 г.; б) число пострадавших в серьезных происшествиях на железных дорогах в 2019 – 2023 гг.

В рамках данной работы была рассмотрена идея обеспечения безопасности работников эксплуатационного вагонного депо с помощью сигнализатора неподвижного состояния работника и датчика его местоположения.

Перечисленные элементы предлагается внедрить в переносные цифровые устройства носимой электроники, представляющие собой мобильные рабочие места для работников эксплуатационного вагонного депо, которые смогут выполнять. Данные переносные устройства для работников могут быть реализованы на любом современном переносном вычислительном устройстве.

Сигнализатор неподвижного состояния представляет собой устройство, который создает сигнал тревоги при фиксации отсутствия движения у работника, что может указывать на потенциальную угрозу его жизни и здоровью. Данные сигнализаторы предполагается крепить к элементам рабочей одежды или индивидуального снаряжения персонала. GPS–трекер, в свою очередь, обеспечивает определение географических координат местоположения сотрудника посредством спутниковой навигации.

Предлагаемая концепция предусматривает геозонирование (технология устанавливающая виртуальные границы на карте и позволяет настраивать оповещения о тех или иных событиях внутри этих границ) территории эксплуатационного вагонного депо на три зоны безопасности: красную, желтую и зеленую. Красная зона определяется как пространство, находящееся непосредственно в пределах железнодорожной дороги. Желтая зона располагается на расстоянии 30–50 см от крайнего рельса. Зеленая зона занимает территорию в радиусе 1–1,5 метров от рельсовой колеи [2, 3].

Алгоритм функционирования системы безопасности для работников эксплуатационного вагонного депо строится следующим образом: в случае обнаружения сотрудника в красной зоне в течение 1–2 минут, система генерирует предварительное уведомление. Если данное условие сохраняется, активируется сигнализатор неподвижности, который анализирует состояние работника в течение 30–45 секунд. При одновременном нахождении сотрудника в красной зоне и фиксации его неподвижного состояния сигнализатором инициируется сигнал тревоги. Сигнал тревоги передается в диспетчерский пункт станции в виде уведомления, а также сопровождается звуковым оповещением, предназначенным для привлечения внимания окружающих. Предлагаемая система позволит повысить на 15 % эффективность выполнения работниками вагонного депо технологических процессов за счет большей вовлеченности и ответственности и уменьшит на 12 % риски получения травм на территории эксплуатационного вагонного депо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Отчет МСЖД 2024: статистика происшествий на железных дорогах. URL: <https://zdmira.com/articles/otchet-mszhd-2024-statistika-proisshествij-na-zheleznykh-dorogakh> (дата обращения 18.10.2025)
- 2 Велиулаева Н.С. Повышение безопасности труда на железнодорожном транспорте за счет уменьшения влияния человеческого фактора // Bonum Initium. 2021. № 13 (21). С. 85–91.
- 3 Яньшина И.В. Оценка надежности организационно-технологических процессов инфраструктурных объектов железнодорожного транспорта // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2021. № 3 (58). С. 60–70.

УДК 629.465

МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ С СОКРАЩЕНИЕМ ВЛИЯНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

Осипова Т. П., Жебанов А. В.

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Для поддержания эффективной работы и повышения надежности, долговечности грузовых вагонов, производят необходимые технические осмотры и ремонты. Они позволяют избежать возможных аварий поездов (к примеру, сход с рельс подвижного состава) и своевременно узнать о возможных неисправностях. Для сохранения работоспособности грузовых вагонов используются 2 основных вида ремонта – капитальный и деповской. Капитальный ремонт и деповской ремонт производится на специализированных вагоноремонтных предприятиях. При капитальном ремонте выполняется восстановление исправности полного или близкого к полному восстановлению ресурса грузового вагона с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые, а при деповском ремонте выполняется восстановление неисправности и не полное восстановление ресурса грузового вагона с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния составных частей [1].

Между плановыми видами ремонта производят техническое обслуживание грузовых вагонов для контроля исправного состояния при эксплуатации. Используемые инструменты, оборудование, программное обеспечение при техническом обслуживании грузовых вагонов в условиях эксплуатации довольно устаревшее и требует усовершенствования. Из-за недостаточно оперативно представленных данных и неполного их содержания не всегда возможно установить первопричину появления неисправности, как вариант перешедшей в отказ деталей или узлов грузового вагона. Добавляет сложность в этот процесс появление нестандартных ситуаций и выявление не типичных неисправностей грузовых вагонов или их следствий [2]. Не хватка информации при определении дефектов во время технического обслуживания грузовых вагонов связана с отсутствием уточнений при составлении перечня проводимых работ в отчетные документы, находящиеся на пункте технического обслуживания (далее ПТО). Особенно невозможно отследить на жизненном цикле между плановыми видами ремонта все замененные детали при проведении безотцепочного ремонта, не всегда указывается заменена комплектующих деталей на конкретный вагон или данные есть только на бумажном носителе. При таком подходе в некоторых случаях нельзя сделать конкретные выводы почему произошло разрушение или отследить хронологию его появления [3].

Замена устаревших и уже неэффективных процессов управления системой железнодорожным транспортом, безусловно, является ключевым элементом общей цифровизации в рамках проектов развития компании «РЖД». Цифровая трансформация железной дороги, которая в последнее время

находится в стадии интеграции, представляет собой внедрение передовых, инновационных технологий в организацию. Эти мероприятия позволяют значительно автоматизировать и оптимизировать управление железнодорожным транспортом, конкретно вагонным хозяйством. Все это, способствует повышению общего уровня эффективности и безопасности перевозочного процесса.

Основная часть. Далее рассмотрим вопросы, связанные с оптимизацией технического обслуживания грузовых вагонов с помощью внедрения в работу новейших цифровых технологий. В качестве предлагаемой идеи опишем взаимодействие системы, основанной на применении RFID-метки, технологического планшета и искусственного интеллекта.

RFID-метка представляет собой электронное устройство для беспроводной идентификации и обмена данными с использованием радиочастотных сигналов. Характеристики оборудования включают устойчивость к разнообразным климатическим факторам, высокий класс пыле-влагозащищённости и способность функционировать в условиях повышенной вибрации. Благодаря эффективной интеграции в существующую IT-инфраструктуру, RFID-решения являются неотъемлемым компонентом современных информационных технологий, применяемых на железнодорожном транспорте [4, 5].

Устройство с системами радиочастотной идентификации RFID будет интегрирована в систему для формирования различных отчетно-учетных форм (ВУ–23М, ВУ–36М и др.). Вся общая программа будет находиться в техническом планшете. В процессе работы сотрудник сканирует метку и вносит всю актуальную информацию по данному вагону. Для оптимизации работы в системе уже составлен перечень данных, которые в процессе работы необходимо будет лишь выбрать. В случае если произошла замена детали или ситуация, которая связана с эксплуатационными неисправностями, это вносится в отдельную графу. Вся эта общая система несет в себе ключевую информацию о грузовом вагоне (дата начала эксплуатации, последние ремонты, замена всех деталей) [7, 8]. После внесения информации, система автоматически формирует необходимые формы уведомления в зависимости от потребностей. По окончании при помощи цифрового помощника (искусственного интеллекта) составляется отчет о проделанной работе, пополняется база данных и проводится анализ состояния грузового вагона на всем протяжении жизненного цикла с проверкой предотказного состояния каких-либо узлов. Если система выявляет информацию о неоднократном ремонте или замене составляющей детали, крепежных элементов при техническом обслуживании, то она распознает этот грузовой вагон как потенциально опасный для безопасности движения. Вагон попадает в зону риска и следует до ближайшего ПТО с информацией о обязательном тщательном контроле определенного узла. При подходе на ПТО осмотрщики–ремонтники встречают поезд «сходу» и уделяют особое внимание заявленному вагону, также как и при последующем техническом обслуживании. Если выявляются дополнительные неисправности они должны быть устранены, а при не выявлении вводится в систему информация о адекватности работы узла или детали, при этом грузовой вагон удаётся из перечня вагонов, находящихся в зоне риска.

Выводы. Проведя анализ можно сделать вывод, что техническое обслуживание грузовых вагонов сталкивается с рядом проблем. Нехватка информации, затрудненность в отслеживании жизненного цикла деталей, отсутствие четких критериев при составлении отчетной документации. Замена неэффективных процессов на новые цифровые технологии позволит оптимизировать работу и сделать ее более качественной. Предлагаемый подход, основанный на внедрении системы RFID в совокупности с искусственным интеллектом и технологического планшета при организации работы по техническому обслуживанию улучшает этот производственный процесс. Система RFID позволит благодаря своей устойчивости к внешним воздействием быть доступным источником данных, а искусственный интеллект сможет выявлять скрытые закономерности и прогнозировать возможные неисправности. Реализация описываемой технологии позволит повысить уровень безопасности, сократить простой вагонов под различными операциями и оптимизировать эффективность работы вагонного парка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Воеводина С. П., Жебанов А. В. Новый подход к организации ремонта вагонов, основанный на текущем техническом состоянии // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики : Материалы III Международной научно-методической конференции, посвященной 50-летию Самарского государственного университета путей сообщения, Самара, 21–22 марта 2023 года. Оренбург: ОриПС – филиала СамГУПС, 2023. С. 17–20.
- 2 Жебанов А. В., Печенкина Ю. А. Оптимизация осмотра грузовых вагонов на пунктах технического обслуживания при использовании возможностей искусственного интеллекта // Актуальные проблемы современного транспорта. 2024. № 4(18). С. 27–36.
- 3 Воеводина С. П. Влияние цифровых технологий на потенциал эксплуатации подвижного состава // Молодежная наука : Труды XXVII Всероссийской студенческой научно-практической конференции КриЖТ ИрГУПС, Красноярск, 20 апреля 2023 года. Том 2. Красноярск: Красноярский институт железнодорожного транспорта – филиал ИрГУПС, 2023. С. 168–172.

- 4 Печенкин Ю. А., Жебанов А. В. Формирование базы данных с целью создания цифрового двойника грузового вагона при его эксплуатации // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и использования : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 10–11 апреля 2025 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2025. С. 519–521.
- 5 Протасова А. Д., Жебанов А. В. Цифровая маркировка, как инструмент контроля жизненного цикла деталей узлов и вагонов // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития : материалы VI Международной научно-исследовательской конференции, посвященной 50-летию Самарского государственного университета путей сообщения, Самара–Оренбург, 18–19 апреля 2023 года. Самара–Оренбург: ОрИПС – филиал СамГУПС в г. Оренбург, 2023. С. 195–199.
- 6 Жебанов А. В., Воеводина С. П. Контроль стадии ремонта в жизненном цикле деталей и узлов грузовых вагонов на базе вагоноремонтного предприятия // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте : труды XXVII Всероссийской научно-практической конференции КРИЖТ ИрГУПС, Красноярск, 03 ноября 2023 года. Красноярск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 75–80.
- 7 Воеводина С. П., Жебанов А. В. Применения технологии искусственного интеллекта для повышения качества технического обслуживания вагонов в эксплуатации // Молодежная наука в XXI веке: традиции, инновации, векторы развития: материалы VI Международной научно-исследовательской конференции, посвященной 50-летию Самарского государственного университета путей сообщения, Самара–Оренбург, 18–19 апреля 2023 года. Самара–Оренбург: ОрИПС–филиал СамГУПС в г. Оренбург, 2023. С. 38–42.

УДК 62–932.4

РОЛЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В. Н. Панченко, А. В. Кирсанова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожный транспорт уделяет первостепенное внимание безопасности движения поездов. Ключевым фактором является своевременная диагностика и контроль технического состояния подвижного состава, как отдельных узлов, так и деталей. Для эффективного применения этих мер необходим тщательный анализ технических и метрологических характеристик используемого оборудования. Системы мониторинга, включающие технические средства и информационно-измерительные системы, позволяют непрерывно отслеживать параметры подвижного состава, обрабатывать полученные данные и оперативно принимать решения для обеспечения его безаварийной работы. Поддержание работоспособности подвижного состава, включая метрологическое обеспечение измерений, является важной частью производственной деятельности железнодорожного транспорта [1].

В дальнейшей перспективе, при переходе на обслуживание и ремонт подвижного состава по фактическому состоянию потребует достоверной информации о параметрах оборудования. Для этого необходимо внедрение систем мониторинга, включающих информационно–измерительные системы, микропроцессорную технику и автоматизированные рабочие места. Это позволит повысить показатели надежности и снизить эксплуатационные затраты [3].

Процесс мониторинга можно разделить на:

- внешний (телекоммуникационная передача данных) осуществляет дистанционный контроль параметров, движения и местоположения;
- внутренний (бортовой) обеспечивает сбор и обработку бортовой информации для управления подвижным составом.

Использование систем мониторинга позволяет перейти от профилактической диагностики к непрерывному контролю и анализу состояния, что обеспечивает своевременное устранение неисправностей и экономии ресурсов. При проектировании системы мониторинга необходимо определить межповерочные интервалы для измерительных приборов. Статистический метод расчета этих интервалов позволяет определить погрешности контроля на основе заданных характеристик измерительных приборов [2].

Рассмотрим статистический метод расчета межповерочных интервалов, позволяющий определять погрешности контроля первого и второго рода на основе имеющихся у разработчика системы исходных данных в виде заданных интервалов погрешностей средств измерений.

Предполагаем, что погрешность совокупности однотипных средств измерений является случайной функцией времени, а погрешности являются ее реализациями. Поэтому проверку средств измерений с точки зрения статистической теории принятия решений можно рассматривать как проверку

сложной гипотезы. Согласно данному подходу качество проверки характеризуется средним риском, выражение для которого при отсутствии потерь при правильных решениях имеет вид:

$$R = C_1 P_{fr} + C_2 P_{uf},$$

где P_{fr} и P_{ur} – вероятности ложного и необнаруженного отказа;

C_1 и C_2 – соответственно потери от ошибочных и необнаруженных отказов.

В результате расчетов статистическим методом можно построить график (рис.), позволяющий определить зависимость среднего риска поверки от соотношения потерь при ошибочных и необнаруженных отказах для различных значений максимального межповерочного интервала, и зависимость отношения величины допуска оптимального контроля к оценке погрешности.

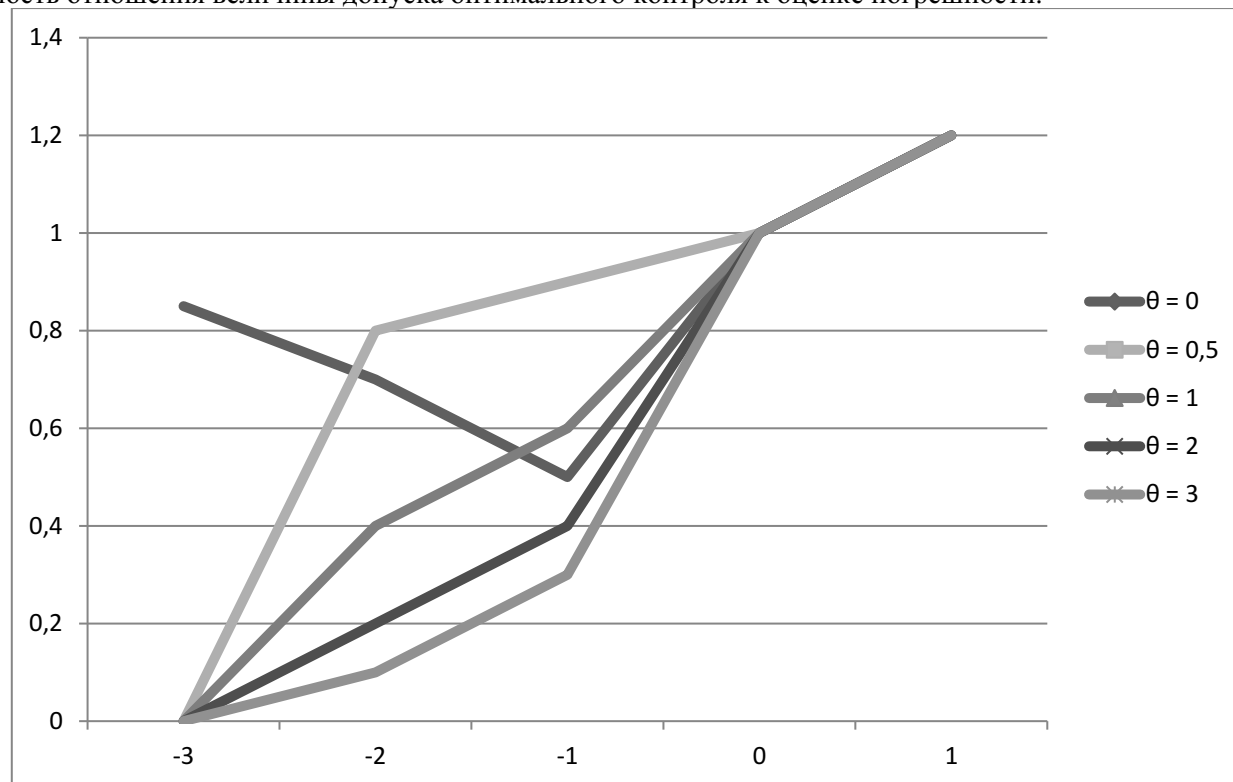


Рис. Зависимость среднего риска поверки от соотношения потерь при ошибочных и необнаруженных отказах

Метрологический метод контроля является фундаментом для эффективной системы диагностики и технического обслуживания подвижного состава, обеспечивающим его надежную и безопасную работу на протяжении всего жизненного цикла. Без точных и достоверных измерений невозможно обеспечить современный уровень безопасности и эффективности железнодорожного транспорта. Совершенствование метрологического обеспечения и внедрение новых методов контроля – это важнейшее направление развития отрасли. Для улучшения системы был применен статический метод расчета межповерочных интервалов, который позволяет, основываясь на имеющихся данных о допустимых погрешностях измерений, определить погрешности контроля, что даст возможность уменьшить межповерочный интервал.

Отказ от жесткого графика профилактических работ, не учитывающего реальное состояние оборудования, позволяет перейти к ремонту лишь тех компонентов и механизмов, которые в этом действительно нуждаются, исходя из результатов метрологических измерений. Такой подход дает возможность сократить расходы, связанные с заменой еще функционирующих деталей, и уменьшить время простоя оборудования [4].

Без точных и достоверных измерений невозможно обеспечить современный уровень безопасности и эффективности железнодорожного транспорта. Совершенствование метрологического обеспечения и внедрение новых методов контроля – это важнейшее направление развития отрасли. Для улучшения системы был применен статический метод расчета межповерочных интервалов, который позволяет, основываясь на имеющихся данных о допустимых погрешностях измерений, определить погрешности контроля, что даст возможность уменьшить межповерочный интервал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бараникова С. А., Кононенко Е. В. Метрологическое обеспечение на железнодорожном транспорте // Молодой ученый. 2016. № 12 (116). С. 35–40. URL: <https://moluch.ru/archive/116/31832/>

- 2 Федеральный закон от 26.06.2008 №102–ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об обеспечении единства измерений» [Электронный ресурс]. URL:<http://www.consultant.ru>
- 3 Панченко В. Н., Калиева С. Т., Иванов В. В. Анализ проблем, возникающих при реализации перехода на систему ремонта по техническому состоянию // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 1 (73). С. 17–22.
- 4 Панченко В. Н. Диагностика подвижного состава по косвенным признакам // Вестник транспорта Поволжья. 2024. № 6. С. 23–26.

УДК 656

ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

А. В. Петрова

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Городской пассажирский транспорт играет важнейшую роль как для населения, так и для экономики любого современного города. Его значимость заключается в доступности для людей быстро и удобно добираться до мест работы, учебы, медицинских учреждений, местам досуга и отдыха. Использование общественного транспорта как правило дешевле личного автомобиля, что позволяет экономить денежные средства на топливо, техническое обслуживание, страховку и парковку. Удобный и надежный городской транспорт стимулирует социальную активность, помогает людям поддерживать социальные контакты, посещать культурные и спортивные мероприятия, что в свою очередь, повышает качество жизни. Современный и развитый общественный транспорт снижает нагрузку на окружающую среду населенных пунктов, уменьшает выбросы вредных веществ в атмосферу и почву, улучшая экологическую обстановку в городах.

Городской пассажирский транспорт в стране развивается, этому в частности способствовали федеральный проект «Комплексная программа модернизации пассажирского транспорта в городских агломерациях» от 04.05.2020 г., национальный проект «Безопасные и качественные дороги», реализуемый с 2018 года, Федеральная программа комплексного развития городского электрического транспорта, запущенная в 2023 году и федеральный проект «Развитие общественного транспорта» в рамках нацпроекта «Инфраструктура для жизни», стартовавший с 01.01.2025 года.

Срок реализации комплексной программы модернизации пассажирского транспорта предусмотрен до 2030 года и включает в себя следующие направления повышения качества транспортного обслуживания населения городских агломераций:

1. Оптимальная маршрутная сеть, транспортная доступность (в том числе, улучшение пешеходной доступности остановок общественного транспорта, снижение уровня загрузки транспортных средств в пиковые часы; повышение скорости сообщения, обеспечение удобства для маломобильных пассажиров, с высокой точностью выполнение расписания движения по маршруту),
2. Доступные цены за проезд, удобные способы оплаты (наличие льготных тарифов, развитие бесконтактных способов оплаты проезда),
3. Современные, комфортные транспортные средства (в приоритете модели транспортных средств большой вместимости, с высоким уровнем безопасности и экологичности),
4. Безопасная и надежная инфраструктура (в том числе, организация выделенных полос движения общественного транспорта, приведение в нормативное состояние и развитие инфраструктуры городского наземного электрического транспорта).

Обновление подвижного состава городского пассажирского транспорта осуществляется благодаря реализации национального проекта «Безопасные и качественные дороги». В регионы поступают обновленные модели автобусов, троллейбусов, трамваев и электробусов, курсирующих по маршрутам. Так, в 2020 году в регионы России было поставлено 447 автобусов, 64 троллейбуса, в 2021 году – 275 автобусов, 104 троллейбуса, 13 трамваев, что на 73 % больше, чем в 2023 году, и в 19 раз больше поставок 2022 года [2: 1]. Данные за 2024 год представлены в таблице 1.

Таблица 1

Обновление городского пассажирского транспорта в России 2024 г.

(составлено автором на основе источника [2: 1])

Вид городского пассажирского транспорта	Обновлено в 2024 году	
	ед.	%
Автобусы	7300	94,5
Трамваи	230	3,0
Троллейбусы	145	1,9
Электробусы	46	0,6
Итого:	7721	100

Преобладание автобусов в программе обновления пассажирского транспорта в регионах и городских агломерациях не случайно, это связано с тем, что по сравнению с другими видами общественного транспорта автобус является самым востребованным ввиду ряда преимуществ, среди которых широкий территориальный охват, возможность использования различных маршрутов и схем движения [4: 1]. Согласно статистическим данным доля автобусов в городском сообщении составляет более 50 %, это почти 5,5 млрд перевезенных пассажиров за 2023 год (таблица 2).

Таблица 2

Перевозки пассажиров городским транспортом в России за 2020–2024 гг.

(составлено автором на основе источника [6: 59,62])

Перевезено пассажиров, млн.чел	2020	2021	2022	2023	Доля в 2023, %	Прирост 2023/2020, %
Автобусами (городское сообщение)	4158,3	4632,8	4989	5493	53,0	32,1
Трамваями	889	992	999	994	9,6	11,8
Троллейбусами	760	808	831	857	8,3	12,8
Метрополитеном	2189	2680	2898	3023	29,2	38,1

Анализ количества перевезенных пассажиров городским транспортом в России в период с 2020 по 2023 гг. демонстрирует положительную динамику по всем видам транспорта. Наибольший прирост наблюдается у метрополитена 38,1 % при занимаемой доли 29,2 %, значительный темп прироста у автобусов (+32,1 %). Менее 10 % в структуре пассажирских перевозок занимают трамваи (9,6 %) и троллейбусы (8,3 %), несмотря на это обстоятельство, здесь так же отмечен прирост на 11,8 % и 12,8 % соответственно.

В развитии городского пассажирского транспорта наметилось несколько тенденций, способствующих реализации национальных проектов и повышению привлекательности общественного транспорта для пассажиров, среди которых можно выделить следующие:

1. Обновление транспортных средств: вывод на маршруты городского пассажирского транспорта новых и обновленных моделей, отвечающих более высоким требованиям безопасности проезда, большей вместимости, комфортности поездки, экологичности. К 2030 году планируется привести к нормативному состоянию не менее 85 % общественного транспорта в стране [1: 2].
2. Применение цифровых технологий с целью повышения эффективности управления пассажирскими перевозками, сокращения времени поездки и ожидания транспорта пассажирами, точности планирования маршрутов, мониторинга пассажиропотока, внедрения интеллектуальной транспортной системой для автоматизированного управления с учетом реальной ситуации на дороге [5: 2].
3. Приоритетное развитие электротранспорта: вывод на маршруты электробусов, расширение инфраструктуры трамвайных путей, депо, тяговых подстанций. Все это существенно снижает негативное воздействие на окружающую среду.
4. Интеграция различных видов транспорта связана с оптимизацией процессов планирования маршрутов и поездок, снижением заторов на проезжей части, повышением мобильности пассажиров, созданием удобных и доступных транспортных узлов в городах и городских агломерациях.

Таким образом комплексный подход к решению транспортных задач в сфере пассажирских перевозок значительно повысит эффективность его использования и сделает более востребованным среди пассажиров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автобусы или трамваи: как обновится общественный транспорт в российских регионах к 2030 году [Электронный ресурс]. URL: <https://mintrans.gov.ru/press-center/branch-news/6455>

- 2 До 2030 года регионы обновят более 40 тысяч единиц общественного транспорта [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2025/04/16/obshchestvennyj-transport-vyvedut-na-dostojnyj-uroven.html>
- 3 Ток теряет силу [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7535949>
- 4 Петрова А. В. Анализ показателей городского пассажирского транспорта в Екатеринбурге // Теория и практика современной науки : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции Сахалинского института железнодорожного транспорта – филиала ДвГУПС в г. Южно-Сахалинске, Новокузнецк, 22 ноября 2024 года. Новокузнецк: Знание-М, 2024. С. 62–65. EDN OIAJZO.
- 5 Петрова А. В. Формирование интеллектуальной транспортной системы в городских агломерациях // Железнодорожный транспорт и технологии : сборник трудов Международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 29–30 ноября 2023 года. Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2024. С. 314–316. EDN SHTWCG.
- 6 Статистический сборник «Транспорт России 2024» [Электронный ресурс]. URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1760516373&tld=ru&lang=ru&name=Transport_2024.pdf

УДК 629.47

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПУНКТА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

Ю. А. Печенкина, С. В. Коркина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Исправность парка грузовых вагонов является главной составляющей в обеспечении бесперебойной доставки грузов по всей стране. От состояния парка во многом зависит уровень безопасности движения, технологическая и экономическая эффективность эксплуатации вагонов. Технический персонал ремонтных и эксплуатационных депо обязан гарантировать собственникам строгое соблюдение правил осуществления погрузочно-разгрузочных операций, которые установлены нормативной документацией. Именно эти работы напрямую влияют на сохранность груза в процессе его перевозки.

Передача и прием единиц подвижного состава осуществляются на специальных участках – пунктах технической передачи (ПТП) вагонов, оснащенных специализированными техническими средствами, предназначенными для осуществления осмотра и диагностики грузовых вагонов. Они представляют собой одно из наиболее ключевых составляющих в системе железнодорожных перевозок. ПТП обеспечивает контроль исправности состояния грузовых вагонов в момент их передачи между двумя подразделениями, позволяя выявить неисправные или неукomплектованные единицы и предъявить претензии виновникам возникновения дефекта. Помимо этого, на ПТП реализуется техническое обслуживание вагонов. Его корректная работа напрямую влияет на надежность и безопасность грузоперевозок. ПТП позволяет своевременно обнаружить дефекты и неисправности, препятствующие безотказному прохождению вагоном заданного пути.

Основная часть. Работа ПТП регламентирована руководящими документами: «Комплект документов на типовой технологический процесс работы пункта технической передачи вагонов в составе ПТО станции и контроля за сохранностью вагонного парка (ТК–296) [1] и «Положением об организации работы пунктов технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов на инфраструктуре ОАО «РЖД» [2].

ПТП входят в состав ПТО станции, а их работа организуется по нескольким возможным вариантам: на территории подъездных путей промышленного предприятия или же на станциях примыкания путей общего пользования непосредственно к предприятию; на ближайшей станции к месту примыкания, непосредственно на участках предприятий, на которых осуществляются мероприятия по погрузке и разгрузке перевозимых материалов. Наиболее подходящий вариант определяется с учетом строительных норм, расчетного объема работ, называемого вагонооборотом, и путевого развития. Для каждого ПТО размещение ПТП должно быть определено исходя из непосредственно его особенностей.

Для оперативного обмена информацией на ПТП организована система взаимодействия с другими производственными подразделениями, что позволяет, при необходимости, незамедлительно направить неисправные вагоны в ремонт.

Непосредственно процесс передачи вагонов состоит из нескольких основных этапов, включающих прием вагонов, их визуальный осмотр, поиск дефектов деталей и узлов с использованием средств технической диагностики и оформление документации соответствующих форм. Визуальный осмотр представляет собой выявление внешних дефектов, повреждений, износа кузова, дверей, ходовых частей и других элементов и узлов вагона. Техническая диагностика состоит из проверки работо-

способности тормозного оборудования, состояния буксовых узлов, а также измерения геометрических параметров колёсных пар с использованием специализированных шаблонов. Все параметры, определяющие техническое состояние деталей и узлов грузового вагона, должны контролироваться в обязательном порядке. Кроме того, контролю должны подвергаться характеристики груза, правильность его крепления и размещения относительно вагона.

В случае обнаружения неисправностей, которые могут повлиять на безопасность движения и сохранность груза в процессе перевозки, вагон направляется в ремонт с целью предотвращения аварийных ситуаций в пути следования [1].

Процесс технической передачи вагонов на ПТП в обязательном порядке сопровождается оформлением документации соответствующей формы, где фиксируются данные о состоянии вагона, результатах проведенной диагностики и, при необходимости, выявленных неисправностях.

На сегодняшний день всё ещё сохраняется высокой вероятностью допуска в эксплуатацию вагонов, получивших неисправности в ходе погрузки или разгрузки. Соответственно, чем активнее вагон эксплуатируется, тем выше риск использования неисправных подвижных единиц в перевозочном процессе. После проведения погрузочно-разгрузочных работ наибольшая часть неисправностей приходится на кузов, раму вагона, двери и люки. Причиной их возникновения является нарушение правил осуществления технологического процесса погрузочно-разгрузочных работ. Для предотвращения попадания на инфраструктуру неисправных вагонов, повышенное внимание уделяется, по большей части элементам кузова. На ПТП производится контроль габаритов, карнизов крыш крытых вагонов, крепления крыши и направляющих дверей, стоек, раскосов, дверных запоров, состояния обшивки, дверей, наличия уширений кузова, бортов и бортовых запоров платформ, наличия скоб лесных стоек, состояния полов вагонов, наличия крышек и состояния вагонов-хопперов, состояния лестниц цистерн, сдвига котлов, состояния подножек и поручней составителя полувагонов, положения и состояния фитинговых упоров платформы, наличия механизмов разгрузочных устройств и оборудования для подвески вибратора, состояния переходных мостиков крытых вагонов для автомобилей, наличия запорных крюков вагонов для нефтебитумена, наличия запорных устройств полувагонов и платформ, состояния запорных крышек сливных приборов цистерн, наличия крышек люков полувагонов, а также распознавание номеров вагонов [3, 4].

Важным фактором, влияющим на исправное состояние парка, выступает уровень профессионализма персонала, обслуживающего вагоны в ходе ремонта и погрузочно-разгрузочных работ. С их стороны необходимо проявлять достаточный уровень ответственности, дисциплинированности и показывать высокий уровень знания нормативно-технической документации, на основании которой осуществляется их работа. Ряд требований, выдвигаемый к работникам предприятий вагонного хозяйства, является причиной, по которой работа ПТП включает необходимость поиска и наказания виновных в допуске на инфраструктуру неисправного вагона [3–5].

Для решения указанной проблемы в работу ПТП могут быть внедрены элементы цифровизации производственных процессов, повсеместно применяемых на сегодняшний день на инфраструктуре ОАО «РЖД». На сегодняшний день данное направление развития является наиболее актуальным, согласно Стратегии цифровой трансформации железнодорожного транспорта (СЦТ–2025) [6,7]. Для повышения эффективности необходима модернизация технической базы, внедрение автоматизации процессов и обучение специалистов новым методам диагностики. Также перспективным направлением считается использование искусственного интеллекта для прогнозирования технических неисправностей и оптимизации ремонта [8, 9].

Заключение. ПТП играют ключевую роль в процессе доставки грузов из начальной точки в конечную. На них выполняется контроль технического состояния вагонов при передаче между подразделениями, включая визуальный осмотр, техническую диагностику тормозного оборудования, ходовых частей и геометрических параметров колесных пар. ПТП обеспечивают своевременное выявление дефектов и неисправностей, которые могут повлиять на безопасность движения и сохранность груза.

В работе ПТП важно безукоризненное соблюдение норм и правил, установленных нормативно-технической документацией. Главным недостатком ПТП является несовершенство его работы, вследствие чего на инфраструктуру могут быть допущены неисправные грузовые вагоны, что прямо влияет на уровень безопасности движения и сохранности груза в процессе его перевозки. Причинами возникновения дефектов считается недостаточное соблюдение норм выполнения технологических операций по погрузке и выгрузке перевозимого вещества из вагона. Зачастую, это связано с некачественной работой персонала производственных предприятий. Человеческий фактор оказывает высокое влияние на работу ПТП и вагонного хозяйства в целом.

Данная проблема может быть решена расширением и развитием процесса цифровизации производственных процессов, это облегчит работу сотрудников и улучшит качество перевозочного процесса в целом [10].

Этому вопросу необходимо уделять достаточное внимание, поскольку эффективная организация работы ПТП способствует повышению безопасности, сохранности грузов и технической исправности вагонного парка на железнодорожной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Комплект документов на типовой технологический процесс передачи вагонов в составе ПТО станции и контроля за сохранностью вагонного парка ТК–296. Технологическая инструкция. Утвержден Распоряжением ОАО «РЖД» от 12 февраля 2020 г. № 305 р [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71165256/>
- 2 Положение об организации работы пунктов технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов на инфраструктуре ОАО «РЖД» № 967–2022 ПКБ ЦВ. Утверждено Распоряжением ОАО «РЖД» № 2557/р от 4 октября 2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/352241675>
- 3 Лапшин В. Ф., Черепов О. В., Сорогин И. Г. Контроль сохранности вагонов на пунктах технической передачи // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2023. № 1(57). С. 83–89. DOI 10.20291/2079–0392–2023–1–83–89. EDN SCMDAO.
- 4 Оленцевич В. А., Гозбенко В. Е. Автоматизация выбора безопасного размещения и крепления груза на железнодорожном транспорте // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 2 (18). С. 59–63. EDN RTJHBV.
- 5 Зыков Ю. В., Сигилева Е. И. Совершенствование системы технического диагностирования грузовых вагонов в эксплуатации // Транспорт Урала. 2013. № 2(37). С. 15–19. EDN ONAOEI.
- 6 Шпетко А. В., Коркина С. В., Чепурченко И. В. Мониторинг и контроль технического состояния инфраструктуры железнодорожного транспорта с применением цифровых технологий // Приоритетные направления развития науки и технологий : доклады XXXII международной научно-практической конференции, Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Издательство «Инновационные технологии», 2023. С. 192–198. EDN LKBAKN.
- 7 Шпетко А. В., Коркина С. В., Чепурченко И. В. Цифровизация вагонного хозяйства и контроль технического состояния подвижного состава в эксплуатации // Транспорт и логистика: развитие в условиях глобальных изменений потоков : сборник научных трудов VII международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01–02 февраля 2023 года. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 422–426. EDN HDNBHY.
- 8 Краснова И. А., Шпетко А. В., Коркина С. В. Цифровая трансформация как неотъемлемая составляющая стратегии развития и повышения безопасности железнодорожного транспорта // Обеспечение безопасности движения как перспективное направление совершенствования транспортной инфраструктуры : материалы Международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 07 апреля 2022 года. Нижний Новгород: Филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде, 2022. С. 36–41. EDN DTCOIS.
- 9 Бурмистров Д. В., Коркина С. В., Шпетко А. В. Цифровая трансформация ремонтных предприятий. Проект «Умное депо» // Транспортная наука и инновации : Материалы международной научно-практической конференции, Самара, 01–02 июня 2023 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 16–19. EDN RLXGSH.
- 10 Внедрение цифровых технологий в процесс обработки подвижного состава на пункте технической передачи (ПТП) / А. А. Ключко [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 4 (112). С. 19–24. EDN KIMXSU.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПУНКТЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ

Ю. А. Печенкина, С. В. Коркина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Цифровизация представляет собой использование цифровых технологий с целью внесения изменений в технологические процессы. Среди главных целей её внедрения можно выделить автоматизацию и оптимизацию процессов, повышение качества предоставляемых услуг и открытие новых возможностей для роста и развития.

Понятие «цифровизация» является относительно молодым, однако с каждым годом оно набирает всю большую популярность среди предприятий ОАО «РЖД». Двигателем мировой экономики во второй половине XX и XXI веков были именно цифровые процессы. В этот период возник новый термин – «цифровая экономика». Сегодня существует множество трактовок, описывающих его, однако единого определения всё ещё не сложилось. Стратегия развития информационного общества Российской Федерации на 2017–2030 гг описывает цифровую экономику, как род хозяйственной деятельности, ключевым инструментом которой выступает информация в цифровом виде, обработка больших объемов данных. Анализ имеющейся информации, зашифрованной в цифровом виде, позволяет производить более глубокий анализ по сравнению с традиционными методами, что дает возможность повысить эффективность работы различных сфер деятельности человека.

Железнодорожный транспорт и транспортная отрасль в целом считается одной из наиболее динамично развивающихся областей экономики. Регулярное совершенствование технологических процессов и рост требований к их выполнению обусловлены высокой ориентацией на потребителя: его желания и ожидания к требуемой услуге. Компания ОАО «РЖД» последние годы активно применяет в своей деятельности цифровые технологии, обозначенные в принятой в 2019 году Советом директоров Стратегии цифровой трансформации компании. Она определяет:

- развитие цифровых сервисов, необходимых для совершенствования технологических и бизнес-процессов с целью удовлетворения потребностей Компании;
- подходы к цифровой трансформации во всех областях деятельности Компании;
- список проектов и возможные результаты, которые будут получены в ходе их реализации;
- компетенции сотрудников, необходимые для реализации Стратегии;
- объемы инвестиций на реализацию Стратегии.

Основная часть. При использовании цифровых технологий на железнодорожном транспорте решаются различные проблемы в области эффективности грузо- и пассажироперевозок, безопасности, экологичности и клиентоориентированности. В вагонном хозяйстве с помощью цифровизации решаются проблемы, связанные с мониторингом, диагностикой, планированием, ремонтом.

Помимо перечисленных проблем, цифровые технологии также могут решить проблему контроля за техническим и коммерческим состоянием грузовых вагонов, выявления неисправностей, возникающих в ходе погрузки и разгрузки, и приведение вагонов в надлежащее состояние для дальнейшей эксплуатации.

Эти работы производятся на специализированных участках в составе пункта технического обслуживания (ПТО) – пунктах технического обслуживания (ПТП). Цифровизация ПТП, в первую очередь необходима для повышения качества его работы, в частности, основной целью является недопуск на железнодорожную сеть неисправных грузовых вагонов. Для достижения максимальной безопасности движения и сохранности груза в ходе перевозок необходим регулярный контроль всех тех параметров, которые характеризуют исправное состояние элементов вагона, а кроме того, важно обращать внимание на особенности груза, его крепление к вагону, а также корректность размещения согласно правилам, установленным РД «Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах» (утв. МПС РФ 27.05.2003 N ЦМ–943) (с изм. от 23.10.2017).

Цифровизация ПТП – один из наиболее возможных способов повышения эффективности и надежности его работы. Внедрение современных цифровых технологий позволит существенно оптимизировать контроль технического состояния и ТО грузовых вагонов по сравнению с устоявшимися традиционными методами. Инструменты цифровой экономики (таблица) в ходе работы ПТП способны значительно повысить качество выполнения операций и снизить продолжительность простоев вагонов при погрузочно-разгрузочных работах и ТО.

Возможные инструменты цифровизации на ПТП

Инструмент	Описание	Эффект
Интернет вещей (IoT).	Установка датчиков на вагоне, которые постоянно собирают и обновляют информацию о состоянии элементов и узлов грузовых вагонов, после чего передают их в централизованную систему для автоматического анализа.	Проведение постоянного мониторинга в реальном времени, выявление неисправностей на самых ранних этапах их возникновения, а также до их проявления.
Системы видеоконтроля и обработки изображений.	Установка камер и специализированного программного обеспечения (ПО) с интегрированными системами, работающими на основе искусственного интеллекта, для автоматического обнаружения неисправностей, вызванных механическими повреждениями, контроль правил крепления и размещения груза.	Четкое следование правилам крепления груза в вагоне и его размещения. Повышенная эффективность выявления неисправностей, недопуск на инфраструктуру вагонов с дефектами.
Автоматизированные рабочие места (АРМ).	Использование специализированных программных платформ, интегрированных в единую систему электронного документооборота.	Более эффективное планирование ремонтных работ, управление очередями и использованием ресурсов, облегченное взаимодействие между различными подразделениями и упрощенный документооборот в целом.
Мобильные рабочие места.	Внедрение в работу мобильного рабочего места для линейных работников на основе, например, планшета или смартфона, с доступом к цифровому паспорту вагона, содержащему всю информацию о нем.	Сокращение времени на осмотр, диагностику и повышение точности и эффективности выполнения работ.

Заключение. Цифровизация позволяет оптимизировать организационные и технологические рабочие процессы на ПТП. Внедрение электронных сервисов оптимизирует ход документооборота в ОАО «РЖД», в том числе планирование ремонта, профилактических мероприятий, осмотров и т.д. В результате сокращаются издержки, простои, повышается пропускная способность станции и эффективность работы в целом. Также цифровые платформы позволяют вести продуктивное взаимодействие между различными подразделениями, что также увеличивает эффективность работы и дает возможность быстрого реагирования на выявленные неисправности.

Цифровизация ПТП способствует достижению одной из наиболее важных целей Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» – повышение качества работы, а именно недопуск неисправных вагонов на инфраструктуру, что оказывает прямое влияние на уровень безопасности доставки грузов и их сохранность в ходе перевозок. Применение новых цифровых средств позволяет осуществлять регулярный и четкий контроль технического состояния подвижного состава, что повышает качество перевозок, снижает риски аварий и возникновения неисправностей в ходе движения, а также способствует развитию транспортной инфраструктуры в условиях стремительно развивающейся политики в области внедрения и развития инструментов цифровой экономики в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Цифровые технологии в профессиональной деятельности. Учебно-методическое пособие: для обучающихся по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог специализации Грузовые вагоны / составители: С. В. Коркина, И. В. Чепурченко, А. Н. Балалаев/ Самара: СамГУПС, 2023. 225 с.
- 2 Комплект документов на типовой технологический процесс передачи вагонов в составе ПТО станции и контроля за сохранностью вагонного парка ТК–296. Технологическая инструкция. Утвержден Распоряжением ОАО «РЖД» от 12 февраля 2020 г. № 305р. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71165256/>
- 3 Положение об организации работы пунктов технического обслуживания грузовых и пассажирских вагонов на инфраструктуре ОАО «РЖД» № 967–2022 ПКБ ЦВ. Утверждено Распоряжением ОАО «РЖД» № 2557/р от 4 октября 2022 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/352241675>
- 4 Чиликина Д. П., Медникова О. В. Влияние процессов цифровизации экономики на деятельность железнодорожного транспорта в сфере вагонного хозяйства // Цифровая трансформация в экономике транспортно-го комплекса, МОСКВА, 20 декабря 2020 года. Москва: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА–М», 2021. С. 338–342. EDN KSOOPQ.

- 5 Лапшин В. Ф., Черепов О. В., Сорогин И. Г. Контроль сохранности вагонов на пунктах технической передачи // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2023. № 1(57). С. 83–89. DOI 10.20291/2079–0392–2023–1–83–89. EDN SCMDAO.
- 6 Оленцевич В. А., Гозбенко В. Е. Автоматизация выбора безопасного размещения и крепления груза на железнодорожном транспорте // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 2 (18). С. 59–63. EDN RTJHBV.
- 7 Зыков Ю. В., Сигилева Е. И. Совершенствование системы технического диагностирования грузовых вагонов в эксплуатации // Транспорт Урала. 2013. № 2(37). С. 15–19. EDN ONAOEI.
- 8 Шпетко А. В., Коркина С. В., Чепурченко И. В. Мониторинг и контроль технического состояния инфраструктуры железнодорожного транспорта с применением цифровых технологий // Приоритетные направления развития науки и технологий : доклады XXXII международной научно-практической конференции, Тула, 15 марта 2023 года / Под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Издательство «Инновационные технологии», 2023. С. 192–198. EDN LKBAKN.
- 9 Шпетко А. В., Коркина С. В., Чепурченко И. В. Цифровизация вагонного хозяйства и контроль технического состояния подвижного состава в эксплуатации // Транспорт и логистика: Развитие в условиях глобальных изменений потоков : сборник научных трудов VII международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01–02 февраля 2023 года. Ростов-на-Дону: РГУПС, 2023. С. 422–426. EDN HDNBHY.
- 10 Краснова И. А., Шпетко А. В., Коркина С. В. Цифровая трансформация как неотъемлемая составляющая стратегии развития и повышения безопасности железнодорожного транспорта // Обеспечение безопасности движения как перспективное направление совершенствования транспортной инфраструктуры : материалы международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 07 апреля 2022 года. Нижний Новгород: филиал СамГУПС в г. Нижнем Новгороде, 2022. С. 36–41. EDN DTCOIS.
- 11 Бурмистров Д. В., Коркина С. В., Шпетко А. В. Цифровая трансформация ремонтных предприятий. Проект «Умное депо» // Транспортная наука и инновации : материалы международной научно-практической конференции, Самара, 01–02 июня 2023 года. Самара: СамГУПС, 2023. С. 16–19. EDN RLXGSH.
- 12 Внедрение цифровых технологий в процесс обработки подвижного состава на пункте технической передачи (ПТП) / А. А. Ключко [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 4 (112). С. 19–24. EDN KIMXSU.

УДК 629.4.02

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ НА ЛОКОМОТИВАХ

А. А. Свечников, Г. А. Данильцев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В современном Мире все чаще компании стараются сократить затраты и автоматизировать процессы в целях большего заработка, экономии и безопасности. РЖД не исключение, уже сейчас компания старается автоматизировать многие процессы, сделать их более быстрыми и безопасными. Так мы можем предполагать, что в перспективах компании создание полностью беспилотного локомотива. Такая разработка позволит сократить штат локомотивных бригад и сэкономить на фонде оплаты труда.

Повышение уровня безопасности движения, осуществляется за счет того, что локомотив с техническим зрением будет «видеть» намного лучше, чем глаза человека за счет большого числа электронного оборудования – камер, радаров, лидаров, сенсоров и датчиков. Железная дорога является одним из самых безопасных транспортов в Мире, но к сожалению даже на железнодорожном транспорте случаются аварии, которые могут нести не только большие убытки отрасли, ведь происходят задержки в расписаниях, но и угрозу жизни человека. Локомотивы, оборудованные системой технического зрения позволяют минимизировать человеческий фактор и повысить безопасность движения.

Конечно все же человеку придется наблюдать за движением локомотива в целях безопасности, хотя бы дистанционно, но все основные функции подвижной состав будет выполнять сам. Перспективой развития цифровых технологий в локомотивном комплексе является внедрение системы «умный локомотив» с элементами предиктивной диагностики. Переходным этапом беспилотных технологий является использование различных систем помощи машинисту при эксплуатации локомотива. Удобный интерфейс, визуализация и речевые подсказки являются неотъемлемой частью таких систем. Ни беспилотный локомотив, ни локомотив с системой помощи машинисту не может работать без системы технического (машинного) зрения, так как именно система технического зрения позволяет распознавать объекты железнодорожной инфраструктуры и препятствия. Поэтому научные исследования направленные на проработку концепции внедрения технического зрения на локомотивы являются актуальными и востребованными транспортной отраслью [1].

Конструкция и принципы. В зависимости от модели и требований от локомотива его технологическая составляющая может меняться, но также у них будет и много общих систем, таких как: мониторинг общего состояния подвижного состава, машинное зрение, программное обеспечения обработки поступающего изображения, система отслеживания дислокации локомотива в режиме реального времени. При необходимости всегда можно поставить дополнительное оборудование для выполнения определенных поставленных задач. Для осуществления беспилотируемой работы локомотива необходимо, чтобы поступающие сигналы от сенсоров и датчиков обрабатывались в специальном компьютере с минимальной задержкой, а главное без помощи человека, на основе этих данных тепловоз будет управлять движением и соблюдать правила технической эксплуатации [2, 3].

Так к примеру используя лидар, который посылает излучение лазерного импульса на объект перед собой, и измеряет время за которое импульс вернется в датчик, локомотив сканирует объекты, которые находятся перед ним и отрисовывает их в 3D карте, повторяя этот процесс много раз. Если внезапно в ночное время суток перед ним появится какой либо объект (препятствие), то сработает заранее прописанный алгоритм и состав выполнит экстренное торможение. Блок оптических сенсоров, датчиков и камер будет находиться по периметру лицевой части локомотива, работая вместе они будут давать самую полную картину о происходящем. Определяя камерами сигнал светофора в компьютер будет послан сигнал, и будет принят определенный алгоритм по которому последует состав, выполнив торможение или продолжая движение. Также поезд можно оборудовать голографическими проекторами в целях повышения безопасности. При определении техническим зрением, что на путях имеется препятствие, запускается алгоритм, при котором проявляется голографическая стена впереди поезда, изображение проецируется без каких либо подложек, прямо в воздухе четко прорисовывая края благодаря лазерам, а в зависимости от ситуации меняет цвет проекции. Проекция не мешает обзору, за счет прозрачности со стороны поезда. Благодаря слаженной работе всех систем, а также четкому позиционированию состава по координатам, система сможет построить перспективы для проекции голографической стены.

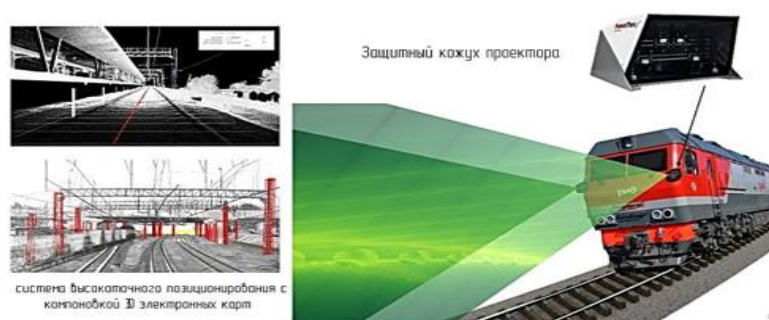


Рис. 1. Система позиционирования и голографические проекторы

Практическое приложение результатов. На основе сказанного выше и понимания того, насколько удобен и безопасен беспилотный локомотив, высока вероятность увидеть его в ближайшем будущем. Для его изготовления не обязательно разрабатывать новый локомотив с нуля, а стоит дооборудовать уже существующие необходимыми датчиками, камерами и лидарами, а также компьютером, в который будут заложены определенные алгоритмы действий.

Выводы. В обозримом будущем беспилотные локомотивы станут неотъемлемой частью железнодорожного транспорта, ведь по всем параметрам они выигрывают у обычного подвижного состава, а их цена изготовления ненамного дороже того, что они могут сэкономить, они в несколько раз безопаснее обычного подвижного состава, что является главным фактором в их пользу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Яковлев К. Н., Саланов А. Е. Беспилотные технологии в российском железнодорожном транспорте // Концепции развития и эффективного использования научного потенциала общества : сборник статей Международной научно-практической конференции, Челябинск, 02 мая 2021 года. Уфа: Общество с ограниченной ответственностью «ОМЕГА САЙНС», 2021. С. 61–64. EDN TSHPRE.
- 2 Васильев Е. А., Князькина О. В. Внедрение беспилотных маневровых локомотивов, снаряженных системами технического зрения // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2023 : сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09–10 ноября 2023 года. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. С. 56–59. EDN SNKVIN.
- 3 Высокоточное позиционирование беспилотного локомотива в условиях нестабильных спутниковых измерений / С. В. Соколов [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2024. № 2 (94). С. 25–33. DOI 10.46973/0201–727X_2024_2_25. EDN VXFYVN.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ДИЗЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЗОВ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМИЗИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ РАДИАТОРОВ

А. А. Свечников, Д. Д. Попов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Надежность и экономичность тепловозного дизеля в значительной степени определяются стабильностью его температурных режимов, которую призвана обеспечивать система охлаждения. Как показывают исследования, в процессе эксплуатации при существующих алгоритмах работы штатных систем охлаждения наблюдаются существенные перепады температуры охлаждающей жидкости за короткие интервалы времени, что негативно сказывается на надежности работы дизеля. Существующие системы, хотя и не допускают выхода параметров за критические пределы, не исключают значительных колебаний температуры при смене режимов работы дизеля, особенно на маневровых тепловозах [1].

Нестабильность тепловых процессов приводит к возникновению значительных термических напряжений в деталях цилиндропоршневой группы, увеличивая скорость их износа и риск появления трещин [2].

Актуальность совершенствования систем охлаждения усиливается в условиях ужесточения требований к экологичности и топливной экономичности тягового подвижного состава. На различных сериях тепловозов применяются разнообразные подходы к конструктивному исполнению и регулированию работы систем охлаждения – от простого включения определенного количества мотор-вентиляторов до сложных систем с гидравлическим приводом и регулированием потока масла.

Одним из ключевых путей повышения эффективности теплообмена является оптимизация конструкции теплообменных аппаратов, в частности, радиаторов. Повышение эффективности их работы напрямую способствует стабилизации температурного режима дизеля. В настоящее время потенциал традиционных конструкций радиаторов во многом исчерпан, что обуславливает необходимость поиска новых решений, основанных на применении современных методов проектирования, таких как компьютерное моделирование потоков и топологическая оптимизация, а также перспективных производственных технологий, включая аддитивное производство.

Целью данного исследования является анализ перспектив повышения эффективности систем охлаждения дизелей тепловозов за счет внедрения оптимизированных конструкций радиаторов, разработанных с использованием современных цифровых технологий.

Методы решения задач. В качестве основного метода решения поставленной задачи использовано компьютерное моделирование гидродинамических и тепловых процессов (Computational Fluid Dynamics, CFD) в программном комплексе ANSYS, что позволило проанализировать теплообмен и сопротивление в двухканальном пластинчато-трубчатом радиаторе тепловоза [3].

Для достижения поставленной цели были решены следующие научно-технические задачи:

- разработана трехмерная расчетная модель воздушной стороны радиатора с жалюзийными ребрами и двумя каналами для систем высоко- и низкотемпературного охлаждения;
- выполнено построение сеточной модели и заданы граничные условия, соответствующие реальным эксплуатационным режимам тепловоза;
- проведена серия расчетов для анализа полей температуры, давления и скорости воздушного потока при различных входных скоростях охлаждающего воздуха (от 11 до 15 м/с);
- исследовано влияние шага ребер на теплоотдачу и гидравлическое сопротивление радиатора.

Анализ полученных результатов. В качестве примера успешного применения современных методов цифрового моделирования можно рассмотреть исследование, представленное в работе [3], где методом вычислительной гидродинамики (CFD) был выполнен комплексный анализ теплообмена и гидравлического сопротивления в двухканальном пластинчато-трубчатом радиаторе тепловоза. Авторами данной работы была разработана трехмерная модель радиатора с жалюзийными ребрами, проведены расчеты распределения температурного, скоростного и давления полей при различных скоростях охлаждающего воздуха (от 11 до 15 м/с).

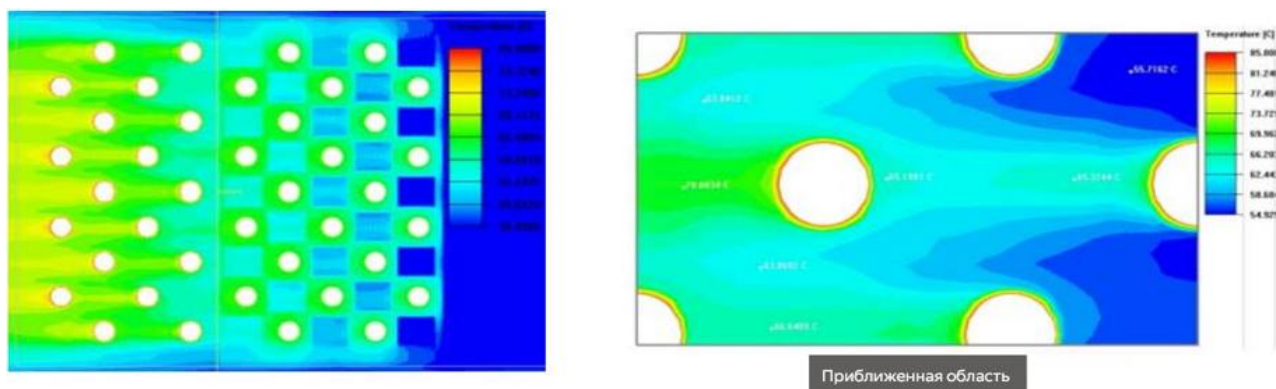


Рис. 1. Распределение температуры радиатора со стороны воздуха

Полученные результаты демонстрируют характерные закономерности: теплообмен и потери давления возрастают с увеличением скорости входящего воздуха, при этом интенсивность роста коэффициента теплоотдачи снижается на высоких скоростях. Особый интерес представляет проведенная авторами верификация расчетных данных с результатами натурных испытаний, показавшая максимальную относительную погрешность для коэффициента теплоотдачи 7,21 % и для гидравлических потерь давления – 7,72 %. Такая сходимость подтверждает адекватность математических моделей, используемых в CFD-расчетах теплообменного оборудования.

Практическое приложение результатов. Анализ современных исследований позволяет выделить несколько перспективных направлений внедрения оптимизированных конструкций радиаторов:

- изготовление и комплексные стендовые испытания радиаторов, произведенных аддитивными методами, для экспериментального подтверждения расчетных теплотехнических характеристик;
- внедрение в производство: для малосерийных и специальных тепловозов – прямое использование технологий послойного синтеза (SLM, DED), а для массового производства – использование оптимизированных 3D-моделей для создания литейной оснастки и организации серийного выпуска по традиционным технологиям (литье под давлением алюминиевых сплавов);
- ремонтный комплекс: применение аддитивных технологий для оперативного производства дефицитных и снятых с производства теплообменников, особенно актуальное для удаленных сервисных депо.

Выводы. Проведенный анализ современных исследований показывает, что комплексное применение методов CFD-моделирования и топологической оптимизации позволяет перейти от эмпирического к научно обоснованному проектированию высокоэффективных теплообменных аппаратов. Верификация расчетных данных, подобная представленной в работе [3], демонстрирует достаточную для инженерной практики точность математических моделей.

Перспективным направлением представляется сочетание цифрового моделирования с аддитивными технологиями, позволяющее создавать конструктивно сложные поверхности теплообмена, недоступные для традиционного производства. Разрабатываемый методический подход обладает значительным потенциалом для применения не только в тепловозостроении, но и в других областях транспортного и энергетического машиностроения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Овчаренко С. М., Ринг И. С., Овчаренко С. С. Исследование температурных режимов работы систем охлаждения тепловозов в процессе эксплуатации // Известия Транссиба. 2022. № 2(50). С. 116–123. EDN GXBYPI.
- 2 Влияние режимов эксплуатации на ресурс дизельных двигателей / Ж. А. Алиев [и др.] // Международный журнал экспериментального образования. 2017. № 1. С. 52–56. EDN XVGSQF.
- 3 Guan Ying, Cui Hongjiang, Li Minghai. Numerical Simulation Study on Air-side of Diesel Locomotive Finned Tube Double Channel Radiator. Journal of Physics: Conference Series, 2021, vol. 1746, art. 012048. DOI: 10.1088/1742-6596/1746/1/012048.

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДЕ САМАРА

А. Г. Старикова, А. А. Строганова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В настоящее время связанность удаленных микрорайонов города Самара с историческим центром и транспортная доступность является одной из основных проблем современного мегаполиса. Немаловажен так же вопрос повышения тарифов на городские пассажирские перевозки. Ведь для многих людей, использующих общественный транспорт ежедневно, это неизбежно приводит к увеличению финансовой нагрузки и снижению его доступности. Причин увеличения себестоимости проезда в городском пассажирском транспорте может быть несколько: рост затрат на содержание и обслуживание подвижного состава, а также запасные части для него, повышение тарифов на энергоресурсы (особенно это актуально для автобусов и маршрутных такси).

Наиболее перспективным решением вопроса доступности городского пассажирского транспорта является расширение маршрутной сети за счет использования муниципального электрического транспорта, такого как метрополитен и электробус с динамической подзарядкой. Остановимся подробнее на каждом из них.

Основная часть. По мнению экспертов в области градостроительной политики метрополитен в г. Самара может стать основным видом общественного транспорта.

Преимущества метрополитена перед другими видами общественного транспорта очевидны [1: 7]. Во-первых – высокая пропускная способность. Провозя десятки тысяч пассажиров одновременно, метрополитен способен снизить загруженность дорог автомобильным транспортом, при этом улучшая пропускную способность города в целом.

Другое достоинство метрополитена – его своевременность и регулярность перевозок, что нельзя отметить для наземного транспорта, для которого соблюдение графика движения бывает затруднено из-за высокой загруженности улиц (пробки) и зависимости от погодных условий.

К другим преимуществам метро можно отнести комфорт и безопасность пассажиров; высокую скорость передвижения, а также его экологичность, что немаловажно для городов-миллионников; Горожане могут снизить свои затраты на транспорт, так использование метрополитена как средство передвижения для поездок на работу, учебу и т.д. позволит людям существенно сократить расходы на бензин, автобусы или такси, что особенно актуально в условиях растущих цен на топливо [2: 2].

Стремительно развивающийся город Самара имеет несколько основных точек напряжения – это в основном, новые микрорайоны, трудности с транспортной доступностью этих районов ограничивают комфорт проживания в них для самарцев [3: 4].

В настоящее время эксплуатирующаяся линия метрополитена в Самаре имеет протяжённость 11,6 км и 10 станций и соединяет промышленный узел с центральными районами Самары. По данным на 2025 год, годовой пассажиропоток самарского метро около 13 млн. человек, среднесуточный – 36 тыс. человек [4: 207]. Однако, большинство районов города не имеет в своем расположении метро, что ухудшает общую доступности рабочих мест в целом, ведь благодаря метро люди могли бы быстро и удобно добираться до работы, даже если они живут далеко от центра города.

Изначально, в Самаре предполагалось строительство трех веток метрополитена (рисунок 1), что позволяло соединить диаметрально противоположные районы города. Начинаться вторая линия должна была на юго-западе города и далее – частично под землей, а частично по эстакаде, путь должен был дойти до района ж/д вокзала – станция «Вокзальная», благодаря чему пассажиропоток в метро достигал бы существенных размеров. В настоящее время строительство метро было остановлено на станции метро «Театральная», которая довела линию подземки до делового и культурно-досугового центра (ориентировочно работы планируют закончить в 2027 году).

Сейчас ситуация с развитием метрополитена в Самаре кардинально изменилась. Согласно Стратегии социально-экономического развития города до 2036 года, которая в настоящее время проходит этап общественного обсуждения власти Самары планируют построить пять новых подземных станций метро в течение следующих десяти лет [4].

Выбор направления новой линии метрополитена, с учетом потребностей жителей города, увязки с другими видами транспорта и действующей веткой метро, безусловно, без проведения качественного анализа невозможен. Но большинство экспертов сходятся во мнении, что метро должно быть достроено до желез-

нодорожного вокзала, охватывать спальные районы города, чтобы загрузить и его должным пассажиропотоком, тем самым не только обеспечить горожан современным видом транспорта, но и компенсировать капитальные вложения в строительство новых линий метрополитена и сопутствующей инфраструктуры.



Рис. 1. Проект линий метрополитена в городе Куйбышев 1980 г.

Кроме проекта развития классического метро, авторы статьи предлагают рассмотреть развитие альтернативного вида электрического транспорта, который мог бы заменить привычный нам автобус – электробуса с динамической подзарядкой [5: 1672]. Преимуществом такого вида транспорта при использовании его в качестве городского по сравнению с теми же классическими электробусами заключается в том, что электробусов для покрытия тех же потребностей при перевозке одного и того же объема пассажиропотока нужно несколько больше, потому что часть их теряет время на зарядке. А электробус с динамической подзарядкой – это то же самое, что и троллейбус с увеличенным автономным ходом.

Автономный ход троллейбуса отличается от обычного режима движения тем, что позволяет троллейбусу двигаться без подключения к контактной сети. Для этого он оснащён тяговыми аккумуляторными батареями, которые заряжаются во время движения от контактной сети.

Когда троллейбус едет под контактной сетью, аккумулятор заряжается. Затем, подъезжая к участку, где не проложена контактная сеть, штанги опускаются, и далее троллейбус движется с использованием энергии аккумулятора. Запас автономного хода может составлять от 5 до 70 км.

Троллейбусы с автономным ходом делают привычные маршруты более гибкими и рентабельными. Это может быть актуально для новых районов, также автономный ход позволяет троллейбусу объезжать препятствия, например, снежный занос на дороге.

В некоторых городах России уже есть троллейбусные линии с применением машин с автономным ходом. Распределение городов по длине участков с автономным ходом приведено на рисунке 2.

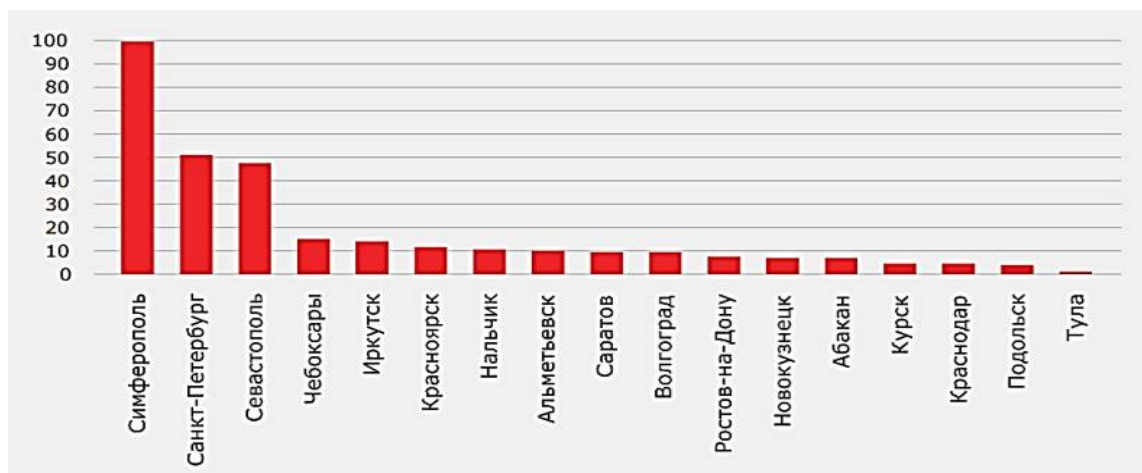


Рис. 2. Длина участков автономного хода троллейбусов в городах России, км. одиночного пути

В 2024 г. в Самаре уже проходил тест-драйв электробус модели 62181 «Генерал» производства «ПК Транспортные системы», оснащенный динамической зарядкой от контактной сети, что позволяет ему заряжать батареи без задержек и поддерживать высокую скорость работы. На подвижном составе установлено 7 аккумуляторов, а тяговая батарея повышенной емкости позволяет увеличить средний пробег до 100 километров, без дополнительной подзарядки. «Генерал» может заряжаться от трёх разных источников питания: контактной сети электротранспорта, зарядной станции или от розетки 380В. Водитель может регулировать зарядный ток прямо с пульта управления. Обкатка электробуса проходила в декабре, и транспорт хорошо зарекомендовал себя при эксплуатации в условиях отрицательных температур: на одной зарядке при постоянной работе систем отопления он проходил в среднем до 80 км.

Применение такого типа электробусов может использоваться как альтернатива в перевозках и позволит провести дополнительные линии в районы с недостаточно развитой транспортной инфраструктурой или на магистрали, где отсутствует контактная сеть.

Применение электробуса в городе Самара не потребует капитальных вложений в строительство инфраструктуры, так как не менее 30 % длины маршрута должно проходить под контактной сетью, что реально совместить с уже существующими маршрутами троллейбусных линий [6: 32]. И это обстоятельство делает его достаточно привлекательной альтернативой существующего муниципального транспорта.

Вывод. Широкое использование электрического транспорта в городских перевозках позволит не только обеспечить отдаленные районы (периферийные районы) города транспортом, но и сохранить его доступность по стоимости проезда, так как электроэнергия в большинстве случаев более доступная и стабильная по цене, чем бензин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бакулин А. С., Пронин В. А., Федоров Е. А., Кудринская К. И. Организация движения поездов и работа станций метрополитена: учебник для подготовки рабочих на производстве. М.: Транспорт, 1981. 230 с.
- 2 Смирнова Е. А. Модели развития метрополитена на основе пространственных факторов на примере Г. О. Самара // АМТ. 2013. № 2 (23) [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-razvitiya-metropolitena-na-osnove-prostranstvennyh-faktorov-na-primere-g-o-samara/viewer>
- 3 Ушаков Д. Е., Карелин Д. В. Оценка востребованности метрополитенов жителями в пешеходной доступности от станций // Строительство: наука и образование. 2022. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2022.1.1>
- 4 Фандюшин М. В. Динамика развития городского электротранспорта в городах-миллионниках на территории России // Государственное управление. Электронный вестник. 2024. № 106. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-razvitiya-gorodskogo-elektrotransporta-v-gorodah-milionnikah-na-territorii-rossii/viewer>
- 5 Маер З. С., Жучков А. Ю. Электрические автобусы: существующие типы зарядок, их преимущества и недостатки // Столыпинский вестник. 2022. № 3 [Электронный ресурс] : электронный журнал. EDN: QSPTBJ
- 6 Колин А. В., Рыбаков П. В., Красильников П. А., Айсина Л. Р. Расчёт себестоимости транспортной работы на городском пассажирском наземном транспорте с использованием метода единичных расходных ставок // ИАС. 2025. № 1 [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschyot-sebestoimosti-transportnoy-raboty-na-gorodskom-passazhirskom-nazemnom-transporte-s-ispolzovaniem-metoda-edinichnyh>

РАЗВИТИЕ ЛОКОМОТИВНОГО КОМПЛЕКСА НА БАЗЕ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

А. С. Тычков, П. Д. Ситников

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Во второй половине 20-х годов прошлого века начался первый этап электрификации железных дорог России и примерно в этот период началась опытная поездка первых отечественных электропоездов. Через несколько лет был создан первый электровоз, его особенностью было наличие в конструкции коллекторных тяговых двигателей, которые и по сей день, в большинстве своем, применяются на электроподвижном составе, эксплуатируемом на железных дорогах России. Использование данного типа электрических машин сформировало долгосрочную тенденцию по разработке так называемого классического коллекторного тягового привода, его прообразом стало применение аналогичной технологии для условий рельсового городского электрического транспорта.

За долгие годы работы на железных дорогах, электрифицированных на постоянном и переменном роде тока, применяемые здесь для условий работы частью системы тягового привода коллекторные двигатели достаточно успешно зарекомендовали себя, как основной тип тяговых электрических машин. Постоянное совершенствование конструкции, возможность эффективной реализации тягового усилия для электроподвижного состава, простота управления процессом регулирования параметров для режимов тяги и электрического торможения позволили достичь оптимальных эксплуатационных характеристик. Однако рассматривая показатели надежности, а именно статистику отказов различного оборудования электроподвижного состава, можно сделать неутешительный вывод о том, что наиболее часто выходящим из строя элементом силового оборудования классического тягового привода является коллекторные двигатели [1].

Главной причиной отказов коллекторных двигателей является непосредственно конструкция, а именно устройство скользящего контакта посредством щеток. Последние со временем изнашиваются из-за трения и воздействия последствий коммутационных процессов. Что ведет к появлению таких негативных последствий как выработка поверхности коллектора и износ щеток с образованием частиц пыли, которые осаждаются перекрывают межламельные пространства, что ведет к появлению нарушений режимов коммутации и межвитковым замыканиям, приводит двигатель в непригодное для эксплуатации состояние. Некоторые технические решения позволяют минимизировать износ щеток коллектора, но как видно на практике этого недостаточно [2].

Для решения данной проблемы инженеры и проектировщики все чаще предлагают осуществить переход на бесколлекторные электрические машины, а именно, на асинхронные двигатели, которые являются наиболее технологичными в плане эксплуатации и технического содержания. Очевидным преимуществом данного типа машин перед классическими тяговыми двигателями является более простая конструкция ротора и отсутствие коллектора, что существенно снижает вероятность выхода элементов и узлов из строя, уменьшая затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ. Указанные конструктивные особенности также позволяют уменьшить габариты асинхронных двигателей, появляется возможность реализовать большие тяговые мощности в тех же объемах машины. Даже так, несмотря на явные преимущества данного типа тяговых двигателей, остается ряд проблем не позволяющих реализовать их массовое производство и эксплуатацию.

Одними из наиболее важных компонентов преобразователей, осуществляющих питание и регулировку режимов функционирования асинхронных тяговых двигателей, являются такие силовые полупроводниковые приборы как IGBT-транзисторы или как возможная альтернатива ГТО-тиристоры. Но на данном этапе практически отсутствует возможность закупки в необходимом количестве указанных современных приборов за рубежом для целей перевода всего парка электроподвижного состава на асинхронный тяговый привод Отечественные предприятия, занимающиеся производством силовых электронных компонентов и адаптацией алгоритмов управления для нужд электрического подвижного состава в режимах тяги и торможения, пока не набрали значительные технологические темпы для полноценного перехода локомотивного комплекса на асинхронный тяговый привод [3].

Стоит отметить, что, пусковой момент асинхронного тягового электродвигателя во время начала движения электровоза с места будет минимальным, что является серьезным недостатком. Поскольку необходимо осуществлять регулирование и обеспечивать стабильность отношения величин U_1/f_1 на одном уровне для совокупности различных режимов функционирования и движения электроподвижного состава для того, чтобы развить максимальный тяговый момент, что следует из представленного уравнения [4]:

$$M \cong \frac{U_1}{f_1 \cdot \Phi}, \quad (1)$$

где M – момент вращения электрической машины;

U_1 – напряжение на его входе;

f_1 – частота его питания током;

Φ – магнитный поток.

При работе асинхронных двигателей в постоянно меняющихся условиях целесообразно применение алгоритмов векторного управления. Данная совокупность принципов управления позволяет менять как скорость вращения путем регулирования частоты, так и силу тяги путем изменения силы тока. Векторное управление асинхронными двигателями может быть реализовано с помощью и нелинейных линейных регуляторов, построенных по различным схемам. Для линейных регуляторов сигнал напряжения состоит из трех выходных векторов. Линейные регуляторы работают в сочетании с широтно-импульсными модуляторами напряжения, используя принципу суперпозиции. При помощи данного метода реализуют и пространственно-векторную модуляцию. Для нелинейных регуляторов, закон функционирования определяется координатой, которую можно регулировать. Линейный метод управления также может быть реализован несколькими способами. Прямой метод управления с пространственно-векторной модуляцией потока подразумевает реализацию уровня магнитного потока за счет уровня и направления тока фазы. Прямой метод управления с пространственно-векторной модуляцией напряжения подразумевает, что реализуется определенный уровень частоты, а также момент и потокосцепление подлежат прямому регулированию. Полеориентированный метод управления предполагает разбиение тока на моментную и потоковую составляющие. Нелинейные методы также делят по способам управления. По принципу прямого самоуправления используют датчики для обеспечения обратной связи. Принцип прямого управления с таблицей включения предполагает одновременный контроль момента и потокосцепления статора за счет выбора напряжения. Адаптивное прямое управление моментом для корректировки параметров в реальном времени использует алгоритмы адаптации.

Принципиальная схема питания на электровозе переменного тока в режиме тяги будет значительно отличаться, от той же для постоянного тока. При питании от контактной сети однофазного переменного тока используется тяговый трансформатор для понижения подаваемого напряжения до уровня на который рассчитана изоляция тягового электродвигателя по классу нагревостойкости. После тягового трансформатора в схеме установлен четырехквadrантный преобразователь 4qS, который способен работать в нескольких режимах. Например, в режиме тяги он необходим для преобразования переменного однофазного тока в постоянный для функционирования инвертора, осуществляющего питание асинхронного тягового двигателя, обеспечивая тем самым функцию стабилизирующего (промежуточного) звена для уменьшения воздействия гармонических составляющих и несинусоидальности, присущих контактной сети переменного тока. При питании от контактной сети постоянного тока электровозу требуется иметь на борту преобразователь, обеспечивающий сглаживание пульсаций и бросков напряжения контактной сети, и также как и для электроподвижного состава переменного тока, необходимо понижение напряжения питания до уровня, приемлемого для работы тяговых электродвигателей.

Для отечественных железных дорог, где на полигонах обращения электроподвижного состава присутствуют участки электроснабжения постоянного и переменного тока наиболее перспективным видом локомотива является электровоз двойного питания. С переходом на асинхронный тяговый привод за счет перекомпоновки и модернизации силовой схемы появится достаточно свободного пространства для размещения в объеме секции электровоза дополнительного оборудования для организации питания от систем электроснабжения различного рода тока (переменного и постоянного).

Подводя итог, можно отметить, что несмотря на сложность адаптации и переход к широкому применению асинхронного тягового привода на железных дорогах России, необходимо внедрение перспективного типа электровозов – двойного питания. Данные тяговые машины имеют шанс на полное вытеснение коллекторных электродвигателей, особенно на тех участках, где ведется эксплуатация тяжеловесных и длинносоставных поездов, но на данный момент присутствует ряд сложностей, описанных ранее, не позволяющих в полной мере реализовать потенциал асинхронного тягового двигателя [5, 6]. Явные технологические преимущества перед коллекторным двигателем на данный момент несколько проигрывают финансовым затратам, необходимым для повсеместного внедрения указанного типа электрических машин. Поэтому реалистичным выглядит сценарий постепенной замены локомотивного парка, связанный с уверенным ростом отечественного производства силовых электронных компонентов. Указанные мероприятия будут способствовать реализации концепции электроснабжения железных дорог на переменном токе, которая является приоритетной и направлена на сокращение потерь электроэнергии, уменьшение количества необходимых тяговых подстанций, а значит тем самым снижая расходы на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт, как объектов энергетической инфраструктуры, так и локомотивного комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Обоснование эффективности использования электровозов с асинхронным частотнорегулируемым тяговым приводом / В. А. Силаев [и др.] // Транспортное дело России. 2024. №4(173). С. 192–195.
- 2 Основные этапы развития и аспекты разработки отечественных локомотивов двойного питания / В. А. Силаев [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2023. №4(100). С. 27–34. EDN PKEKQF.
- 3 Покровский С. В. Сравнение тяговой эффективности грузовых электровозов с различными принципами построения тягового привода // Железные дороги мира. 2018. № 11. С. 58–64.
- 4 Повышение энергоэффективности тяговых электроприводов с асинхронными двигателями и системой векторного управления / Ю. М. Иньков [и др.] // Электротехника. 2021. № 9. С. 10–15. EDN PWFKBX.
- 5 Развитие тяжеловесного движения на поволжском полигоне / П. В. Шепелин [и др.] // Локомотивы. Газомоторное топливо (Проблемы. Решения. Перспективы) : материалы I Международной научно-практической конференции, Самара, 29 июня 2016 года – 01 июля 2017 года. Самара: СамГУПС, 2016. С. 83–86.
- 6 Силаев В. А., Ефимов Н. А., Тычков А. С. Особенности и перспективы тяжеловесного движения в волжском регионе // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: материалы третьей Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Омск, 10–11 ноября 2016 года. Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2016. С. 174–182.

УДК 629.423

КОНТРОЛЬ РАСХОДА ВОЗДУХА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

А. С. Тычков, А. А. Строганова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Реализация тягового усилия электроподвижного состава напрямую зависит от технического состояния тяговых электродвигателей, особенно во время эксплуатации тяжеловесных и длинно-составных поездов [1, 2]. Прямая зависимость силы тяги от тока, протекающего через тяговый двигатель, ведет к тому, что на сложных и протяженных участках профиля происходит интенсивный нагрев всего объема конструкции тяговой электрической машины. Перегрев при реализации тяжелых эксплуатации может повлечь выход из строя части двигателей, а значит к снижению работоспособности электроподвижного состава в целом. Поэтому реализация, заложенной конструкцией тягового электродвигателя, мощности, будет напрямую зависеть от условий и эффективности охлаждения и отвода тепла.

Для обеспечения необходимого теплового баланса в системе элементов тягового двигателя применяется принудительная система вентиляции. Возможны несколько вариантов компоновки указанной системы. Для электровозов в основном используется независимый тип, при котором вентилятор размещается вне зоны конструкции тягового электродвигателя и не напрямую не зависит от него конструктивно. На электропоездах организована система самовентиляции, когда вентилятор размещается на роторе электрической машины. Возможен комбинированный принцип системы отвода тепла, когда элементы обоих указанных технических решений находят свое применение на борту электроподвижного состава.

Рассмотрим устройство системы вентиляции электровоза 2ЭС6 «Синара», как наиболее распространенного грузового локомотива на полигоне эксплуатации. Схема расположения вентиляторов и воздушные каналы каждой секции идентичны (рисунок 1).

Осевой вентилятор (2), установленный в системе охлаждения тяговых электрических машин нагнетает воздух, который затем попадает в вертикальные лабиринтные жалюзи. Причем на первичном этапе подготовки происходит задержка и оседание поступающей с наружи атмосферной влаги. Осушенный воздух подается на механические центробежные отделители, которые вмонтированы в окна форкамеры (1). После форкамеры воздух транспортируется в охлаждающий вентилятор тягового двигателя, из которого он подается в основание, разделившись на три потока. Два потока движутся к тяговым электродвигателям посредством разделительных каналов (7), третий воздушный поток для нагнетания избыточного давления внутри кузова подается через окно основания. Расход воздуха при этом регулируется посредством воздушных заслонок [3].

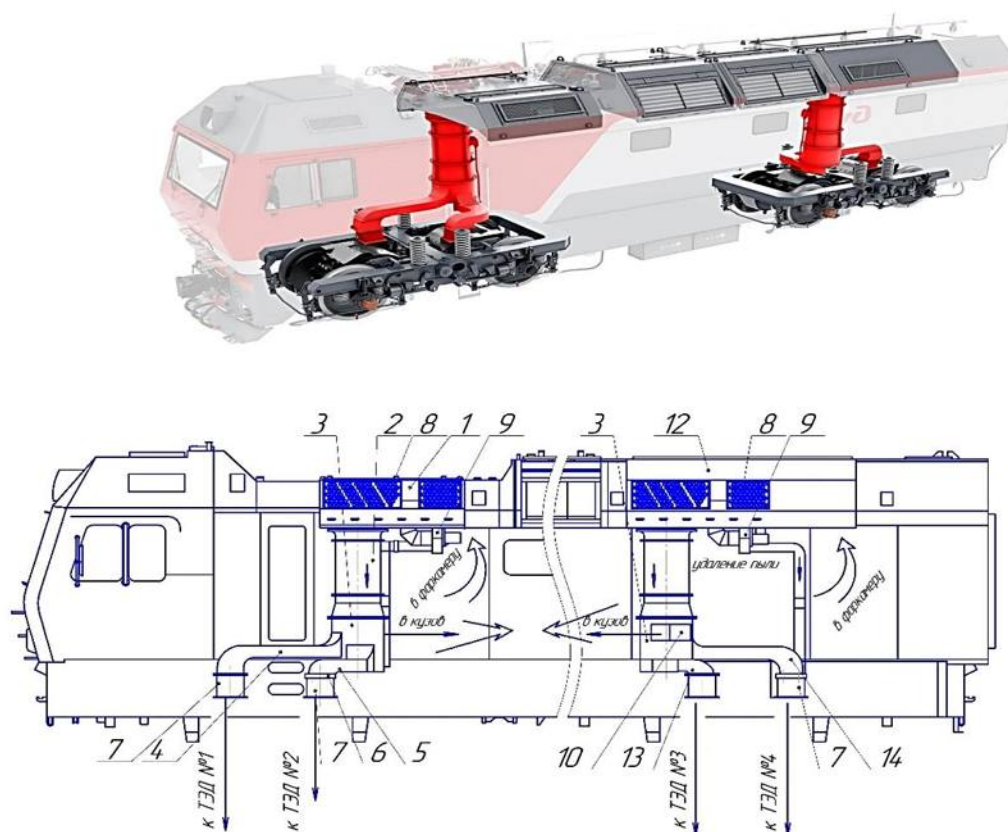


Рис. 1. Компонировка схемы вентиляции электровоза 2ЭС6

Поэтому исходя из высокого влияния температуры на техническое состояние элементов тягового электродвигателя, особенно изоляционных конструкций, обязательным контрольным воздействием при проведении ремонтно-восстановительных работ, является оценка такого фактора, как количество поступающего для отвода тепла воздуха.

На электровозах 2ЭС6 «Синара» устанавливаются двигатели серии ЭК-810Ч, ЭДП-810У1, СТК-810У1, которые обладают различными контрольными точками для выполнения оценки количества поступающего воздуха. Последовательность технологических операций для указанных типов электрических машин является типовой. Отличия присутствуют благодаря различным точкам контроля – различное расположение и конструкция вентиляционных патрубков, а также внутренних каналов указанных типов электрооборудования [4].

Используемые в настоящее время варианты реализации контроля и оценки такой характеристики, как объем воздуха, имеют довольно значимые недостатки, определяемые в основном значительной трудоемкостью операций по монтажу и демонтажу контрольной аппаратуры (для выполнения и проведения измерения указанной величины необходимо сначала выкрутить по одному болту на каждом электродвигателе, затем выполнить контроль характеристик воздушного потока, после этого вновь установить крепежные элементы) [5].

Также обязательным условием для осмотра воздушных патрубков выступает организация операций в условиях смотровой ремонтной позиции. Кроме того, для обеспечения работы двигателя необходимо обеспечить соответствующее стабильное питание. Выполнить указанные условия в период эксплуатации на полигоне средствами локомотивной бригады не представляется возможным, что не позволяет осуществить процесс замера объема воздуха. Также на одном электровозе могут быть установлены тяговые двигатели различных типов (из указанных выше серий), для них характерны свои контрольные точки измерений и соответственно свои нормированные величины по характеристикам воздушного потока. Это усложняет процесс замера воздушных характеристик даже для условий сервисного локомотивного депо, так как персоналу необходимо точно знать расположение точки измерений и нормативные значения установленных типов тяговых двигателей.

Поэтому предлагается техническое решение, которое заключается в установке калориметрического датчика. Предлагается установить датчик STS 215 КН вместо пальца устройства прижима траверсы, а также вместо болта фиксации. Наиболее легко нагруженным элементом системы крепления является устройство стопорения, поэтому указанный датчик будет устанавливаться вместо фиксато-

ра. Причем датчик потока воздуха в отличие от датчика давления имеет резьбу на стальном корпусе. Применение данного типа датчика обусловлено, следующими неоспоримыми преимуществами, такими как точность и достоверность измерений.

Датчики по одному устанавливаются на каждый тяговый электродвигатель, поскольку это минимальное и достаточное количество, обеспечивающее достоверность получаемой измерительной информации, следовательно получаем комплект из восьми датчиков на электровоз. Помимо датчиков необходимо установка фильтра для устранения помех и усилителя для повышения уровня выходного сигнала с датчиков. Предлагается разместить усилители типа SZA 400 Ex-230 по одному на секцию, значит два на электровоз, монтаж будет производиться на DIN-рейки.

Связь датчиков с соответствующим усилителем в пределах секции осуществляется посредством помехозащищенных кабелей, которые монтируются в специализированных каналах. Для встраивания предлагаемой структуры в функционал электроподвижного состава, необходимо провести ее адаптацию и стыковку с микропроцессорной системой управления и диагностики (МПСУиД), благодаря чему будет производиться поступление сигналов, питание усилителей и поддержание связи между датчиками и усилителями [6, 7].

Рассматривая технический и практический аспекты размещения линий связи с датчиками необходимым условием, является обеспечение минимальной длины кабелей, поэтому предлагается разместить датчик в непосредственной близости с верхним смотровым люком для обеспечения простоты выполнения подготовительно-заключительных операций по установке, и в случае необходимости демонтажу датчика.

Предлагаемая компоновка элементов позволяет проводить замеры для различных типов электрических машин. Применяемые электродвигатели серии «810» имеют одинаковый способ крепления и фиксации траверсы, то есть прослеживается однотипность указанной конструкции. Следовательно установка датчиков возможна на разнотипные двигатели, такие как ЭДП-810У1, ДПТ-810, ЭК-810Ч и СТК-810 У1, поэтому будут устранены все вышеописанные проблемы при проведении измерений на электровозе, где устанавливаются различные типы тяговых электрических машин.

Структурная схема компоновки системы со связями датчиков и блоков, элементов системы МПСУиД представлена на рисунке 2.

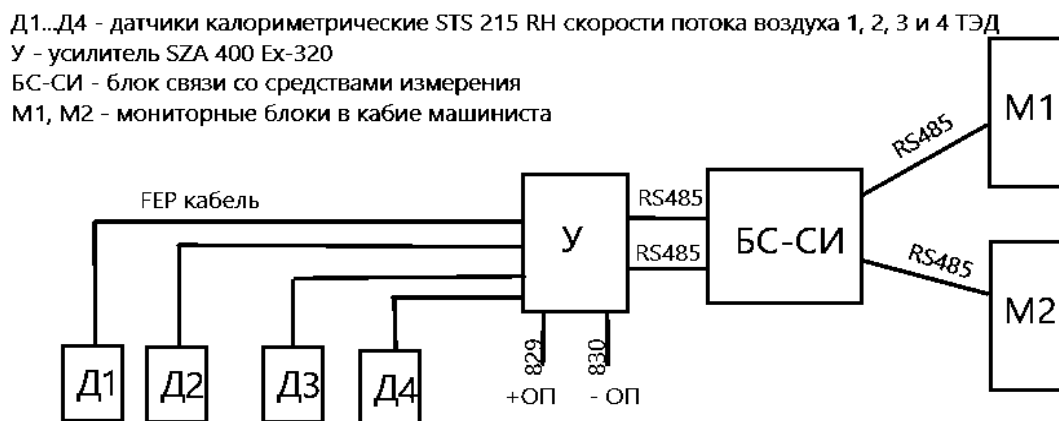


Рис. 2. Компоновка системы контроля характеристик воздушного потока охлаждения двигателей секции электровоза

Из структурной схемы системы следует, что увеличенные по уровню с помощью усилителя (У) сигналы, получаемые с датчиков (Д1–Д4) при помощи FEP-кабелей, поступают в блок связи со средствами измерения (БС–СИ) посредством коммуникационного интерфейса RS485, который передает по тем же линиям связи сигналы для информирования локомотивной бригады через мониторные блоки (М1, М2).

Функционал блока связи со средствами измерения состоит в приеме от усилителя информации о скорости воздушного потока, дальнейшем преобразовании для передачи посредством коммуникационного интерфейса RS485 и линий связи. Причем в данном блоке выполняется преобразование сигналов, полученных от датчиков, которые представляют последовательность данных о скорости потока воздуха в параметр, характеризующий объем, поступающего для вентиляции электрических машин воздуха. Благодаря получаемой локомотивной бригадой информации появляется возможность оперативной корректировки режимов охлаждения тяговых электродвигателей, то есть выравнивания теплового баланса с целью реализации максимального тягового усилия для заданных условий движения. Кроме того, данное схемное решение путем контроля теплового режима каждого электродвигателя способствует выявлению неисправностей системы подачи воздушного потока, таких как ослабление крепления хомутов вентиляционных патрубков, износа и потери герметичности патрубков, неправильного подключения фаз вентилятора обдува тяговых двигателей, способствующее повышенной запылённости [8].

Автоматизированное измерение характеристик воздушного потока осуществляется при помощи активации процесса путем подачи команды на мониторинг блоке управления. В случае возникновения нестандартных ситуаций по системе вентиляции тяговых электродвигателей (выход за пределы нормативных значений на соответствующих режимах и позициях регулирования) система автоматически оперативно отреагирует на данный факт, выполнив корректирующее воздействие посредством регулировки положения воздушных заслонок. Данное техническое решение также способно отслеживать эффективность этапов выполнения и проведения калориферной сушки в зимний период. Кроме того, необходимо отметить, что в дальнейшем необходимо осуществлять непрерывный мониторинг данного параметра – объема подаваемого для вентиляции воздуха с целью осуществления поиска оптимальных режимов эксплуатации электрического оборудования и машин в силовой схеме электроподвижного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Развитие тяжеловесного движения на поволжском полигоне / П. В. Шепелин [и др.] // Локомотивы. Газомоторное топливо (Проблемы. Решения. Перспективы): материалы I Международной научно-практической конференции, Самара, 29 июня 2016 года – 01 июля 2017 года. Самара: СамГУПС, 2016. С. 83–86. EDN XSSZCN.
- 2 Силаев В. А., Ефимов Н. А., Тычков А. С. Особенности и перспективы тяжеловесного движения в волжском регионе // Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов : материалы третьей Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Омск, 10–11 ноября 2016 года. Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2016. С. 174–182.
- 3 Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями. Руководство по эксплуатации 2ЭС6.00.000.000 РЭ. Верхняя Пышма: ООО «Уральские локомотивы», 2008. 1202 с.
- 4 Волков А. Н. Устройство и ремонт электровоза 2ЭС6 «Синара» : учебное пособие. Москва : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2020. 64 с.
- 5 Электровоз 2ЭС6 «Синара» / [В. В. Брексон, Н. Б. Никифорова, А. А. Струннов, Д. Э. Лимонов], под редакцией В. В. Брексона. Верхняя Пышма : Уральские локомотивы, 2020. 326 с.
- 6 Развитие перспективных технологий при диагностировании электроподвижного состава / П. В. Шепелин [и др.] // Наука и образование транспорту. 2015. № 1. С. 37–39. EDN VOKOTL.
- 7 Тычков А. С., Булатов А. А. Оценка эффективности внедрения системы диагностики тяговых электродвигателей электровозов // Актуальные проблемы развития транспортных систем Российской Федерации: Сборник научных трудов. Самара: Самарская государственная академия путей сообщения, 2005. С. 84–88. EDN ZMEFZD.
- 8 Капранов Н. Н., Булатов А. А., Тычков А. С. Определение влияния технико-экономических факторов на уменьшение затрат, связанных с техническим содержанием электроподвижного состава // Вестник Самарской государственной академии путей сообщения. 2004. № 1. С. 43–44. EDN ZJUFUP.

УДК 629.423

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Д. А. Чемоданов, А. С. Тычков, С. В. Тишуков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Эффективность и безопасность работы железнодорожного транспорта напрямую зависят от технического состояния транспортного средства – электроподвижного состава (ЭПС). В процессе эксплуатации техническое состояние ЭПС может ухудшаться из-за ряда причин: износа конструктивных частей механического и электрического оборудования, а также в результате возникновения внезапных аварийных ситуаций, ведущих к выходу из строя указанных элементов. С целью недопущения указанных негативных событий необходимо своевременно выявлять различного рода предотказные состояния, к которым могли вести как просчеты при проектировании систем электроподвижного состава, так и несоблюдение режимов эксплуатации или же несоблюдение технологии выполнения ремонтно-восстановительных работ. В современных условиях традиционная планово-предупредительная система обслуживания и ремонта, показывая ограниченность из-за избыточных затрат на обеспечение ресурса отдельных узлов. Также в рамках данной системы сложно обеспечить и предотвратить внезапные отказы, что в свою очередь влечёт простой состава, возможный сбой графика движения, а значит и дополнительную экономическую нагрузку на локомотивный комплекс в целом.

В планово-предупредительной системе существуют недостатки, которые проявляются в избыточности процессов обслуживания, когда оборудование подвергается разборке и последующему ре-

монтажу с недоиспользованным остаточным ресурсом. Поэтому существует необходимость внедрения современных цифровых технологий, которые должны будут оптимизировать и упростить процесс технического обслуживания и текущего ремонта оборудования ЭПС.

На сегодняшний день цифровые технологии широко входят в различные сферы деятельности человека. Они позволяют хранить, обрабатывать и передавать значительные объемы данных в минимальные временные интервалы, давая возможность упростить работу сотрудников различных отраслей посредством автоматизации технологических процессов и высокой скорости обработки информации. Искусственный интеллект широко внедряется на производство, оптимизируя при этом трудовые функции персонала и сводя к минимуму негативный человеческий фактор, заключающийся в проявлении различных ошибок, ведущих к отклонению в заданном технологическом процессе. Таким образом, цифровые инструменты могут быть использованы для целей диагностирования и оценки технического состояния оборудования ЭПС. Такие технологии, как интернет вещей, метод анализа больших данных и предиктивная аналитика позволяют начать переход к стратегии ремонта по фактическому техническому состоянию.

Для начала стоит рассмотрим наиболее вероятные причины эксплуатационного характера, которые влекут за собой критический износ оборудования ЭПС:

- широкий диапазон рабочих температур, а также резкие перепады, особенно около так называемой «точки росы» ведут к тяжелым негативным последствиям (образование конденсата и наледи);
- влажность воздуха влияет на состояние электрического оборудования, особенно тяговых двигателей (возможно снижение диэлектрической прочности изоляции с последующим возникновением межвитковых замыканий из-за попадания увлажненного охлаждающего потока воздуха на работающий (нагретый) двигатель)
- запыленность воздуха повышает электропроводимость поверхности изоляционных конструкций электроаппаратуры и электрических машин;
- вибрационные и динамические нагрузки ускоряют износ механических элементов, изоляции, нарушают плотность соединений, ведут к постепенному разрушению сварных швов [1].

Современные методы технической диагностики позволяют выявлять влияние эксплуатационных факторов на износ оборудования электроподвижного состава с целью установления остаточного технического ресурса последнего.

Согласно нормативным документам, системы диагностирования электроподвижного состава должны соответствовать всем необходимым требованиям при проведении операций контроля и диагностирования:

- Прежде всего, следует заботиться о том, чтобы оборудование могло безотказно выполнять заданные функции при любых эксплуатационных режимах и условиях. Иными словами, оно должно устойчиво работать в штатных условиях эксплуатации и противостоять всем возможным воздействиям, как внешних, так и внутренних негативных факторов;
- В случае аппаратных или программных сбоев оборудование должно оставаться целостным и надёжным.
- Результаты диагностики должны предоставляться в доступной для пользователя форме, способствующей эффективному восприятию информации;
- Также не стоит забывать о соблюдении требований законодательства и нормативных документов по обеспечению защиты информации;
- должна обеспечиваться возможность автоматизации контроля ключевых технологических процессов при эксплуатации, техническом обслуживании и текущем ремонте оборудования с последующей оценкой его фактического состояния. Что в свою очередь позволит перейти от планово-предупредительной системы ремонта к системе с учетом технического состояния.
- Постоянный мониторинг технических средств с целью обеспечения заданных параметров функционирования, оперативной реакции на возникновение нештатных ситуаций, прогнозирования поведения систем и оборудования.

Чтобы обеспечить эффективность контроля и диагностирования при выполнении ремонтно-восстановительных работ предлагается двухуровневая система технического диагностирования и текущего ремонта электронных устройств электроподвижного состава с применением автоматизированных средств технической диагностики (АСТД). Данное техническое решение определено необходимостью более точного выявления состояния оборудования, определению возможных дефектов, что существенно повышает качество и эффективность самого диагностического процесса, увеличивая тем самым уровень эксплуатационной готовности ЭПС. Ключевой проблемой существующих методов контроля и диагностики остаются довольно значительные временные затраты на выявление неисправностей. Поэтому следует модернизировать и улучшать существующие системы диагностирования, с целью минимизации временного фактора и автоматизации процесса.

Рассмотрим современную разработку, которая уже используется для контроля узлов электроподвижного состава – комплекс расширенной диагностики оборудования «КОРД». Его основной функционал заключается в следующем:

- возможность выявления и определения причины возникшей неисправности;
- мониторинг технического состояния оборудования ЭПС в режиме реального времени с фиксацией характеристик на энергонезависимый носитель информации.

Комплекс состоит из блока регистрации данных (БРД), блока передачи данных (БПД) и в случае отсутствия на электроподвижном составе устройств контроля и заряда батарей дополняется устройством контроля параметров элементов питания (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид комплекса расширенной диагностики оборудования электроподвижного состава «КОРД»

Блок регистрации данных (БРД) осуществляет регистрацию поступающей информации и дальнейшее сохранение в память с возможностью передачи необходимой информации по проводным интерфейсам и по беспроводному каналу. Также данные поступают на пульт машиниста посредством цифровых радиоканалов благодаря (IoT/GSM и Wi-Fi). Блок передачи данных (БПД) осуществляет передачу функциональных характеристик от электронного и электромеханического оборудования, электрических машин.

Современные системы оценки технического состояния представляют собой программно–аппаратные комплексы, базирующиеся на цифровых технологиях с применением искусственного интеллекта. Одним из наиболее перспективных направлений является технология цифровых двойников [2]. Данная технология получила широкое распространение в мире, потому что она является весьма доступной и адаптивной для решения множества задач. Суть данного направления заключается в создании цифровой компьютерной модели рассматриваемого объекта (оборудования электроподвижного состава). Данная технология решает следующие задачи [3]:

- проведение апробации технологического процесса или производственной цепочки в сжатые сроки и с минимальными затратами;
- выявление проблемных зон и уязвимостей системы до того, как производство запустится или изделие поступит в эксплуатацию;
- проведение оптимизации процессов за счёт заблаговременного выявления и устранения возможных сбоев;
- снижение рисков;
- достижение устойчивого конкурентного преимущества и повышение рентабельности.

Благодаря цифровым двойникам, появляется возможность рассмотрения любого сценария развития функционирования оборудования, с последующим анализом на основе полученных данных. Предлагается рассмотреть применение технологии цифровых двойников при проведении оценки технического состояния оборудования электроподвижного состава (рис. 2). Процесс создания состоит из следующих стадий: создание САД–модели, далее полученную модель наполняют необходимой информацией, проводятся испытания в САЕ–системах методом моделирования физических процессов, САМ–системы используются для трансформации цифровой модели для тиражирования в физическом мире, на финальной стадии конце осуществляется сбор и обработка данных, характеризующих рабочие процесс объекта.



Рис. 2. Процесс создания цифрового двойника

Поскольку первоначальным этапом является создание цифровой модели рассматриваемого объекта в системе автоматизированного проектирования, то, как раз здесь происходит наполнение модели всеми необходимыми данными, необходимых на последующих стадиях. После этого создаётся множество сценариев с помощью системы инженерного анализа, которая моделирует и анализирует каждый возможный фактор, который в дальнейшем может повлиять на состояние и функционирование рассматриваемого изделия. Вслед за этим проходит процесс разработки рассматриваемого объекта с заданными цифровыми характеристиками. Сами цифровые двойники позволяют накапливать обработанную информацию, благодаря системам хранения. Далее следует этап моделирования на котором происходят испытания цифровых вариантов изделий. Затем посредством системы автоматизированного производства происходит реализация цифровой модели изделия в виде реального объекта. Цифровые двойники позволяют накапливать эксплуатационную информацию, благодаря хранилищам данных, для последующей возможной корректировки цифрового двойника по результатам натурных исследований на полигоне обращения. Для эффективного функционирования данной технологии необходимым является цифровой паспорт объекта или изделия, куда вносятся результаты испытаний, а затем проводится последующая корректировка с целью поиска оптимального варианта.

Предлагается осуществить встраивание диагностических моделей основного оборудования в цифровые двойники на этапе проектирования, причем в качестве первичных источников для накопления данных использовать устройства подобные комплексу «КОРД», не исключая, при этом массив данных получаемый от микропроцессорной системы контроля и диагностики (МПСУиД). Совместное применение данных систем на этапе формирования цифрового двойника или же на стадии корректировки по результатам эксплуатации позволит наметить тренд на применение диагностических методов еще на этапе разработки систем, повысив при этом уровень надежности функционирования готового изделия. Причем важно отметить, что использование вариативности применения различных методов контроля для конкретного оборудования еще на стадии компьютерного моделирования позволит подобрать оптимальный принцип оценки технического состояния с точки зрения технологической и экономической целесообразности.

Подводя итог вышесказанному, хочется отметить, что процесс оценки технического состояния оборудования электроподвижного состава необходимо совершенствовать за счет применения перспективных цифровых технологий с целью улучшения качества выполнения ремонтно-восстановительных работ. Кроме того, следует отметить, что внедрение цифровых инструментов позволяет оптимизировать и сократить расходы, обеспечив поиск новых эффективных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рыжова Е.Л. Применение информационных технологий в системах диагностирования оборудования электроподвижного состава – методы, примеры их реализации, перспективы развития // Интеллектуальная Электротехника. 2025. № 3. С. 38–60. EDN CCTDNX
- 2 ГОСТ Р 57700.37–2021 [Электронный ресурс]. URL: <http://gost.gtsever.ru/Data/758/75810.pdf>
- 3 Цифровые двойники: учебное пособие / В. М. Дмитриев [и др.]. Томск: Изд-во Томск.гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2024. 88 с.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА: АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ

Р. А. Шахназарян, А. В. Муратов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях глобального роста цен на традиционные энергоресурсы и ужесточения экологических стандартов железнодорожный транспорт вынужден активно искать и внедрять энергоэффективные и экологически безопасные решения. Несмотря на высокий уровень электрификации магистральных линий, значительная часть подвижного состава, включая маневровые и магистральные тепловозы, а также специальную технику, продолжает использовать ископаемое углеводородное топливо в качестве основного энергоносителя. Это приводит к сохраняющейся зависимости отрасли от колебаний цен на топливо и обуславливает значительные объемы выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов. В связи с этим анализ и последующее внедрение альтернативных источников энергии для силовых установок подвижного состава представляются крайне актуальной и практически значимой задачей [1, 2].

Целью данного исследования, можно ли использовать современные альтернативные источники энергии вместо традиционного топлива в двигателях железнодорожной техники. Для её достижения в работе планируется систематизировать перспективные альтернативные энергоносители и технологии их использования, провести сравнительную оценку их экономических и экологических показателей относительно традиционных дизельных систем, оценить возможность адаптации существующих силовых установок под новые виды топлива и в итоге определить наиболее целесообразные направления для модернизации.

Анализ текущей ситуации и обзор исследований

Актуальность перевода железнодорожного транспорта на альтернативные виды топлива подтверждается как экономическими, так и экологическими факторами. По экспертным оценкам, на 2024 год парк тепловозов составляет порядка 1 370 единиц, при этом в 2025 году РЖД планирует дополнительно закупить около 400 новых локомотивов данного типа. Это свидетельствует о сохраняющейся важности тепловозной тяги для транспортной системы страны, несмотря на высокий уровень электрификации магистралей. Однако зависимость от дизельного топлива, доля которого в эксплуатационных расходах достигает 60 %, создает серьезные экономические риски в условиях нестабильности цен на энергоресурсы. Параллельно с этим экологическая нагрузка продолжает расти – тепловозы обеспечивают 15–20 % выбросов NOx и твердых частиц в транспортном секторе РФ.

Сложившаяся ситуация требует комплексного подхода к модернизации тягового подвижного состава, что подтверждается активными исследованиями в этой области. Отечественные ученые детально проанализировали перспективы водородной энергетики для маневровых локомотивов, особое внимание уделяя вопросам безопасности криогенного оборудования и эффективности топливных элементов. Международный опыт, в частности китайские разработки, демонстрирует успешные примеры перевода грузового подвижного состава на СПГ с сокращением эксплуатационных затрат на 25–30 % и выбросов CO₂ на 20 %. Значительный практический интерес представляют работы по применению биотоплива, подтверждающие возможность использования биодизельных смесей в стандартных дизельных установках с минимальными модификациями топливной системы [1, 2].

Однако анализ существующих исследований выявляет существенный пробел – отсутствие комплексной методики сравнительной оценки различных альтернативных видов топлива именно для условий российской железнодорожной сети с учетом климатических особенностей, существующей инфраструктуры и экономической целесообразности.

Классификация и описание альтернативных источников энергии

Для железнодорожного транспорта могут быть предложены следующие перспективные направления перевода силовых установок на альтернативные виды топлива: газомоторное топливо, водородные технологии, биотопливо и синтетические топлива.

Наиболее технологически готовым решением является использование природного газа. Мировой опыт демонстрирует успешное применение как сжиженного (СПГ), так и сжатого (КПГ) природного газа на железнодорожном транспорте. СПГ представляет особый интерес для магистральных тепловозов благодаря высокой энергоемкости – объемная энергетическая плотность СПГ превышает показатели КПГ в 2,5–3 раза, что позволяет обеспечить достаточный запас хода для грузовых перевозок. Экологические преимущества включают снижение выбросов CO₂ на 20–25 %, оксидов азота на 50–70 % и практически полное отсутствие выбросов сажи по сравнению с дизельным топливом [3].

Техническая реализация предполагает установку криогенных топливных емкостей, модернизацию системы топливоподачи и адаптацию двигателя для работы на газовом топливе. Наиболее эффективной признана схема с двухтопливной системой, позволяющей использовать как газ, так и дизельное топливо. В России уже имеется опыт эксплуатации маневровых тепловозов на КПП, а перспективным направлением считается создание магистральных тепловозов на СПГ. Основными техническими проблемами остаются необходимость использования дорогостоящих криогенных емкостей, обеспечение безопасности хранения газа и необходимость развития заправочной инфраструктуры. Водородная энергетика предлагает два конкурирующих направления развития. Первое – использование топливных элементов для генерации электроэнергии – характеризуется высоким КПД (45–60%) и минимальным уровнем шума. Для маневровых локомотивов данная технология особенно перспективна, поскольку позволяет полностью исключить вредные выбросы – продуктом реакции является только водяной пар. Второе направление предполагает использование водорода в модифицированных двигателях внутреннего сгорания, что требует менее радикальной переделки существующих силовых установок. Мировой опыт включает успешную эксплуатацию водородных поездов в Германии (Coradia iLint), Японии и Китае. В Российской Федерации разработан макетный образец маневрового тепловоза с гибридной энергоустановкой на основе топливных элементов. Ключевыми барьерами для широкого внедрения являются высокая стоимость производства «зеленого» водорода, необходимость создания специализированной инфраструктуры для хранения и заправки, а также вопросы безопасности при работе с водородом в условиях железнодорожных депо [4].

Биотопливо представляет собой наиболее быстро внедряемое решение для существующего парка тепловозов. Различают биотопливо первого поколения (биодизель на основе растительных масел, биоэтанол) и второго поколения (из непищевого сырья). Биодизельные смеси (B20, B30) могут использоваться в стандартных дизельных установках с минимальной модернизацией, что является их основным преимуществом. Отечественные исследования подтверждают возможность применения смесей до B30 без существенного изменения эксплуатационных характеристик двигателей типа Д49. Экологические преимущества включают снижение выбросов CO₂ на 60–80 % по сравнению с традиционным дизельным топливом за счет замкнутого углеродного цикла. Однако существуют и серьезные ограничения: повышенная склонность к окислению, потенциальное воздействие на резинотехнические изделия топливной системы, а также сезонные ограничения применения при низких температурах. Синтетические топлива (e-fuels), производимые методом Фишера-Тропша или путем синтеза из водорода и углекислого газа, представляют особый интерес с точки зрения углеродной нейтральности. Их ключевое преимущество – возможность использования в существующих двигателях без модификаций и полная совместимость с современной инфраструктурой. Мировой опыт включает промышленное производство синтетического дизельного топлива в Германии и скандинавских странах [4].

Каждое из рассмотренных направлений обладает уникальными преимуществами и ограничениями, что обуславливает необходимость их комплексной оценки. Газомоторное топливо демонстрирует наилучшее сочетание технологической готовности и экономической эффективности в среднесрочной перспективе. Водородные технологии обладают наибольшим экологическим потенциалом, но требуют значительных инвестиций в инфраструктуру. Биотопливо и синтетические топлива представляют собой переходные решения, позволяющие снизить углеродный след при сохранении существующего парка подвижного состава.

Для условий Российской Федерации наиболее перспективным представляется дифференцированный подход: использование СПГ для магистральных перевозок, водородных технологий для маневровой работы в экологически чувствительных регионах, и биотоплива – для постепенного снижения экологической нагрузки существующего парка тепловозов.

Сравнительный анализ альтернативных источников энергии

Для определения наиболее перспективных направлений модернизации тягового подвижного состава проведен сравнительный анализ рассмотренных альтернативных источников энергии по ключевым критериям эффективности. Основу сравнительного анализа составляют следующие критерии: энергоэффективность, стоимость жизненного цикла, уровень вредных выбросов, степень технологической готовности, затраты на инфраструктуру, совместимость с существующим парком [4].

Таблица 1

Сравнительные характеристики альтернативных источников энергии

Параметры	СПГ	Водород	Биодизель	Синтетическое топливо
КПД системы, %	35–40	45–60	30–35	30–38
Снижение выбросов CO ₂ , %	20–25	100	60–80	70–90
Стоимость топлива, руб/кВт·ч	1,8–2,2	4,5–6,0	2,5–3,0	5,5–7,0
Затраты на инфраструктуру	Высокие	Очень высокие	Низкие	Средние
Срок окупаемости, лет	5–7	10–15	3–4	8–12

Проведенный анализ демонстрирует, что СПГ обладает наилучшим сочетанием технологической готовности и экономической эффективности. Пилотные проекты РЖД по использованию СПГ показали снижение эксплуатационных расходов на 15–20 % при сроке окупаемости модернизации 5–7 лет.

Водородные технологии, несмотря на высокие первоначальные затраты, демонстрируют наибольший экологический потенциал. Для маневровых локомотивов в экологически чувствительных регионах данный вариант представляется наиболее перспективным в долгосрочной перспективе. Биотопливо показывает хорошие результаты по критерию быстрой внедряемости, однако ограничения по температурному режиму эксплуатации и доступности сырьевой базы обуславливают его региональный характер применения. Синтетические топлива, обладая максимальным экологическим потенциалом, в настоящее время не являются экономически целесообразными из-за высокой стоимости производства.

Полученные результаты позволяют перейти к оценке потенциала адаптации существующих силовых установок для работы на альтернативных видах топлива, что составит содержание следующего раздела исследования.

Таблица 2

Рекомендации по применению в зависимости от региона

Регион	Рекомендуемая технология	Обоснование
Арктическая зона	СПГ	Высокая энергоемкость, устойчивость к низким температурам
Дальний Восток	Биодизель	Наличие сырьевой базы, развитая нефтепереработка
Крупные узловые станции	Водородные технологии	Концентрация инфраструктуры, экологические требования
Европейская часть России	Мульти топливные системы	Диверсификация источников энергии

Анализ региональной применимости для условий Российской Федерации с ее разнообразными климатическими зонами и протяженными магистралями особое значение приобретает анализ региональной применимости различных технологий [9].

Перевод подвижного состава на альтернативные виды топлива оказывает комплексное влияние на эксплуатационные показатели. Для СПГ–тепловозов отмечается увеличение межремонтного пробега на 15–20 % благодаря более чистому сгоранию топлива. Однако при этом возникает необходимость в специализированном обслуживании криогенного оборудования.

Водородные энергоустановки демонстрируют снижение уровня шума на 10–15 дБ, что особенно важно для городских и пригородных перевозок. Одновременно возрастают требования к квалификации обслуживающего персонала и периодичности технического обслуживания.

Существенным фактором при выборе технологии являются нормативно-правовые аспекты. Использование СПГ требует разработки дополнительных мер безопасности при заправке и обслуживании. Водородные установки подпадают под действие строгих правил по обращению со взрывоопасными веществами. Применение биотоплива требует сертификации соответствия техническим регламентам.

Проведенный анализ показывает, что ни одна из технологий не обладает абсолютными преимуществами по всем критериям, что подтверждает необходимость разработки дифференцированного подхода к модернизации тягового подвижного состава с учетом конкретных условий эксплуатации.

Анализ адаптации существующих систем

Потенциал модернизации текущего парка тепловозов варьируется в зависимости от типа силовой установки и выбранного альтернативного топлива. Для газодизельных установок наиболее отработанной является технология последовательного впрыска газа, позволяющая достичь 70–80 % замещения дизельного топлива. Отечественный опыт модернизации тепловозов серий ТЭМ и ЧМЭЗ демонстрирует возможность сохранения основных эксплуатационных характеристик при снижении выбросов CO₂ на 20–25 % [5].

Для перевода на водородные технологии требуются более значительные изменения конструкции. Наиболее реалистичным представляется создание гибридных установок, где водородные топливные элементы комбинируются с литий-ионными аккумуляторами. Пилотный проект модернизации маневрового тепловоза с заменой дизельной установки на водородную показал увеличение КПД с 38 % до 52 %, однако стоимость переоборудования составила 45–50 млн рублей.

Особого внимания заслуживает вопрос инфраструктурной адаптации. Для СПГ необходимы криогенные заправочные комплексы с производительностью 5–7 м³/ч, размещаемые в основных депо. Водородная инфраструктура требует создания систем хранения под давлением 350–700 бар и специализированных заправочных станций. Наименьшие инфраструктурные затраты связаны с биотопливом, поскольку возможно использование существующих резервуаров и топливоподающих систем.

Заключение

Проведенное исследование показывает, что переход железнодорожного транспорта на альтернативные виды топлива – это не отдаленная перспектива, а насущная необходимость, обусловленная как экономическими, так и экологическими причинами. Существующий парк тепловозов и планы по его обновлению требуют взвешенного подхода к модернизации.

Наиболее реалистичным на сегодня представляется широкое внедрение газомоторного топлива, в первую очередь СПГ, для магистральных перевозок. Эта технология уже доказала свою эффективность и может быть развернута в сравнительно короткие сроки. Для маневровой работы в перспективе стоит ориентироваться на водородные решения, особенно в густонаселенных районах с жесткими экологическими нормативами.

При этом нельзя сбрасывать со счетов и биотопливо – его использование позволяет уже сейчас начать снижение углеродного следа без капитальной переделки подвижного состава. Конечно, каждый из этих вариантов имеет свои ограничения, но именно их комбинация и постепенное внедрение в зависимости от конкретных условий и задач позволят железнодорожной отрасли уверенно двигаться в направлении экологической устойчивости и энергетической независимости. Дальнейшие исследования целесообразно сосредоточить на разработке гибридных решений и оптимизации логистики поставки альтернативных топлив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Мишкин А. А., Муратов А. В. Анализ работы дизеля тепловоза при частичной замене дизельного топлива водородом // Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта : материалы 3-й Международной научно-практической конференции, Самара, 06–07 декабря 2006 года. Самара: Самарская государственная академия путей сообщения, 2006. С. 93–95. EDN WWCBEH.
- 2 Распоряжение Правительства РФ от 19.03.2019 № 466-р «О долгосрочной программе развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 года» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72200764/>
- 3 Петров С. В. Современные тенденции развития тягового подвижного состава // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 112–115. EDN: IMWFDY
- 4 Муратов А. В. К вопросу применения альтернативных видов топлива на железнодорожном транспорте Российской Федерации // Наука и образование транспорту. 2019. № 1. С. 59–61. EDN QGXHAA.
- 5 Проблемы и перспективы эксплуатации газотепловозов на Куйбышевской железной дороге – филиале ОАО «РЖД» / Д. Я. Носырев, А. В. Муратов, С. А. Петухов, Л. С. Курманова // Вестник транспорта Поволжья. 2014. № 5(47). С. 20–23. EDN THKZWV.

АСПЕКТЫ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ НОВИКОВА В ТЯГОВОМ РЕДУКТОРЕ ГРУЗОВОГО ТЕПЛОВОЗА

С. В. Шашанов

Алатырский техникум железнодорожного транспорта – филиал Приволжского государственного университета путей сообщения

Введение. Стратегия развития Российских железных дорог определяет приоритетные направления технической политики холдинга ОАО «РЖД» в освоении ежегодно растущего грузооборота. В связи с этим перед локомотивным комплексом сформулированы задачи по обеспечению тяговыми средствами неуклонно увеличивающегося объема перевозок. Для достижения поставленных целей была принята Программа развития тяжеловесного движения на сети дорог ОАО «РЖД» в ходе реализации, которой значительно обновился эксплуатируемый парк локомотивов. В первую очередь изменения затронули неэлектрифицированные участки Восточного полигона, где на смену устаревшим сериям приходят современные тепловозы семейств ТЭ25КМ и ТЭ28 с мощностью превышающей 2600 кВт в одной секции. Несмотря на повышенную мощность силовых установок, конструкция привода колесных пар новых локомотивов принципиально мало чем отличается от тепловозов второго поколения. В основном, изменения коснулись моторно-осевых подшипников – на смену вкладышам скольжения пришли подшипники качения. Неизменными остались и параметры тягового привода, а также конструкция прямозубого зубчатого редуктора с упругим ведомым самоустанавливающимся колесом (УСЗК). Логично предположить, что рост передаваемой касательной мощности, при неизменных параметрах зубчатого зацепления, может сопровождаться снижением запаса прочности зубьев передачи, а значит и повышается вероятность отказов столь важного узла. Степень актуальности вопроса повышается еще и потому, что в эксплуатации нередко возникают поломки различных элементов тягового привода. В этой связи, представляется целесообразным вновь обратить внимание на хорошо зарекомендовавшую в других областях транспортной техники зубчатую передачу Новикова. Такой тип зацепления был разработан в СССР в 1954 году и назван по фамилии изобретателя. Основное достоинства такого зацепления – повышенная нагрузочная способность [5: 229]. Еще одно немаловажное преимущество зацепления Новикова – минимальные потери на трение при перекачивании зубьев. Вместе с тем такое зацепление очень чувствительно к изменению межцентрового расстояния, что в условиях опорно-осевой подвески тяговых двигателей с подшипниками скольжения может крайне негативно сказаться на передаче крутящего момента. Попытки внедрения зубчатых колес нового профиля в тяговые приводы различных серий тепловозов были предприняты еще в конце 50-х годов прошлого века [10]. Тем не менее, в середине 1960-х годов по непонятным причинам работы в этом направлении прекратились. В Алатырском техникуме железнодорожного транспорта – филиале Приволжского Государственного университета путей сообщения, в рамках ежегодного конкурса научных разработок, проведены исследования некоторых аспектов возможной замены на тепловозах серии ТЭ25КМ штатного тягового редуктора с эвольвентным зацеплением на передачу с зацеплением Новикова. В статье кратко излагаются ключевые итоги выполненной работы.

Выбор основных параметров предлагаемого тягового редуктора с зацеплением Новикова

Опытный образец тяговой передачи с зацеплением Новикова испытан в 1960 году на тепловозе ТЭ3–2768 и в целом неплохо себя зарекомендовал (после пробега 300 тыс. км у зубьев отсутствовали сколы, следы усталостного выкрашивания) [10], в таблице 1 приведены его геометрические параметры без указаний материалов и твердости зубчатых колес.

Таблица 1

Основные параметры опытной тяговой передачи с зацеплением Новикова

Наименование параметра	Значение параметра [10]	
	Шестерня	Колесо
Передаточное число	4,41	
Контур зацепления	ВВИА–60 с одной линией зацепления	
Число зубьев	17	75
Ширина венца, мм	140	125
Межцентровое расстояние, мм	468,8	
Торцевой модуль зацепления, мм	10,19	
Угол наклона зубьев	32,6°	

Приведенные в таблице 1 характеристики были использованы для расчета величин напряжений в зацеплении по следующим причинам: у тягового редуктора тепловоза ТЭ25КМ значения передаточного числа, модуля зубьев и централи совпадают с аналогичными параметрами тепловоза ТЭ3; указанные показатели зацепления были рекомендованы еще самим М.Л. Новиковым. В вопросе выбора материалов и твердости зубчатых колес логично ориентироваться на тяговый привод электровозов ВЛ–80, поскольку мощность тягового электродвигателя НБ418 практически совпадает с мощностью тягового двигателя ЭД–133У тепловоза ТЭ25КМ. Поэтому в предлагаемой тяговой передаче с зацеплением Новикова, в соответствии с ГОСТ 30803–2014 [3: 3], для изготовления зубчатых колес принимались следующие марки сталей: шестерня–сталь 20ХН3А, ведомое колесо–сталь 55Ф. В таблице 3 указаны значения твердости зубьев.

Вероятные расчетные напряжения в зацеплениях

Для штатного и предлагаемого варианта тяговой передачи тепловоза ТЭ25КМ были определены напряжения в зубьях колес, методики расчета подробно изложены [5: 229], [6: 20], [7: 68]. Для вычисления эквивалентных циклов и допускаемых напряжений в зубьях учитывались рекомендуемые для расчетов [8: 291] показатели использования мощности грузовых тепловозов на сети железных дорог Российской Федерации (таблица 2).

Таблица 2

Распределение времени работы грузовых тепловозов на различных режимах мощности

Скорость движения, км/ч	Касательная мощность P_k , %					Суммарное время, %
	0	25	50	75	100	
1–10	1,0	2,1	1,3	0,6	0,15	5,15
10–20	1,05	1,25	1,2	0,65	0,8	4,95
20–30	1,15	0,7	1,1	0,85	1,8	5,6
30–40	1,45	0,3	1,2	1,15	4,9	9,0
40–50	1,5	0,2	1,25	1,4	5,7	10,05
50–60	1,85	0,2	1,4	1,6	5,9	10,95
60–70	2,2	0,2	1,7	1,9	5,6	11,6
70–80	2,9	0,15	1,9	2,15	4,75	11,85
80–90	2,4	0,15	1,7	1,75	3,5	9,5
90–100	1,6	0,2	1,25	1,2	1,9	6,15
	17,1	5,45	14	13,25	35	84,8

Результаты расчетов допускаемых напряжений в каждом виде зацепления сведены в таблицу 3, за расчетный принимался режим работы тяговой передачи на максимальной позиции контроллера при длительной скорости движения. Изменение вероятных величин контактных и изгибных напряжений в зубьях во всем диапазоне скоростей движения тепловоза иллюстрируют графики на рисунках 1 и 2. Значения коэффициентов запаса прочности зубьев на расчетном режиме работы штатного и предлагаемого тягового редуктора представлены на рисунке 3. Там же приведены коэффициенты запаса прочности зубьев эвольвентного зацепления тягового привода абстрактного тепловоза при максимально разрешенной силе тяги одного колесно-моторного блока. На сегодня предельная расчетная сила тяги движущей оси, согласно [4: 6], не должна превышать 63,7 кН.

Таблица 3

Допускаемые напряжения в зубьях тягового редуктора

Марка стали [3]	Средняя твердость [3]	Допускаемое контактное напряжение при базовом числе циклов, $[\sigma]_{H0}$ МПа	Допускаемое изгибное напряжение при базовом числе циклов $[\sigma]_{F0}$ МПа	Допускаемое контактное напряжение, $[\sigma]_H$ МПа	Допускаемое изгибное напряжение, $[\sigma]_F$ МПа
Эвольвентное зацепление					
Шестерня					
20ХН3А	HRC 62 (HB 685)	1180	558	1551	892
Колесо					
45ХН	HRC 55 (HB 562)	940	410	1504	656
Зацепление Новикова					
Шестерня					
20ХН3А	HB 345	688	355	770	284
Колесо					
Сталь 55Ф	HB 300	610	310	829	248

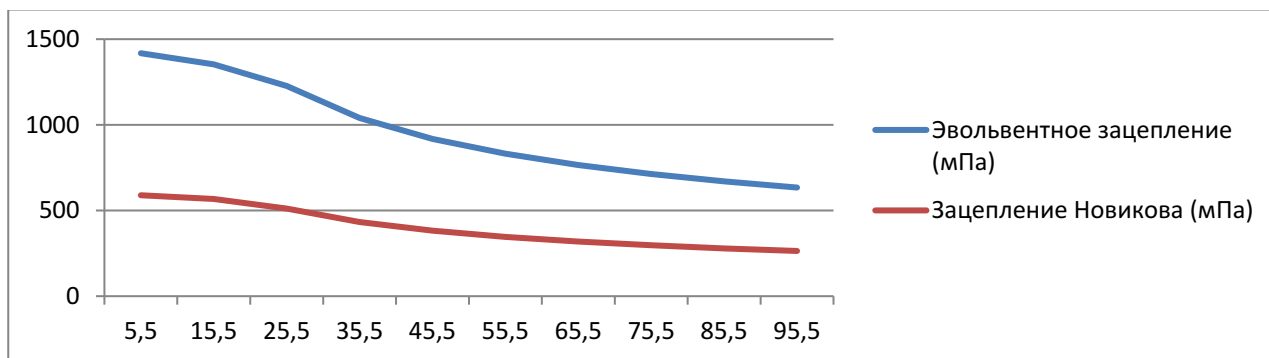


Рис. 1. Уровень изменения расчетных контактных напряжений в зацеплении в зависимости от скорости движения тепловоза

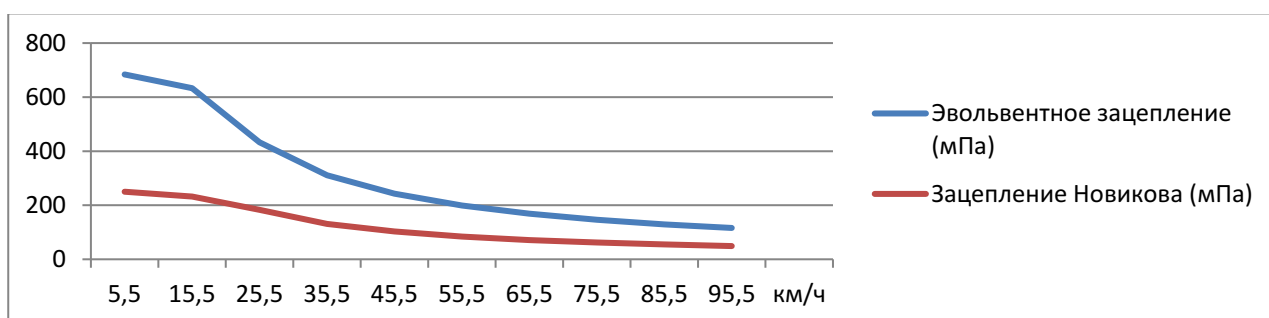


Рис. 2. Уровень изменения расчетных напряжений изгиба в зацеплении в зависимости от скорости движения тепловоза



Рис. 3. Гистограмма коэффициентов запаса прочности зубьев тягового редуктора на расчетном режиме

Экономический аспект

Вероятная экономия средств от внедрения нового типа тягового редуктора должна определяться уменьшением затрат на изготовление зубчатой передачи с зацеплением Новикова, а также возможным сокращением эксплуатационных расходов за счет увеличения срока службы по сравнению со штатным тяговым приводом. Снижению расходов могут способствовать следующие факторы: более дешевая сталь для изготовления ведомого зубчатого колеса, возврат к простой и менее трудоемкой цельнокатаной конструкции ведомого зубчатого колеса. Узнать из открытых источников конкретную себестоимость изготовления зубчатых колес не представляется возможным, в данном случае приблизительным ориентиром могут служить коммерческие предложения, выложенные на электронных ресурсах продавцов металлопродукции и поставщиков запасных частей локомотивов (таблица 4).

Таблица 4

Ориентировочная стоимость материалов и запасных частей

Наименование продукции, изделия	Средняя цена
Поковка для изготовления зубчатых колес сталь 40ХН Ø800 мм	190 руб/кг [11]
Поковка для изготовления зубчатых колес сталь 55Ф, Ø800 мм	110 руб/кг [11]
Цельнокатанное зубчатое колесо тягового привода электровозов ВЛ-80	155 тыс. руб [12]
УСЗК тягового привода тепловоза Z=75, m=10 мм	218 тыс. руб. [12]

Информация таблицы не дает прямого ответа на вопрос о стоимости того или иного типа зубчатого редуктора, тем не менее ориентируясь на приведенные косвенные данные, можно предположить, что изготовление тяговой передачи с зацеплением Новикова обойдется примерно в 1,3–1,5 раза дешевле. Снижение текущих расходов за счет увеличения жизненного цикла предлагаемого тягового привода можно определить только по накопленному опыту эксплуатации.

Выводы и заключение

Проверочные расчеты передач показали, что для тепловоза серии ТЭ25КМ с тяговым приводом на основе с зацепления Новикова контактные и изгибные напряжения в зубьях значительно ниже по сравнению с аналогичными показателями эвольвентного зацепления (графики на рисунках 3 и 4).

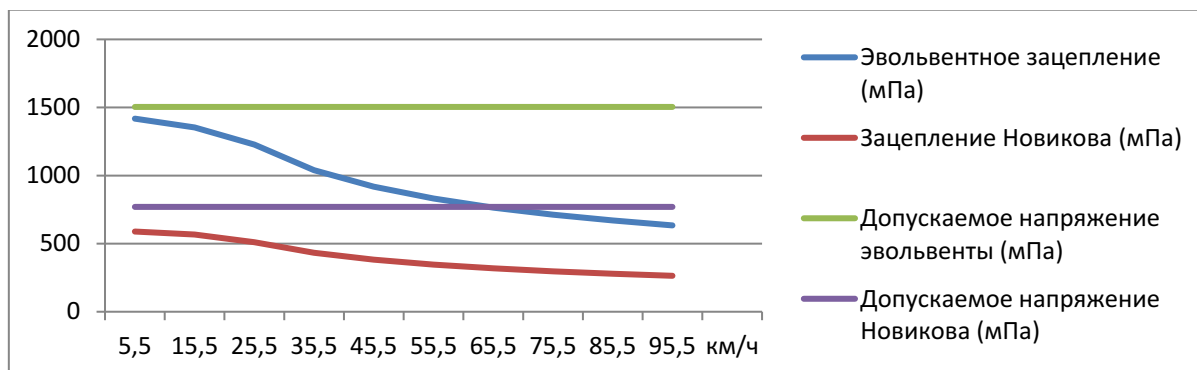


Рис. 3. Графики изменения контактных напряжений в зубьях зацеплений

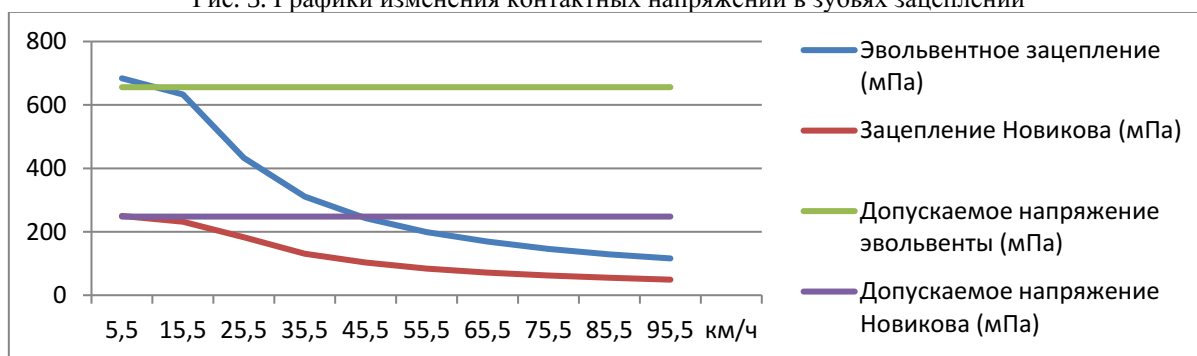


Рис. 4. Графики изменения напряжений изгиба в зубьях зацеплений

Напряжения в зубьях эвольвентного профиля более чем в 2 раза превышают напряжения в зацеплении Новикова, что подтверждает правильность применения более дешевой углеродистой стали для изготовления ведомого зубчатого колеса. В каждом варианте зацепления на расчетном режиме работы тепловоза у зубьев имеется довольно солидный запас прочности (рисунок 3). Более того, существующая конструкция тягового привода с прямозубым зацеплением способна выдержать максимально допускаемое отраслевым стандартом [4] тяговое усилие (запас прочности по контактным напряжениям составляет 10 %, а по напряжениям изгиба – 20 %). То есть штатная передача обладает значительным прочностным ресурсом, очевидно с этим и связано нежелание производителей изменять конструкцию тягового привода. При гипотетическом внедрении зацепления Новикова в тяговый привод с моторно–осевыми подшипниками качения, есть смысл вернуться к более дешевому и технологичному цельнокатаному ведомому колесу, как это принято на электровозах, в тоже время, для компенсации осевых нагрузок потребуются вариант конструкции шестерни с упорными шайбами либо же классическое шевронное исполнение передачи.

Таким образом, на сегодняшний день, целесообразность применения зацепления Новикова в тяговом редукторе современного грузового тепловоза еще не приобрела должной степени актуальности. Тем не менее, для определения эксплуатационных свойств, а значит и нормативного пробега, было бы уместно провести опытную эксплуатацию локомотива с тяговой передачей с зацеплением Новикова. Почему–то более полувека назад такой эксперимент смогли осуществить, что же мешает повторить его в современных условиях на современных локомотивах?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru> (дата обращения 11.09.2025)
- 2 Программа развития тяжеловесного движения на сети железных дорог ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru> (дата обращения 19.09.2025)
- 3 ГОСТ 30803–2014 Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Технические условия. [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru> (дата обращения 19.09.2025)
- 4 «Инфраструктура железнодорожного транспорта на участках обращения поездов повышенного веса и длины. Технические требования» СТО РЖД 1.07.002–2010. [Электронный ресурс]. URL: <https://company.rzd.ru> (дата обращения 21.09.2025)

- 5 Иванов М. Н. Детали машин: учебник для студентов высших технических учебных заведений. 5-е издание., переработанное. М.: Высшая школа, 1991. 383 с.
- 6 Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Детали машин. Курсовое проектирование: учебное пособие для машиностроительных специальных техникумов. 2-е издание, переработанное и дополненное. Высшая школа, 1990. 399 с.
- 7 Эйдинов М. С. Расчёт зубчатых и червячных передач. Передачи Новикова, глобоидные и червячно-спироидные: учебное пособие. Свердловск, издание УПИ им. С. М. Кирова, 1981, 92 с.
- 8 Теория и конструкция локомотивов: учебник для вузов ж.-д. транспорта / Г. С. Михальченко [и др.], под редакцией Г. С. Михальченко. М.: Маршрут, 2006. 584 с.
- 9 Межлумян Э. Э. Конструктивные особенности и правила эксплуатации грузового магистрального тепловоза 2ТЭ25КМ: Конспект технических занятий. Часть 1. Брянск: Издание АО «Брянский машиностроительный завод», 2018. 96 с.
- 10 Михайлов Г. И. Привод упущенных возможностей. Опыт применения зацепления Новикова в тяговых передачах локомотивов // Локомотив. 2023. № 9. С. 32–36.
- 11 Яндекс Маркет. Заготовки для зубчатых колёс. URL: <https://market.yandex.ru> (дата обращения 06.03.2025)
- 12 Промтэк. Запчасти для тепловозов. URL: <https://promdepo.ru> (дата обращения 06.03.2025)

СЕКЦИЯ 2

Организация перевозок и управление на транспорте

УДК 656.073.235

ТЕНДЕНЦИИ И ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

А. А. Аксенова, Д. Ю. Гришкова

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Контейнерные перевозки стали революцией в области грузоперевозок, предложив стандартизированную, упрощённую и эффективную схему транспортировки товаров. До их внедрения перевозка грузов была сложной, трудоёмкой и неупорядоченной – каждый груз перевозился в различной таре, что затрудняло погрузку, разгрузку и увеличивало риски повреждения. Унификация тары в виде контейнеров позволила значительно сократить время транспортировки, упростить логистику и снизить издержки, что привело к повсеместному распространению контейнеризации и модернизации транспортной отрасли по всему миру [1: 100].

Данная работа раскрывает ключевые этапы развития контейнерных перевозок в России за последние пять лет, показывая, как период бурного роста сменился адаптацией к новым экономическим и геополитическим реалиям, с существенными изменениями в структуре и географии грузопотоков. Эта динамика отражает современные вызовы и перспективы контейнерного рынка, важного для экономики и международной торговли.

В связи с этим цель данной работы заключается в анализе развития контейнерных перевозок в России за последние пять лет, выявлении основных этапов их трансформации, а также построение прогноза динамики развития данного сегмента транспортного рынка на ближайшую перспективу.

Материалы и методы исследования. В работе представлен анализ современного развития контейнерных перевозок в России с учетом новых глобальных и внутренних тенденций, ключевых направлений грузопотоков и вызовов отрасли в последние пять лет.

Основные направления и тенденции развития контейнерных перевозок в России в 2025 году включают следующие ключевые маршруты и тренды [2]:

- Северо-западный вход через Балтийское море и порт Санкт-Петербурга, который остаётся главным каналом импорта для Северо-Западного и Центрального регионов России. Этот маршрут стабилен, имеет развитую инфраструктуру и хорошо интегрируется с европейскими логистическими системами;
- Дальний Восток с портами Владивостока и Находки занимает лидирующую роль во внешней торговле с Азией, прежде всего с Китаем. Через эти порты идёт основная часть контейнерных грузопотоков из Китая в Россию, а также в обратном направлении на экспорт. При этом наблюдается рост сухопутных ж/д контейнерных перевозок из Китая через границу, которые увеличились на 30–40 % в 2025 году;
- Азово-Черноморский бассейн с портом Новороссийска и южными портами активно развивается как экспортное направление, расширяя географию поставок на рынки Африки и Ближнего Востока;
- Северный морской путь (СМП) в 2025 году обеспечивает сезонные перевозки с возможностями экономии времени и стоимости, но его использование ограничено ледовыми условиями и зависит от наличия специализированного флота;
- Транзитные маршруты через Россию остаются важным направлением, но сталкиваются с определёнными проблемами и нестабильностью, что вызывает необходимость перестройки логистических цепочек.

Развитие контейнерных перевозок в России за последние годы характеризовалось значительным ростом в 2020–2021 годах и последующим спадом и трансформацией рынка к 2025 году.

В 2021 году объем перевозок достиг 73,2 млн тонн, что в 1,7 раза больше, чем в 2017 году. Рост поддерживали особенно железнодорожные перевозки, которые стали основным способом транспор-

тировки грузов в контейнерах в связи с пандемией и связанными с ней изменениями в логистике. В 2020–2021 годы рост составил около 18 % и 13,3 % соответственно [3, 4].

В 2022 году рынок контейнерных перевозок снизился на 15,9 % по сравнению с 2021 годом, что было связано с переориентацией грузопотоков с северо-запада страны на Дальний Восток и остановкой деятельности крупнейших контейнерных линий. Внутренние перевозки остались на уровне 2021 года, импорт сократился на 12 %, экспорт – на 25 %, транзит снизился на 23 % [3, 4].

В 2023 году и в первой половине 2025 года отмечается спад объемов контейнерных перевозок – в 1 полугодии 2025 года снижение составило около 5 % по сравнению с прошлым годом. Однако экспорт растет: за январь–август 2025 года экспорт контейнеров увеличился на 7 %, особенно через сухопутные переходы в Китай (+15%) и порты Дальнего Востока (+10 %) [3, 4, 5].

Рынок контейнерных перевозок переживает фазу трансформации: меняется структура грузов, география потоков, финансовые модели. Старые логистические схемы теряют эффективность, а новые пока не полностью сформированы. Это требует адаптации бизнеса и разработки новых транспортных решений.

В целом можно выделить следующие этапы: бурный рост до 2021 года, резкое сокращение в 2022 из-за геополитических и логистических изменений, дальнейшее снижение объемов с частичным восстановлением экспорта в 2023–2025 годах и переход к новой модели контейнерной логистики, ориентированной на азиатские маршруты и мультимодальные перевозки. Объёмы контейнерных перевозок в России по годам 2021–2025 представлены в таблице 1 [11].

Таблица 1

Объёмы контейнерных перевозок в России по годам 2021–2025 (в миллионах TEU) [11]

Год	Объем контейнерных перевозок (млн TEU)	Основные тренды
2021	около 6,0	Рост на 13,3% по сравнению с 2020
2022	около 5,0–5,5	Продолжение роста, затем начало замедления
2023	около 4,5–5,0	Начало спада объема контейнерных перевозок
2024	около 4,5	Стабилизация с небольшим снижением
2025 (за январь–август)	4,208	Снижение на 5,3% за 8 месяцев, рост экспорта

Согласно данным группы FESCO, несмотря на общее снижение контейнерных перевозок на 5,4 % в январе–июле 2025 года, контейнерный экспорт вырос на 6 %, достигнув 1,12 млн TEU. Экспорт через сухопутные переходы в Китай показывает самый высокий рост – +15 %. Экспортные перевозки через порты Дальнего Востока +9 % и Новороссийска +2 % также растут, а через порты Северо–Запада сокращаются –11 % [6, 7: 57].

Таким образом, экспортные контейнерные перевозки в России за последние годы показывают устойчивость и даже рост в 2025 году, несмотря на снижение общего рынка перевозок. Объёмы контейнерных перевозок на экспорт в России за 2021–2025 годы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Объёмы контейнерных перевозок на экспорт в России за 2021–2025 годы (в млн TEU) [11]

Год	Объем экспортных контейнерных перевозок (млн TEU)	Основные изменения и тренды
2021	около 1,05–1,1	Рост экспорта, поддержка сухопутных и морских путей
2022	около 1,1–1,15	Продолжение положительной динамики
2023	около 1,05	Некоторое похолодание рынка Из-за санкций
2024	около 1,05	Стабилизация объемов, рост экспорта через Китай и Дальний Восток
2025 (январь–июль)	1,12	Рост на 6% за 7 месяцев

На рисунке 1 представлена сравнительная диаграмма объёмов контейнерных перевозок в России за 2021–2025 годы.

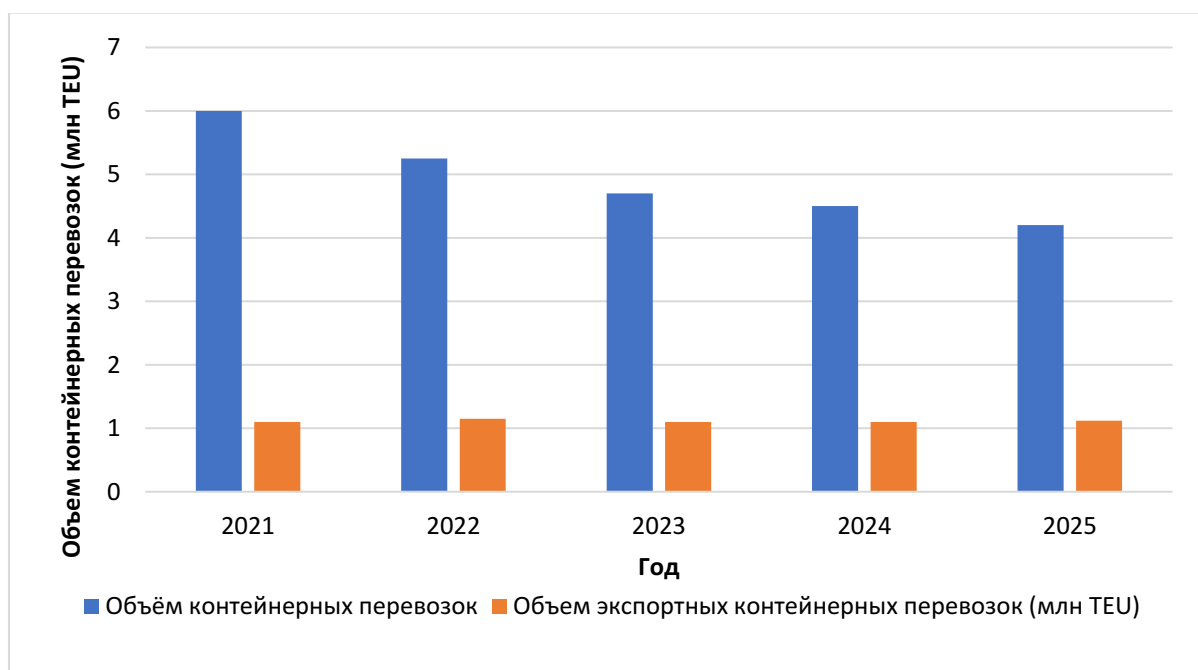


Рис. 1. Объёмы контейнерных перевозок в России за 2021–2025 годы [11]

Для выявления тенденций развития контейнерных перевозок на ближайшие три года целесообразно использовать два статистических метода прогнозирования: метод экстраполяции и метод предсказания, реализуемые через функции статистических инструментов [8: 102].

Метод экстраполяции основывается на анализе исторических данных за предыдущие годы с целью выявления устойчивых трендов и их проецирования в будущее. Он позволяет продлить временной ряд данных, выявляя закономерности в динамике объёмов контейнерных перевозок и предполагая, что эти тенденции сохранятся в дальнейшем. Экстраполяция особенно эффективна для краткосрочных прогнозов.

Метод предсказания (прогнозирования) является более комплексным и опирается на математические модели. Статистическое прогнозирование не просто продлевает прошлое, но и прогнозирует поведение на основе более сложных взаимосвязей, что повышает точность и надёжность оценки развития отрасли на плановый трехлетний период.

Результаты развития контейнерных перевозок расчетом методом экстраполяции и предсказания представлены на рисунках 2 и 3 соответственно.

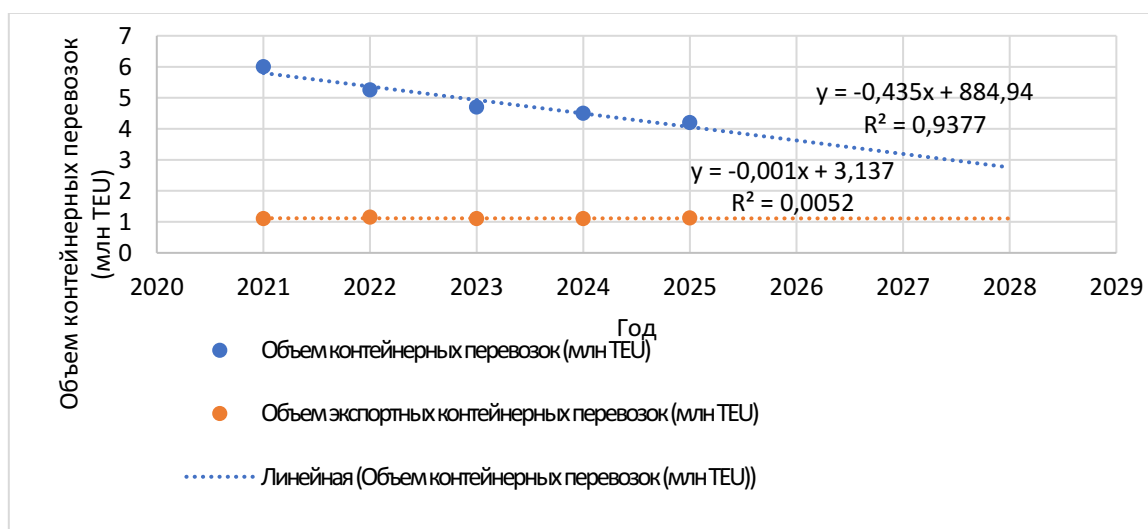


Рис. 2. Динамика развития контейнерных перевозок, полученная методом экстраполяции

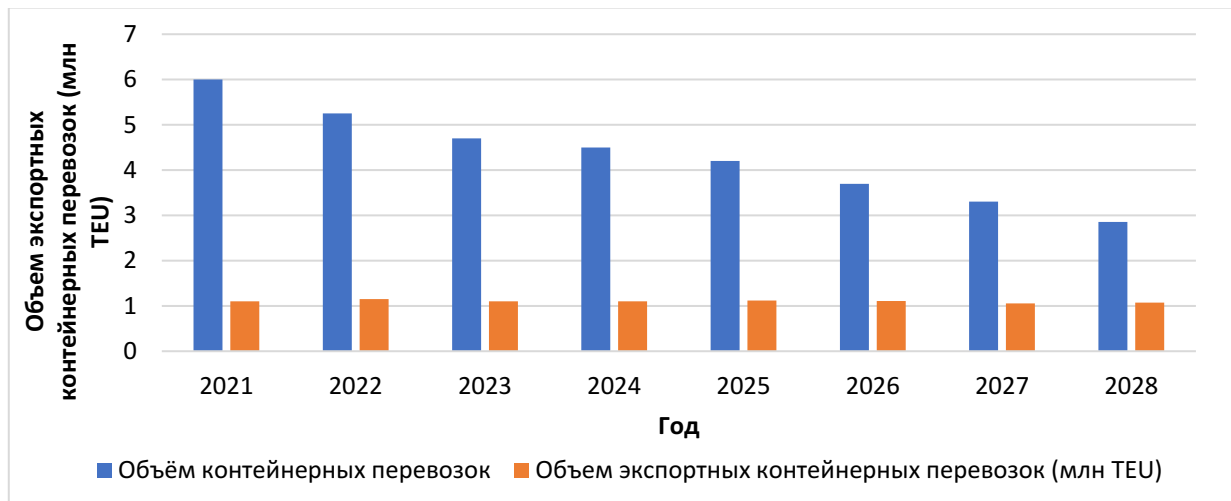


Рис. 3. Динамика развития контейнерных перевозок, полученная методом прогнозирования (предсказания)

Анализ полученных результатов. При анализе представленных диаграмм выявляется тенденция к снижению объемов контейнерных перевозок, наблюдаемая на протяжении следующих трех лет. Данное явление требует серьезного внимания, поскольку оно может оказать значительное влияние на всю отрасль. Основные факторы, способствующие данному состоянию, вероятно, связаны с перегрузкой портовых терминалов, которые уже в настоящее время испытывают значительное давление в результате увеличившегося объема грузопотока. Кроме того, значимым фактором, оказывающим влияние на текущую ситуацию, являются сложные логистические условия, обусловленные недостатком подвижного состава. Данная проблема создает дополнительные трудности при вывозе импортных контейнеров, что, в свою очередь, усугубляет общую картину и требует незамедлительного решения. Следует отметить, что на представленных диаграммах отсутствует аналогичный спад в объемах экспорта контейнеров, что может свидетельствовать о наличии определенного дисбаланса между импортом и экспортом в данной области. Данное обстоятельство подчеркивает актуальность и значимость своевременного анализа и корректировки логистических процессов с целью предотвращения потенциальных негативных последствий для экономики и отрасли в целом [9, 10: 9].

Выводы. В результате проведенного исследования можно констатировать, что за последние пять лет развитие контейнерных перевозок в России прошло через ряд значимых этапов. Первоначальный период характеризовался бурным ростом объемов перевозок, который достиг пика в 2021 году. Далее последовал резкий спад в 2022 году, вызванный изменениями в грузопотоках и остановкой деятельности большинства крупных контейнерных линий. Несмотря на это, экспортные перевозки демонстрируют устойчивый рост, особенно через сухопутные переходы в Китай и порты Дальнего Востока. Прогнозы развития на ближайшие три года, составленные методами экстраполяции и предсказания, показывают возможность снижения объемов контейнерных перевозок. Основными причинами прогнозируемого спада являются перегрузка портовых терминалов, дефицит подвижного состава и усложнённые логистические условия. Тем не менее, положительная динамика экспорта сигнализирует о формировании нового баланса в контейнерном секторе России. Для обеспечения устойчивого развития отрасли необходимы системные меры по оптимизации логистики, развитию инфраструктурных объектов, увеличению подвижного состава и преобразованию бизнес-моделей в соответствии с современными вызовами и требованиями мирового транспортного рынка. Только при комплексном подходе возможна конкуренция и эффективное функционирование российского рынка контейнерных перевозок на международной арене.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Николаев В. В. Современные тенденции логистических процессов перевозки контейнеров в России // Вестник. 2024. С. 100–102.
- 2 CARGOGOODS – международные грузоперевозки / Контейнерные перевозки в 2025 году: тенденции, тарифы, прогнозы [Электронный ресурс]. URL: <https://cargo-goods.com/morskie-perevozki/kontejnernye-perevozki-v-2025-godu-br-tendencii-tarifj-prognozy/>.
- 3 Анализ рынка контейнерных грузоперевозок в России в 2020–2024 гг., прогноз на 2025–2029 гг. // Бизнес-статистика. 2020. 50 с.
- 4 Сидоров А. Контейнерные перевозки грузов: «ящик» всему голова? [Электронный ресурс]. URL: <https://morvesti.ru/analitika/1692/116638/>.

- 5 Карпович П. Разворот на восток завершен, куда двигаться дальше? На деловом семинаре РЖД-Партнера эксперты обсудили развитие контейнерного рынка РФ в условиях 2025 года [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/comments/razvorot-na-vostok-zavershen-kuda-dvigatsya-dalshe-na-delovom-seminare-rzhd-partnera-eksperty-obsudi/>.
- 6 РЖД ПАРТНЕР / Объем контейнерных перевозок в России за январь – июль 2025 года снизился на 5,4% и составил 3,657 млн TEU. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rzd-partner.ru/logistics/news/obem-konteynerykh-perevozok-v-rossii-za-yanvar-iyul-2025-goda-snizilsya-na-5-4-i-sostavil-3-657-mln/>.
- 7 Гашкова Л. В., Морозова О. Ю. Современное состояние рынка международных контейнерных перевозок в России // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2022. № 9–1. С. 53–61.
- 8 Перминова А. А. Существующие подходы и методы прогнозирования спроса на контейнерные перевозки // Вестник науки. 2016. С. 100 – 105.
- 9 Экспертные прогнозы активного роста контейнерных перевозок в России на 2025 год // Портовые новости [Электронный ресурс]. URL: <https://portnews.ru/news/368152/>.
- 10 Боженко С. А., Новожилова У. А., Легостаева Н. В. Анализ и перспективы развития контейнерных перевозок в РФ в современных условиях // Вестник образовательного сообщества. 2023. С. 8–12.
- 11 Федеральная служба государственной статистики / Для разработки статистической информации о балансе производственных мощностей по итогам за 2021, 2022, 2023, 2024 и 2025 гг. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/search?q=контейнеры&date_from=01.01.2023&content=on&date_to=31.10.2025&search_by=all&sort=relevance.

УДК 656.2

ВИРТУАЛЬНАЯ СЦЕПКА ПОЕЗДОВ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

С. А. Андриевский, А. И. Баранов, Е. В. Климова

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В наши дни транспорт является одним из ключевых элементов в экономике передовых стран мира. Без строительства современной инфраструктуры, развития межрегиональных и межгосударственных связей невозможно гарантировать выполнение требуемого объема перевозок грузов и пассажиров. В условиях импортозамещения и смены геополитического курса России железнодорожные артерии играют особую роль, в том числе обеспечивая обороноспособность страны.

Согласно данным Росстата, объемы грузовых перевозок на железнодорожном транспорте имели спад в 2022 г., что преимущественно было вызвано сокращением поставок грузов в Европу. Как представлено на рисунках 1 и 2, уже в следующем году транспортная сеть смогла успешно переориентироваться на восточное направление и приблизиться к показателям перевозок 2021 г.

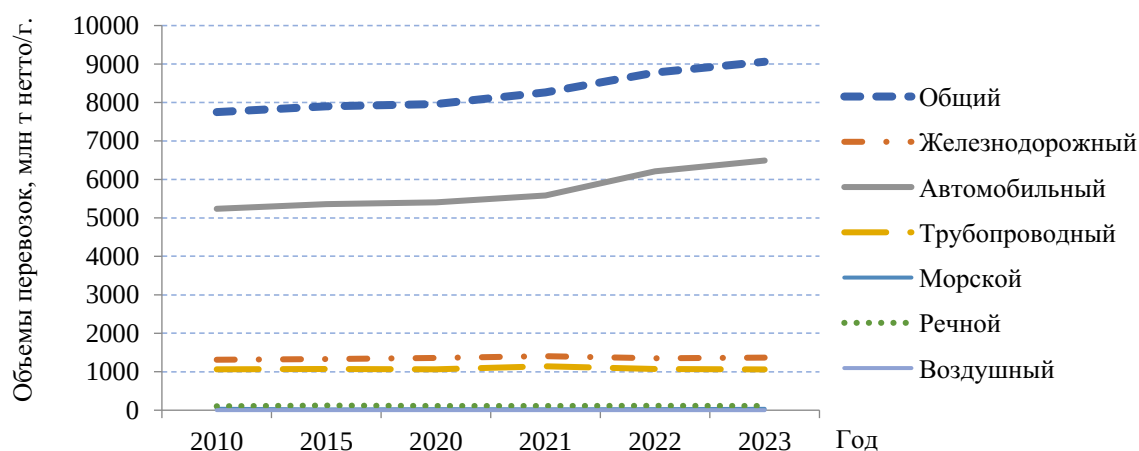


Рис. 1. Объемы грузовых перевозок и по видам транспорта в России в период с 2010 по 2023 гг.

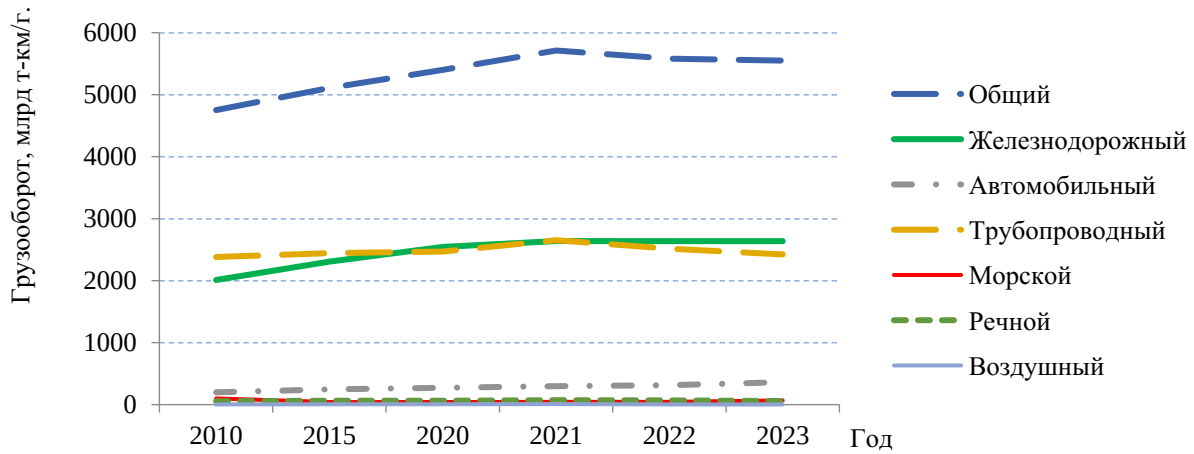


Рис. 2. Грузооборот по видам транспорта в России в период с 2010 по 2023 гг.

Данная восходящая тенденция, которая наблюдалась и в последующие годы, подчеркивает стратегическое значение железнодорожного транспорта в обеспечении экономического суверенитета нашей страны. Тем не менее, статистика также показывает, что на рынке транспортных услуг главным конкурентом для железных дорог остается автомобильный транспорт, стабильно наращивающий мощности перевозок с 2010 г. Этот успех автотранспорта объясняется двумя основными факторами, делающими его привлекательным для клиентов: быстрая скорость доставки на расстояние до 1000 км, а также минимальное включение в стоимость услуги по перевозке затрат на содержание автодорожной инфраструктуры ввиду того, что финансовое поддержание функционирования автомобильных дорог реализуется за счет выплат налогоплательщиков по транспортному налогу.

Таким образом, железнодорожному транспорту необходимо сфокусировать свое внимание на решении вопросов по более эффективному пользованию инфраструктурой и сокращению сроков доставки грузов на коротких и средних расстояниях [1: 37], что подтверждает **актуальность** данного исследования.

Такая же динамика наблюдается и в пассажирских перевозках на железнодорожном транспорте, как это представлено на рисунке 3. Другие виды транспорта подвержены аналогичным проблемам, связанным со снижением объемов пассажирских перевозок, что объясняется распространением в 2020 г. коронавирусной инфекции и сопутствующих ограничений [1: 40]. Тем не менее, после небольшой просадки пассажирооборота в 2020 г. наблюдался стремительный подъем количества пассажирских рейсов в воздушном сообщении. Данная динамика на авиационном транспорте сохраняется и по сей день. Железнодорожному транспорту в этой борьбе за клиента с авиационными компаниями конкурировать крайне сложно в силу того, что потребитель при приблизительно одинаковой стоимости проезда выбирает скорость, присущую воздушному транспорту.

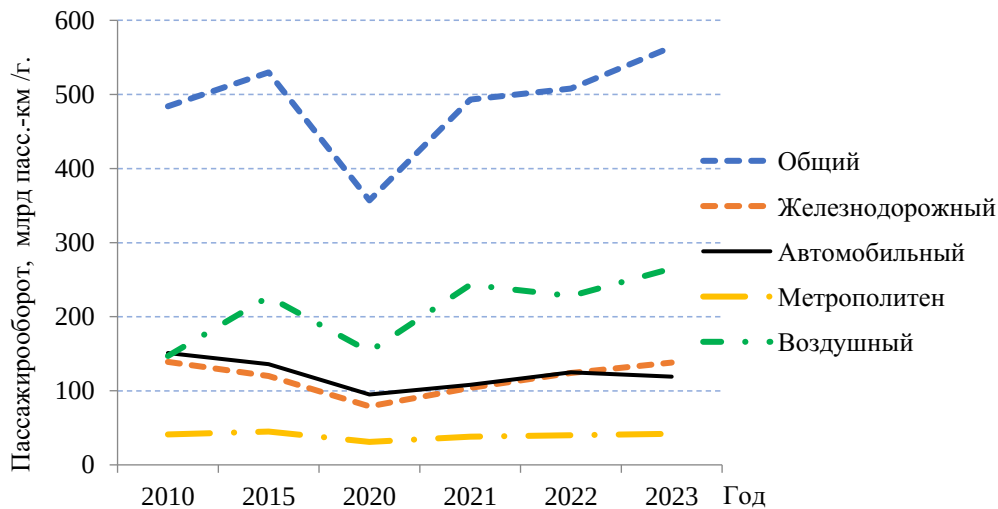


Рис. 3. Пассажирооборот по видам транспорта в России в период с 2010 по 2023 гг.

Целью данного исследования является определения наиболее перспективной модели развития отечественного железнодорожного транспорта.

Для достижения поставленной цели требуется выполнить ряд **задач**:

- 1) проанализировать актуальные количественные и качественные показатели перевозок грузов и пассажиров по основным видам транспорта России;
- 2) выявить «узкие» места отечественного железнодорожного транспорта;
- 3) изучить опыт зарубежных стран в области развития пассажирских перевозок;
- 4) определить инновационные и наиболее оптимальные пути развития для железнодорожного пассажирского сообщения.

Главным преимуществом, которое до сих пор удерживает пассажиров на железнодорожном транспорте, является высокая стабильность и надежность перевозок. Эта особенность проявляется в том, что отклонения пассажирских поездов от расписания, благодаря слаженной организации процесса перевозок и независимости от природных условий, в сравнении с задержками рейсов в воздушном сообщении представляются крайне ничтожными, что определяет выбор людей, ценящих стабильность и не готовых рисковать своим временем.

Таким образом, оценивая сложившуюся ситуацию на рынке транспортных услуг в России, становится понятно, что в двух ключевых сферах деятельности компании ОАО «РЖД», заключающихся в грузовых и пассажирских перевозках, на фоне развития конкурентов, в лице автомобильного и авиационного вида транспорта, наблюдается спад. Следовательно, для укрепления своего положения на рынке, железнодорожная отрасль должна сконцентрировать свое внимание на поддержании и развитии своих конкурентных преимуществ – стабильности и надежности перевозок, для чего требуются существенные усилия и инвестиции в реконструкцию инфраструктуры и оптимизацию существующего подхода к организации движения поездов.

Действительно, государство инвестирует значительные капиталовложения на строительство БАМа, регулярно реконструируются ключевые железнодорожные направления и узлы. В рамках совершенствования организации перевозочного процесса не прекращается работа, направленная на повышение производительности труда, оптимизацию производственных циклов, внедрение бережливого производства. В то же время, наиболее остро проявляется проблема системного дефицита кадров, а также недостаточной пропускной способности участков.

Учитывая особенность отечественных железных дорог, по которым осуществляется пропуск как пассажирских, так и грузовых поездов, очевидной проблемой при построении оптимального графика движения поездов, является съем ниток грузовых поездов, возникающий из-за необходимости пропуска пассажирских, имеющих более высокий приоритет в выборе очередности пропуска. Коэффициент съема, образующийся в связи с разницей в скорости движения пассажирских и грузовых поездов, характеризует условное количество грузовых поездов, которые не могут быть пропущены по участку в следствии пропуска пассажирского поезда. Чем меньше коэффициент съема, тем эффективнее используется наличная пропускная способность участка. Для уменьшения данного коэффициента применяется пакетный пропуск пассажирских поездов, когда они отправляются на перегон друг за другом через определенный интервал, обеспечивающий безопасное следование, на величину которого влияет длина блок-участков и самого состава. Снизив значение этого параметра без ущерба для уровня безопасности можно добиться прироста в пропускной способности, и как следствие, в увеличении участковой скорости, определяющей надежность перевозочного процесса. Одной из наиболее эффективных стратегий для достижения таких результатов является внедрение безлюдных автоматизированных технологий с высокими параметрами безопасности и надежности.

В наши дни уже существует ряд проектов, не только прошедших стадию разработки и эмпирических проверок, но и опробованных на специальных полигонах.

К примеру, Германия совместно с Нидерландами силами аэрокосмического центра (DLR) успешно провели первые реальные испытания системы виртуальной сцепки на железной дороге в апреле 2025 г. Два региональных поезда Coradia Continental от Alstom двигались на расстоянии от 15 до 80 м на тестовом участке длиной 350 м, в ведущем и ведомом локомотивах находились машинисты для контроля показаний приборов и немедленного реагирования при возникновении внештатных ситуаций. Система использует сверхширокополосную связь (UWB) для точного измерения расстояния и обмена данными. Согласно статье, опубликованной немецким центром авиации и космонавтики, длина поезда составляет 56 м, скорость на испытаниях достигла 80 км/ч, а перспективная оценивается до 160 км/ч [2].

Аналогичный проект с использованием UWB внедрен в Великобритании при совмещении железнодорожного сообщения и метрополитена при длине состава в 52,8 м (2 вагона, формируются в составы до 3 единиц) и средней скорости в 80 км/ч [3].

Большинство европейских стран, где эксплуатируются беспилотные подвижные единицы на рельсовых видах транспорта, реализуют такие программы не по UWB, а с использованием системы управления движением по радиоканалу между подвижными единицами (CBTC), принадлежащей

французской компании «Alstom». Так, в парижском метро курсируют автоматизированные беспилотные поезда длиной 90 м (6 вагонов типа MP 89 CC и MP 05) со скоростью до 70 км/ч [3].

Кроме того, организация движения по СВТС уже реализована за пределами Европы. Например, в Юго-Восточной Азии, Республике Сингапур, осуществляется движение поездов длиной 48 м (4 вагона) со скоростью до 40 км/ч [3]. В Юго-Западной Азии, ОАЭ, курсируют составы длиной 87,5 м (5 вагонов) со скоростью до 110 км/ч [4]. В Южной Америке, Бразилии, на линии 4 метро Сан-Паулу эксплуатируются поезда Alstom Metropolis длиной 132 м (6 вагонов) и вместимостью до 2400 пассажиров. В Северной Америке, Канаде, перевозка пассажиров происходит поездами «SkyTrain», в зависимости от модели и загрузки линии включается в состав 2, 4, 5 или 6 вагонов при скоростях до 80 км/ч [5]. Стоит отметить, что в перечисленных странах рассмотренные технологии реализованы в рамках метрополитенов, а на наземных железных дорогах продолжается курсирование поездов по модели классических блок-участков.

Наиболее ярким и современным аналогом СВТС считается, созданная в Китае, CTCs. В исследовании из журнала Chinese Journal of Electronics (2022 г.), рассматривается виртуальная сцепка для поездов метро, стандартной длиной состава 115–120 м (6 вагонов типа Type A) [6]. С 2024 г. на линии метро в Гуанчжоу функционирует система уровня CTCs–3 для пропуска беспилотных поездов «Fuxing» со скоростью до 160 км/ч, корректирующих параметры своего движения в режиме реального времени путем непрерывного получения и передачи информации в режиме реального времени на смежные подвижные единицы [7]. CTCs–3 не позволяет рассчитывать адаптивные интервалы, то есть эта система работает по принципу блок-участков. По данным национального информационного агентства Китая «Xinhua», на линии Пекин – Чжанцзякоу, реализована скорость движения беспилотных поездов 350 км/ч по системе CTCs–3 [7]. Следующим поколением станет CTCs–4, предназначенная для полной виртуальной сцепки и движения с адаптивными интервалами, находящаяся на стадии разработки и тестирования [8].

Помимо метрополитена СВТС применяется для осуществления перевозок на эстакадном легкорельсовом транспорте в США. Так в Нью-Йорке для перемещения между терминалами в аэропорту сформированы составы (4 вагона) от производителя «Bombardier Transportation» длиной 48 м со средней скоростью 27 км/ч, максимальной – 97 км/ч [9]. В Сан-Франциско для выполнения идентичных задач используются составы, разработанные фирмой «Doppelmayr Cable Car», длиной 96 м (6 вагонов), движущихся со средней скоростью 48 км/ч [9]. Согласно отчетам Федеральной железнодорожной администрации США (FRA) за 2023–2024 гг. [9], указано, что виртуальная сцепка не планируется к внедрению из-за необходимости полной модернизации инфраструктуры. В то же время, проводились испытания по внедрению виртуальной сцепки в грузовом движении для пропуска контейнерных поездов [9].

Согласно [10], в Южной Корее внедрена технология «Train-to-Train», позволяющая организовать движение беспилотных поездов по подвижным блок-участкам при минимальном интервале около 60 с и скорости до 70 км/ч. В ходе испытаний на тестовой трассе в Осонге KRRI успешно проверила передачу данных между двумя составами на расстоянии до 4 км в тоннеле [10]. Повсеместно функционирует Автоматическая система управления поездами (АТО), опирающаяся на данные, получаемые в режиме реального времени из Цифрового двойника транспортной сети (KUDATA), в который заложены все параметры трассы (план, профиль, энергетическое обеспечение и др.) [10], что делает возможным:

- 1) автоматическое соблюдение скоростного режима и корректировку скорости для прохождения участков без остановок;
- 2) обеспечение плавного движения без лишнего расхода энергии;
- 3) точную остановку у платформ (± 50 см).

В дополнении к представленным цифровым технологиям используется Система беспилотного движения для линии Тэгу 1, при которой организация движения подвижных единиц может осуществляться как по показаниям светофоров, так и по виртуальным блок-участкам [10].

Однако в России технология «виртуальная сцепка» в настоящее время используется исключительно для уплотнения в графике движения грузовых поездов [11], при этом не уделяется должного внимания пассажирским поездам, оказывающим влияние на грузовые перевозки, особенно при перевозке по Транссибирской магистрали. При этом следует уточнить, что указанная технология зародилась на Корейских железных дорогах для организации движения именно пассажирских поездов.

Выводы. Анализируя зарубежный опыт в сфере внедрения беспилотных технологий и виртуальных блок-участков в пассажирском железнодорожном движении, а также сопоставляя его с условиями курсирования поездов в России, можно выявить ряд особенностей пассажирского движения на сети ОАО «РЖД», определяющих эффективное внедрение данных технологий на полигонах железных дорог РФ:

1. Высокий уровень развития информационных систем на железнодорожном транспорте, и средств связи является фундаментом для организации движения поездов посредством разграничения интервалов между ними виртуальными участками.
2. Легкая масса пассажирских поездов наряду с более эффективными тормозными устройствами, нежели у грузовых, позволит значительно сокращать интервалы следования при сохранении установленного уровня безопасности движения.
3. Меньшее энергопотребление пассажирских локомотивов также позволит сокращать интервал между поездами в пакете без создания ограничений тяговыми подстанциями.
4. Явка локомотивных бригад пассажирских поездов, производимая по индивидуальному (сменному) расписанию, в совокупности с организацией пассажирского движения по установленному графику позволит эффективно осуществлять планирование подхода пассажирских поездов для дальнейшего формирования пакетных отправок.

Таким образом, в силу определенных трудностей, с которыми сталкивается российский железнодорожный транспорт на текущий момент, приоритетным направлением стабилизации положения компании на рынке станет внедрение новейших технологий в процесс организации перевозок. Таким перспективным направлением в ближайшем будущем на сети ОАО «РЖД» может стать технология виртуальной сцепки, зарекомендовавшая себя с положительной стороны за рубежом, и имеющая высокие шансы на успех в России. Обеспечивая высокий индекс доходности без привлечения колоссальных инвестиций в реконструкцию инфраструктуры, система, адаптированная в первую очередь для пассажирского движения в РФ, станет отправной точкой для дальнейшего совершенствования перевозочного процесса в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Транспорт в России. 2024: Стат.сб./Росстат. Т65 М., 2024 – 100 с.
- 2 Тестирование системы виртуальной сцепки в реальных условиях // Немецкий центр авиации и космонавтики (DLR) : [сайт]. 2025. URL: <https://www.dlr.de/en/latest/news/2025/dlr-tests-virtual-coupling-system-in-the-real-world> (дата обращения: 20.10.2025).
- 3 Les chiffres 2005 [Текст]: [статистические данные] / STIF. 2005. URL: http://www.stif.info/IMG/pdf/STIF_Les_chiffres_2005.pdf (дата обращения: 20.10.2025).
- 4 Specifications – Dubai Metro, United Arab Emirates [Электронный ресурс] // Railway Technology : [веб-сайт]. URL: <https://web.archive.org/web/20110907061028/http://www.railway-technology.com/projects/dubai-metro/specs.html> (дата обращения: 20.10.2025). (Архивированная копия).
- 5 Metropolis – Sao Paulo Line 4 [Электронный ресурс] // Alstom : [веб-сайт]. URL: <https://www.alstom.com/our-solutions/rolling-stock/metropolis-sao-paulo-line-4> (дата обращения: 20.10.2025).
- 6 A Collaborative Multi-Agent Reinforcement Learning Method [Электронный ресурс] // Chinese Journal of Electronics– 2022. URL: <https://cje.ejournal.org.cn/en/article/doi/10.23919/cje.2022.00.253> (дата обращения: 20.10.2025).
- 7 Гуанчжоу, метрополитен, Линия 3 [Электронный ресурс] // China EMU : [веб-сайт]. 2024. URL: <https://www.china-emu.cn/UrbanRail/Line/detail-440160-show.html> (дата обращения: 20.10.2025).
- 8 Chinese Train Control System [Электронный ресурс] // Springer Professional. 2024. URL: <https://www.springerprofessional.de/en/chinese-train-control-system/19403324> (дата обращения: 20.10.2025).
- 9 Динамика пассажиропотока во втором квартале 2025 года [Электронный ресурс] : [доклад] / American Public Transportation Association (APTA). URL: <https://www.apta.com/wp-content/uploads/2025-Q2-Ridership-APTA.pdf> (дата обращения: 20.10.2025).
- 10 DOCKLANDS LIGHT RAILWAY LIMITED overview [Электронный ресурс] // Find and update company information service : [веб-сайт] / Government of the United Kingdom. [2022] – URL: <https://find-and-update.company-information.service.gov.uk/company/02052677> (дата обращения: 20.10.2025).
- 11 Бессоненко, С. А. Оценка эффективности интервального регулирования движения поездов / С. А. Бессоненко, Е. В. Климова, Н. И. Осипов // Транспорт Урала. 2023. № 3(78). С. 35–45. DOI 10.20291/1815–9400–2023–3–35–45. EDN ILTQSY.

ПРОФИЦИТ ВАГОНОВ. МЕРЫ ПО ЕГО РЕШЕНИЮ

И. С. Афанасьев, А. А. Кононова, Н. В. Власова

Иркутский государственный университет путей сообщения

Введение. Актуальность проблемы профицита вагонов обусловлена существенным влиянием избыточного подвижного состава на эффективность работы железнодорожной сети. В современных условиях наблюдается значительное превышение фактического количества вагонов над потребностями транспортной системы, что создает серьезные вызовы для организации перевозок.

Основная часть. Профицит вагонов – это ситуация, при которой фактическое количество вагонов превышает необходимое для обеспечения транспортной сети. Такое положение дел негативно сказывается на функционировании железнодорожного транспорта, снижая эффективность использования инфраструктуры и увеличивая эксплуатационные расходы.

Причины образования профицита, по мнению РЖД, кроются в неэффективном использовании вагонов собственниками. Вагоны простаивают в ожидании назначения, что создает дополнительную нагрузку на инфраструктуру. Снижение объемов погрузки также способствует перенасыщению рынка услуг по предоставлению подвижного состава [1, 4].

По информации заместителя генерального директора РЖД Михаила Глазкова, в первом квартале 2025 года парк вагонов на сети компании увеличился почти на 20 тысяч единиц и достиг 1,4 миллиона вагонов. Оценки величины профицита среди экспертов различаются. Представители РЖД часто указывают на цифру в 170–177 тысяч вагонов. Аналогичные данные приводят первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» С. А. Кобзев в интервью «Гудку» и глава департамента перевозок ОАО «РЖД» М. Глазков. отраслевой эксперт и директор НИЦПИ П. А. Иванкин оценивает профицит в примерно 200 тысяч вагонов. Журнал «РЖД-Партнёр» в статье П. Усова также упоминает цифру в 170 тысяч единиц [2–4].

Согласно данным за 2025 год, предоставленным Дирекции по управлению терминально-складским комплексом (ДМ) Октябрьской железной дороги, заявленная потребность в отстое вагонов на станциях необщего пользования (НРП) составила 1001 единицу на Октябрьской дороге, 1029 единиц на Московской и 400 единиц на Восточно-Сибирской.

При профиците возникает простой вагонов на путях общего пользования, что влечет за собой задержки поездов в итоге – замедление оборота вагона. В настоящее время ОАО РЖД запретили приписку вагонов к путям общего пользования, что повысило цены на договоры приписки к путям необщего пользования [5].

Из-за профицита подвижного состава у АО «ФГК» имеется потребность в услуге по организации хранения порожних грузовых вагонов на инфраструктуре предприятий терминально-складского комплекса.

Услуга заключается в подаче вагонов на пути необщего пользования, перемещении с железнодорожных путей и размещении на охраняемой площадке для хранения.

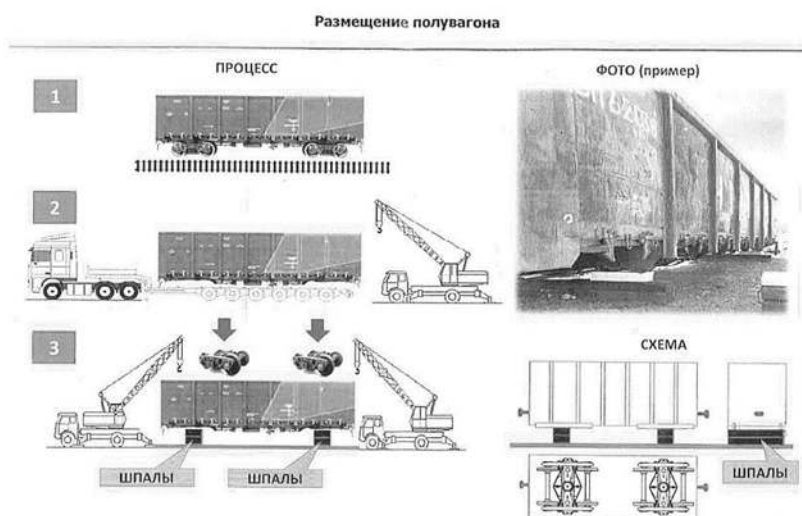


Рис. 1. Поэтапный процесс размещения вагонов

Принцип размещения полувагона на площадке для хранения заключается в:

1. Полувагон прибывает на склад по железнодорожным путям.
2. Снятие вагона с железнодорожного пути. С помощью автокрана или подъёмного оборудования полувагон поднимают. Тележки (колёсные пары) отсоединяются от кузова. Полувагон перемещают с рельсов на специальную площадку. На рисунке видно, что полувагон снимается с железнодорожного пути и перемещается в зону хранения.
3. Установка полувагона на место хранения. Кузов полувагона устанавливается на шпалы (или опорные балки). Тележки, снятые ранее, располагаются в кузов [6–8].



Рис. 2. Размещение полувагона на временное хранение



Рис. 3. Полувагон находящийся на временном хранении

Данный метод полностью удовлетворяет спрос на временное размещение порожних вагонов на предприятиях терминально-складского комплекса.

Заключение. Анализ ситуации показал, что основными причинами возникновения профицита являются неэффективное использование вагонов собственниками и отрицательная динамика погрузки. Это приводит к значительным экономическим потерям, связанным с простоем вагонов и замедлением оборота.

Таким образом, несмотря на серьёзность сложившейся ситуации, существуют практические механизмы её разрешения. Их реализация требует комплексного подхода и взаимодействия всех участников железнодорожного рынка, что в перспективе позволит восстановить баланс между имеющимся парком вагонов и реальными потребностями транспортной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вагоны отрываются от профицита // Журнал РЖД-Партнёр. 2023. № 11–12 [Электронный ресурс]: URL: <https://www.rzd-partner.ru/publications/rzd-partner/-11-12-495-496-june-2023/vagony-otryvayutsya-ot-profitsita/>
- 2 В профицит вагон бежит, качается. Избыток подвижного состава на сети РЖД: можно ли его корректно измерить? И нужно ли – комментарий Фариды Хусаиновой // Vgudok.com. 2023. 3 августа. URL: <https://vgudok.com/eksperty/v-proficIT-vagon-bezhIT-kachaetsya-izbytok-podvizhnogo-sostava-na-seti-rzhd-mozhno-li-ego> (Дата обращения 07.10.2025)
- 3 Проблема избытка вагонов: вызовы и пути решения // customonline.ru. 2025. 27 февраля. [Электронный ресурс]: URL: <https://customonline.ru/7077-problema-izbytka-vagonov-vyzovy-i-puti-reshenija.html> (Дата обращения 10.10.2025)
- 4 У РЖД нет задачи всеми возможными средствами убрать профицитные вагоны // Wagon-cargo.ru. 2025. 27 февраля. [Электронный ресурс]: URL: <https://wagon-cargo.ru/news/u-rzhd-net-zadachi-vsemi-vozmozhnyimi-sredstvami-ubrat-profitsitnye-vagony/> (Дата обращения 10.10.2025)
- 5 Железнодорожники просят освободить рельсы // Expert.ru. 2024. 2 декабря [Электронный ресурс]: URL: <https://expert.ru/promishlennost/zheleznodorozhniki-prosyat-osvobodIT-rely/> (Дата обращения 08.10.2025)
- 6 Оценка влияния избыточного парка грузовых вагонов на производственные показатели ОАО «РЖД / А. Ф. Бородин [и др.] // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ» 2025. №10–1. С. 32–49.
- 7 Власова Н. В. Унифицированные требования к местам общего пользования // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2022. № 9. С. 159–160.
- 8 Власова Н. В., Царегородцева Е. Ю. Перераспределение грузопотоков в различные виды подвижного состава с учетом современных требований рынка транспортно-логистических услуг // Экономика железных дорог. 2025. № 2. С. 69–82.

СКВОЗНАЯ ЛОГИСТИКА: РЕВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД GETRAIL К УПРАВЛЕНИЮ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК

Д. А. Балашов, М. В. Прусов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Сквозные технологии. Технологии организации перевозки тесно связаны с рядом вспомогательных технологий, позволяющих: осуществлять страхование грузов и пассажиров; проводить мониторинг/отслеживание груза и его сохранности; обмениваться транспортной документацией; собирать и анализировать информацию о состоянии транспортных магистралей и парков техники.

В настоящее время для комплексного решения этих задач используются так называемые сквозные технологии, способные собирать, хранить и анализировать большие данные.

Внедрение аналитики и технологии больших данных позволяет поставщикам услуг осуществлять транспортно-логистические операции в реальном времени. Для логистических сервисов – это новые возможности изучения рынка и тенденций его развития, осуществление более точного планирования, прогнозирования, привлечения клиентов. Транспортные операторы используют аналитику больших данных для управления движением, изучения и сравнения пропускной способности грузовых терминалов, учета возможных рисков на маршрутах, условий осуществления своевременной доставки.

В современном динамично развивающемся мире, где технологические инновации и глобализация тесно переплетены, эффективная логистика стала не просто преимуществом, а критическим фактором успеха для большинства предприятий. Компании, специализирующиеся на транспортировке и управлении цепочками поставок, играют всё более важную роль, обеспечивая бесперебойную работу глобальных рынков. Getrail – один из лидеров в этой сфере, представляющий собой пример инновационного подхода к сквозной логистике. Но что же скрывается за этим понятием, и какие преимущества оно предоставляет клиентам Getrail?

Сквозная логистика – это не просто транспортировка грузов. Это комплексное, интегрированное управление потоками товаров и информации на протяжении всего жизненного цикла продукта, от момента его производства или закупки сырья до конечной доставки потребителю. В случае Getrail, конечная точка – это, как правило, судно, что требует особой организации и координации действий на различных этапах. Традиционный подход к логистике часто характеризуется разрозненностью действий отдельных участников: производитель, склад, транспортная компания, таможенные органы – каждый работает обособленно, что приводит к задержкам, ошибкам и увеличению издержек. Сквозная логистика, напротив, объединяет все эти звенья в единую, слаженно работающую систему.

Getrail использует передовые технологии для достижения максимальной эффективности сквозной логистики. В основе их подхода лежит принцип «единого окна» – клиент получает полный комплекс услуг из одних рук, начиная от планирования маршрута и выбора оптимального вида транспорта, заканчивая таможенным оформлением и доставкой груза на борт судна. Объединение пространство всех служб представлено на рисунке 1. Это существенно упрощает процесс управления логистикой, освобождая клиентов от необходимости координации действий множества различных поставщиков услуг.

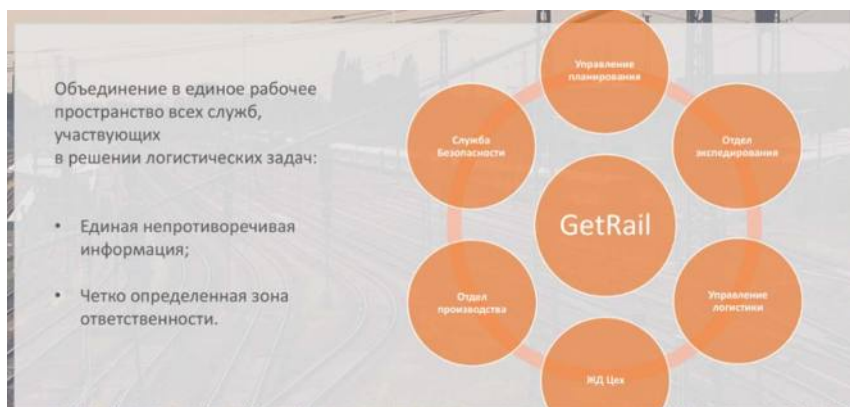


Рис. 1. Взаимодействие всех служб, участвующих в процессе

Как говорилось ранее, Getrail использует передовые технологии для взаимодействия всех участников перевозочного процесса – это Big Data аналитика и автоматизация, а также, что немало важно искусственный интеллект (ИИ). Для предотвращения потенциальных проблем, связанных с занятостью инфраструктурой, прогнозирования спроса потребителей и оптимизации маршрута следования (кратчайшее расстояние) используется искусственный интеллект. Например, если в пути следования грузов по прогнозу погоды будут неблагоприятные условия или возникают заторы (пробки) на дорогах или другие негативные факторы, то искусственный интеллект проанализирует, и будет предлагать альтернативные маршруты доставки грузов. В процессе перевозок грузов Big Data аналитика – анализирует и находит «узкие» или барьерные места, благодаря чему улучшается эффективность всей системы Getrail и данная система принимает то или иное решение, способствующие улучшению всего процесса перевозки. Автоматизация – подразумевает использование на логистических складах роботизированные системы (сортировка грузов, упаковка и т.д.), автоматизированное управление складом (WMS), благодаря этому на складах ускоряется обработка грузов, т.к. отсутствует человеческий фактор. На рисунке 2 представлена схема работы предприятия.

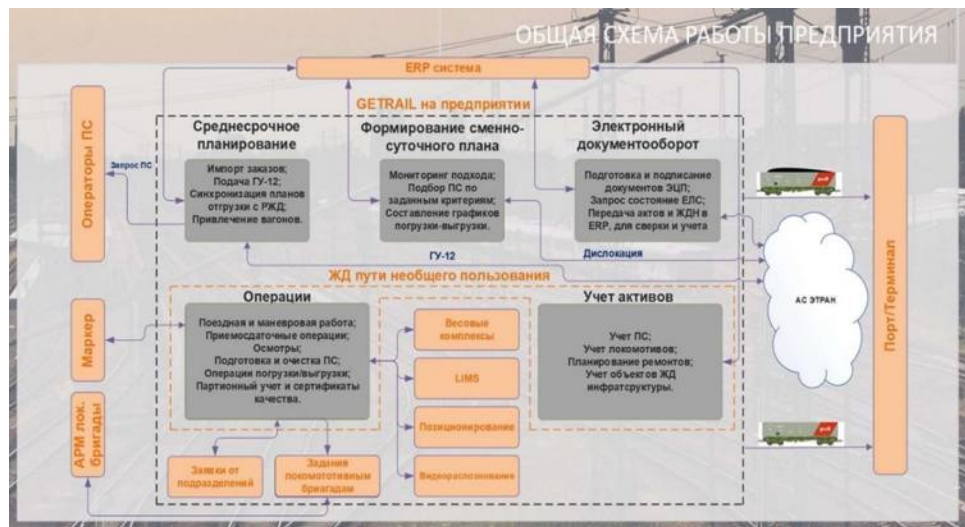


Рис. 2. Общая работа предприятия

Кроме того, Getrail внедряет технологии блокчейн для обеспечения прозрачности и безопасности операций. Блокчейн позволяет отслеживать перемещение грузов в режиме реального времени, предотвращая подделки и обеспечивая высокую степень защиты информации. Клиенты получают доступ к подробной информации о местонахождении своих грузов, сроках доставки и других важных параметрах, что позволяет им принимать оперативные решения и избегать непредвиденных ситуаций. Общая схема работы терминала представлена на рисунке 3.

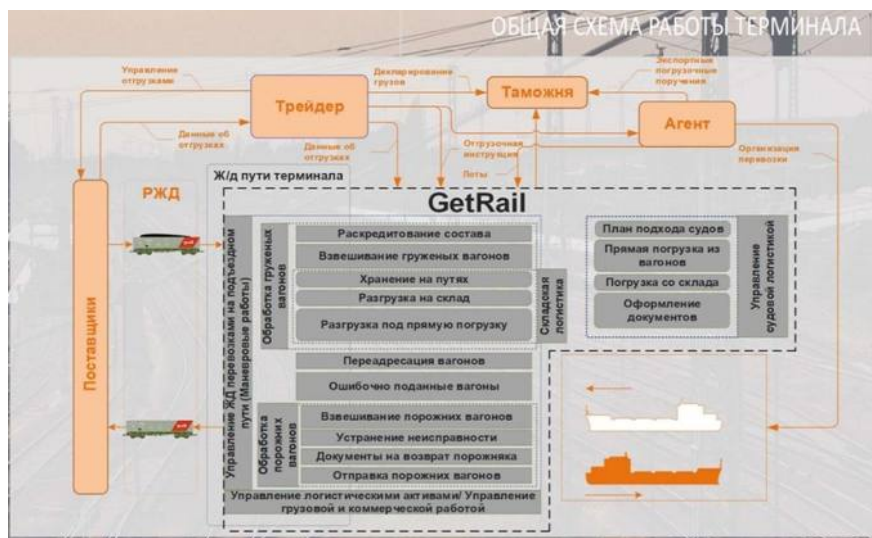


Рис. 3. Общая работы терминала

Преимущества сотрудничества с Getrail очевидны:

- Экономия времени и средств:
- Оптимизация маршрутов, автоматизация процессов и комплексный подход к логистике позволяют значительно сократить время доставки и снизить транспортные издержки.
- Повышение эффективности:
- Использование современных технологий и аналитики способствует оптимизации всех этапов цепочки поставок, от планирования до доставки.
- Повышение прозрачности:
- Система отслеживания грузов в режиме реального времени обеспечивает полную прозрачность и контроль над процессом доставки.
- Снижение рисков:
- Применение передовых технологий, таких как блокчейн, минимизирует риски потери или повреждения грузов, а также предотвращает мошеннические действия.
- Улучшение качества обслуживания:
- Комплексный подход и индивидуальный подход к каждому клиенту позволяют Getrail обеспечить высокое качество обслуживания и удовлетворение потребностей каждого клиента.

Также для GetRail создано свое приложение, которое регистрирует операции подготовки и осмотра, коммерческие браки, технические неисправности, а также ведёт фотоархив и реестр результатов осмотров и производит загрузки прямых результатов осмотра.

Приложение обеспечивает навигацию и маршрутизацию, сообщение с диспетчером, также оно обеспечивает безопасность. Интерфейс приложения представлен на рисунке 4.

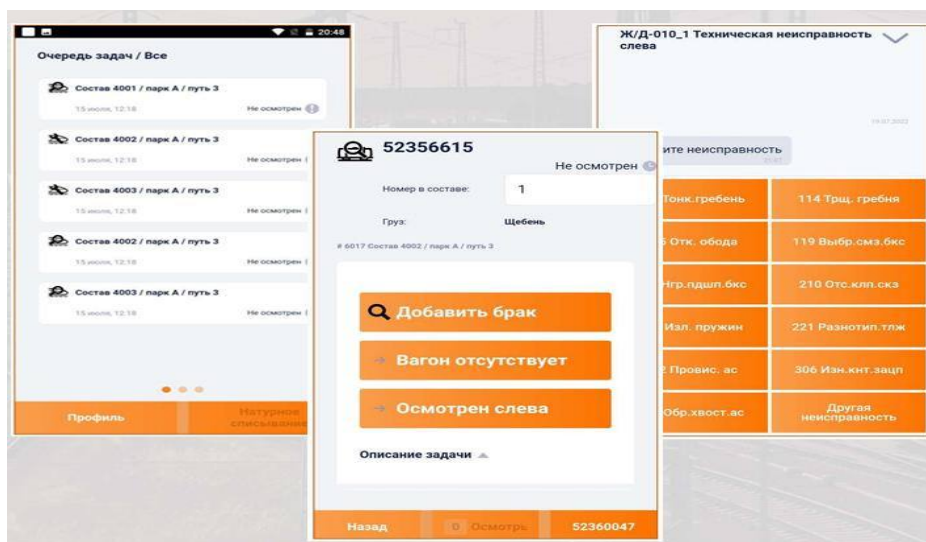


Рис. 4. Интерфейс приложения

Также реализован двусторонний обмен данными в электронном виде между GetRail и АС ЭТРАН с поддержкой электронной подписи через интегрированную систему управлений железнодорожными перевозками.

Благодаря введению данного программного обеспечения производители получили прекрасную возможность оформлять процесс перевозки при взаимодействии нескольких видов транспорта. Оно ускорило и оптимизировало скорость доставки грузов, сократили простои на путях необщего пользования и в портах, способствовало увеличению оборота вагона, т.е. увеличению прибыли предприятий и перевозчиком.

К сожалению, не на всей сети железных дорог была введена в эксплуатацию данная система, так как система наиболее актуальна в портовых районах и в местах взаимодействия двух видов транспорта. Несмотря на существенные плюсы данного программного обеспечения, у него присутствуют недостатки. Одним из значимых недостатков является незавершенность программного обеспечения. Также недостатком является, то что оно ориентированно на большого производителя, тем самым оставляя огромный сегмент рынка.

Третим недостатком является дороговизна и уникальность приложения. Критических недостатков, влияющих на работу приложения не выявлено. При небольших доработках данного программного обеспечения можно внедрять не только на железнодорожной сети, но и в других видах транспорта, что позволит значительно увеличить экономическую эффективность.

GetRail не просто предоставляет логистические услуги – компания предлагает стратегическое партнерство, направленное на оптимизацию всей цепочки поставок и повышение конкурентоспособности своих клиентов. Благодаря инновационному подходу, основанному на применении передовых технологий и принципах сквозной логистики, GetRail занимает лидирующие позиции на рынке.

Компания постоянно совершенствует свои процессы с целью увеличения показателей суточного оборота вагонов и судов, сокращения простоев и уменьшения платежей за ненормативный простой. Оптимизация процессов планирования позволяет минимизировать риски срывов графиков, а контроль за состоянием маневровых, грузовых и технологических операций способствует более эффективному управлению ресурсами.

Сокращение времени на подготовку и оформление перевозочных документов, а также создание двустороннего документооборота с ОАО «РЖД» значительно упрощают взаимодействие между участниками процесса. Кроме того, использование современных технологий помогает снизить влияние человеческого фактора и уменьшить объем ручной работы, что в свою очередь снижает вероятность ошибок и повышает общую эффективность логистических операций.

Таким образом, GetRail представляет собой идеального партнера для компаний, стремящихся оптимизировать свои логистические процессы и достичь новых высот в своей деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Григорьев М. Н., Долгов А. П., Уваров С. А. Логистика. Продвинутый курс : учебник : [в 2 ч.] : Ч. 2. Москва : Юрайт, 2022. 341 с.
- 2 Левкин Г. Г. Коммерческая логистика : учеб. пособие. Москва : Юрайт, 2022. 375 с.
- 3 Тарасов Д. Э. Информационные системы и технологии в логистике: информационно-аналитическая поддержка управленческих решений : учеб. пособие / Д. Э. Тарасов, О. Ф. Быстров . Москва : РУСАЙНС, 2018. 104 с.
- 4 Теоретические и концептуальные проблемы логистики : монография / З. Б. Хмельницкая, Т. Е. Евтодиева, Е. С. Аكوпова [и др.], под науч. ред. З. Б. Хмельницкой. Пенза : ПГАУ, 2021. 209 с

УДК 656.2

АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ ВОЗМОЖНЫХ СПОСОБОВ ПЕРЕВОЗКИ ЛЕСНЫХ ГРУЗОВ

С. А. Будко, Е. М. Бондаренко

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Лесопромышленное производство занимает важное место в экономике страны. Лесная продукция востребована как на внутрироссийском, так и на мировом рынке. Технология перевозки лесных грузов имеет такие особенности как большое количество номенклатурных позиций и широкая география поставок.

В 2022 году в рамках очередного пакета санкций российским экспортерам лесных грузов был закрыт доступ к рынкам Запада [1]. Грузопоток, ранее отправляемый в страны Центральной и Западной Европы транзитом через Россию, в настоящее время не может продвигаться по прежним цепям поставок. Компании, обеспечивавшие подвоз этих грузов в Дальневосточные порты, прекратили свою деятельность в России [2]. Параллельно с этим Правительством Российской Федерации был принят закон о запрете экспорта необработанной и малообработанной древесины, направленный на стимулирование глубокой переработки леса внутри нашей страны [1]. В настоящее время предприятия, относящиеся к крупному бизнесу, заняты поиском новых международных каналов сбыта, а мелкий и средний бизнес ориентирован, в основном, на внутрироссийский рынок. Негативное влияние санкционного давления привело к усложнению технологии перемещения ресурсов и перевозки грузов всеми способами. Сложившаяся ситуация привела к возникновению затруднений в деятельности транспортных компаний, но одновременно с этим способствовала разработке кардинально новых логистических решений и построению дополнительных оптимальных экспортно-импортных маршрутов. Одним из результатов переориентации логистических процессов в России стала переориентация грузопотоков с Запада на Восток [3].

Российские производители активно развивают новые логистические маршруты и цепи поставок в связи с переориентацией с европейского рынка сбыта. Данную проблему удастся решать за счёт развития торгового сотрудничества с «глобальным Югом» [4], в состав которого входят страны Африки, Азии, Латинской Америки, ряд государств СНГ и Китай.

Компания ОАО «РЖД» активно поддерживает грузоотправителей лесных грузов. Например, до 31 декабря 2025 года ОАО «РЖД» ввело понижающий коэффициент 0,65 при перевозке определенного вида лесной продукции в собственных или арендованных крытых вагонах со станций Дальневосточной железной дороги.

По итогам января – августа 2024 года суммарно на сети погружено свыше 23 млн. тонн лесных грузов [4]. Объем перевезенных грузов, в процентах, представлен на рисунке.



Рис. Объем лесных грузов, перевезенный за январь – август 2024 года

Анализ диаграммы показывает, что большая доля перевозки приходится на круглый лес, поскольку данная категория грузов является сырьем для дальнейшего изготовления пиломатериалов. Как правило, его доставляют от места заготовки до пункта дальнейшей переработки. На втором месте по объему перевозки лесных грузов являются пиломатериалы. Данный вид лесных грузов достаточно востребован на рынке, особенно часто используется в строительном бизнесе.

Система управления подвижным составом находится в состоянии непрерывных изменений с момента основания первой железнодорожной линии. При этом главной целью для участников перевозочного процесса на сегодняшний день остается организация эффективной работы [5].

Для перевозки лесных грузов используются различные типы железнодорожных транспортных средств: полувагоны, крытые вагоны, специализированные платформы (лесовозы) и контейнеры. Такое разнообразие выбора подвижного состава объясняется широкой номенклатурой, а также обеспечением возможности соблюдения требований к перевозке и размещению лесных грузов при эксплуатации железнодорожных транспортных средств. В таблице представлены преимущества и недостатки транспортировки лесных грузов при использовании различных типов железнодорожных транспортных средств.

Таблица

Преимущества и недостатки эксплуатации различных типов железнодорожных транспортных средств при организации доставки лесных грузов

Критерий	Полувагон	Крытый вагон	Платформа–лесовоз	Контейнер
Доставка «от двери до двери»	–	–	–	+
Защита от атмосферных осадков	–	+	–	+
Приоритетность очередности отправки	–	–	–	+
Грузоподъемность, т	+	+	+	–
Наличие крепежного оборудования	–	–	–	–
Перевозка широкой номенклатуры груза	–	+	–	+
Перевозка длинномерных грузов	–	–	+	–

Возможность доставки «от двери до двери» является основным критерием оптимальности технологии перевозки лесных грузов в контейнерах. Для большинства грузоотправителей и грузополучателей важны надежность и сохранность груза при организации транспортировки. При эксплуатации контейнеров грузовладельцы, прежде всего, экономят как временные, так и финансовые ресурсы, поскольку исключаются дополнительные операции в пути следования (например, перегрузка из одного транспортного средства в другое). Также в контейнерах можно перевозить достаточно широкую номенкла-

туру грузов, как и в крытом вагоне. Это особенно важно при перевозке ценных пород древесины, поскольку повышается безопасность перевозки (ограничение к доступу груза), и груз защищается от атмосферных осадков. Стоит отметить, что в Приложении «Временные правила определения очередности перевозок грузов» от 24 февраля 2024 года [6] отмечается, что перевозки грузов в составе контейнерных поездов в порядке приоритетности отправления находятся в восьмой очереди, к которым относятся транспортировка лесопромышленных грузов (позиции грузов ЕТСНГ в тарифной группе со следующими номерами: 091 – 094, 102, 103, 111, 121 – 122, 125 – 127, 131 – 133), и заявляемые грузоотправителями, обладающими собственными производственными мощностями по переработке древесины и/или лесосырьевой базой и включенными в перечень Минпромторга России.

Особое внимание стоит уделить перевозкам контейнеров в полувагонах. Данный способ перевозки контейнеров широко используется, так как появляется возможность снижения времени погрузки и выгрузки, а также уменьшается продолжительность простоя контейнеров на терминалах в ожидании проведения грузовых операций. Кроме того, такой способ позволяет сократить расходы, так как клиент не оплачивает стоимость хранения груза в порту и в ожидании вагона на станции [2].

Перевозка лесных грузов в полувагоне, на платформе или крытом вагоне может занимать девятую, двенадцатую очередь в зависимости от определенных условий. Также перевозка в данных типах транспортных средств не может обеспечить доставку «от двери до двери», поскольку требуется перегрузка на другое транспортное средство, что сопровождается потерей времени, иногда потерей груза, а также финансов на дополнительные операции.

Рассматривая вариант использования полувагона или платформы–лесовоза, стоит учитывать ограничения по эксплуатации данных транспортных средств: возможна перевозка только тех категорий грузов, которые не подвержены порче при воздействии атмосферных осадков. Также важным критерием оптимальности цепи поставки является безопасность в пути следования, так как при перевозке грузов, находящихся в открытом подвижном составе, риск кражи существенно увеличивается.

Главное преимущество платформы–лесовоза – это способность транспортировки длинномерных грузов. Длина платформы может достигать 20 метров, когда длина 40 футового контейнера составляет около 12 метров, а полувагона и крытого вагона, примерно 14 метров.

Стоит отметить грузоподъемность подвижного состава. В этом критерии уступает место выбор контейнера, поскольку у него самая низкая грузоподъемность из всех. Также недостатком для каждого подвижного состава является наличие дополнительного крепежного крепления. Размещение и крепление лесных грузов в любом подвижном составе требует внимательности и ответственности. В качестве средств крепления могут использоваться специальные прокладки, стойки, стяжки, щиты и т.п.

Таким образом, в статье выделены преимущества и недостатки эксплуатации различных типов транспортных средств при организации перевозки лесных грузов. Выбор того или иного типа транспортного средства зависит от различных факторов, основными из которых являются предпочтения клиентов, специфика груза, внешние факторы, наличие подвижного состава в общем парке и т.п. Для разработки оптимальной логистической цепи поставки лесных грузов важен не только выбор подвижного состава, но и выбор надежного перевозчика, оператора подвижного состава, качественная упаковка, тщательная подготовка документов и поэтапный контроль перевозочного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Лесные грузы: трансформация с издержками [Электронный ресурс]. URL: <https://morvesti.ru/themes/1694/111745/> Доступ 05.10.2025
- 2 Бондаренко Е. М. Анализ возможных путей развития новых логистических технологий в современных условиях // Мировые исследования в области естественных и технических наук : материалы VI Международной научно-практической конференции, Ставрополь, 30 апреля 2023 года. Ставрополь: ООО «Ставропольское издательство «Параграф», 2023. С. 140–141. EDN HXHRZJ.
- 3 Ольховиков С. Э., Петренева Е. А. Перспективные направления логистических цепей поставок грузов на восток // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2025. № 2(17). С. 66–74. DOI 10.52170/2712–9195_2025_2_66. EDN LJXWZU.
- 4 Спрос на перевозку леса: [Электронный ресурс]. URL: <https://1520international.com/content/2024/oktyabr–2024/russian–wood–producers–continue–to–search–for–new–markets/> Доступ 05.10.2025
- 5 Бондаренко Е. М. Поиск рациональных решений ОАО «РЖД» при обеспечении запросов клиентов на предоставление подвижного состава // Политранспортные системы : материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием., Новосибирск, 24–25 октября 2024 года. Новосибирск: Сибирский государственный университет путей сообщения, 2024. С. 254–257. EDN AIGYRL.
- 6 Протокол ОАО «РЖД» от 28.02.2024 № 9 «Временные правила определения очередности перевозок грузов»: [Электронный ресурс]. URL: <https://compa–ny.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=1884> Доступ 05.10.2025

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА НА РЫНКЕ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ОСНОВЕ РАЗВИТИЯ КЛИЕНТООРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ РАБОТЫ

Н. В. Власова

Иркутский государственный университет путей сообщения

Введение. За последние 10 лет ОАО «РЖД» существенно укрепило свои конкурентные преимущества на рынке грузовых перевозок на основе развития клиентоориентированных технологий и методов работы. Значительную роль в этих прогрессивных процессах сыграл центр фирменного транспортного обслуживания (далее – ЦФТО).

С 2015 года в холдинге утверждена концепция клиентоориентированности, разработаны и приняты национальные стандарты качества в области перевозок различных грузов, выпущен единый цифровой каталог услуг холдинга, задействован конструктор набора услуг под требования клиента и целый ряд цифровых сервисов и технологий, облегчающих заказ услуги перевозки грузов. Таким образом, компания окончательно завершила разворот в сторону потребителей своих услуг.

Планирование перевозок. В 2017 году в компании была разработана технология, позволяющая грузоотправителям планировать погрузки. Поводом к её разработке стала потребность клиентов компании в оперативном цифровом взаимодействии с холдингом. Технология формирования грузоотправителем суточного клиентского плана погрузки (далее – СКПП) непрерывно совершенствовалась с учётом пожеланий грузоотправителей и доведена до широкомасштабного внедрения. Принцип формирования грузоотправителем СКПП включает подачу заявки через автоматизированную систему ЭТРАН, а также согласование с перевозчиком – объём погрузки, сроки погрузки на лимитирующие направления. Основная цель СКПП – это гарантировать прием груза к перевозке в соответствии с согласованным планом [2].

Как отмечают в ЦФТО ОАО «РЖД», за последний год специалисты центра внесли изменения в настройки и провели модификацию программного обеспечения. Так, реализован функционал формирования суточного плана по видам сообщения, включая внешнеторговые, а также информирования пользователя о готовности принять груз к перевозке в соответствии с текущей эксплуатационной обстановкой на сети ОАО «РЖД». Клиенты получили возможность выбрать дату и запланировать перевозку в трёхсуточном интервале, (рис. 1) [1].

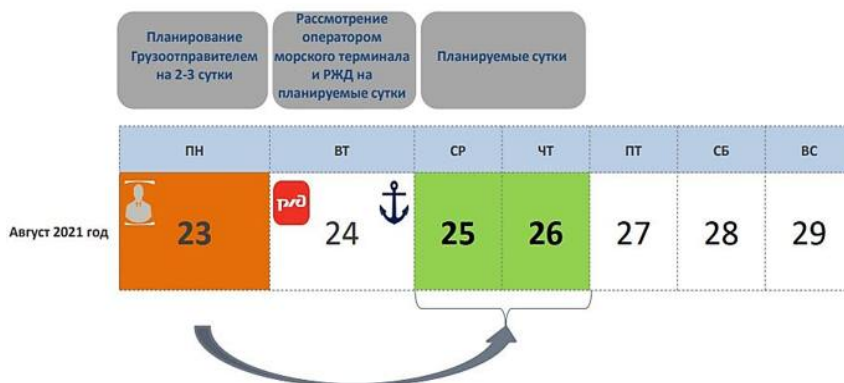


Рис. 1. Порядок планирования СКПП на лимитирующие направления на вторые и третьи сутки

В июне 2021 года было произведено подключение портовых терминалов к согласованию СКПП по грузоотправителям, планирующим погрузку в их адрес. Новым витком развития системы стало подключение портовых терминалов к согласованию погрузки грузов грузоотправителям, планирующим отправки в их адрес (рис. 3, 4). Синергия функциональных и цифровых технологий обеспечила взаимодействие по принципу замкнутого цикла: заказчик – коммерческий блок – производственный блок – потребитель.

Работа с клиентом. Для организации комплексной системы продаж транспортных услуг в холдинге были созданы центры продажи услуг (далее – ЦПУ), расположенные по всей стране – от Калининграда до Владивостока. Они стали для потенциальных клиентов «единым окном» для получения транспортно-логистических услуг, доступных в рамках холдинга, включая организацию перевозки, планирование логистики, экспедирование и терминально-складское обслуживание. За время своего

существования ЦПУ уже достигли рубежа в 20 тыс. привлечённых в компанию предприятий и ежедневно продолжают формировать устойчивый и системный результат [3].

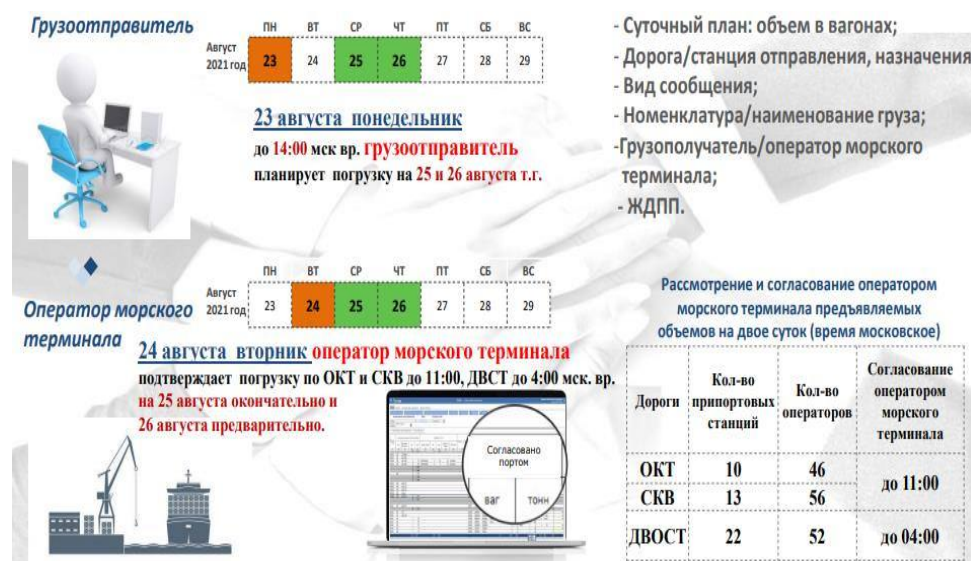


Рис. 2. Порядок планирования грузоотправителем и оператором морского терминала СКПП на лимитирующее направления на вторые и третьи сутки

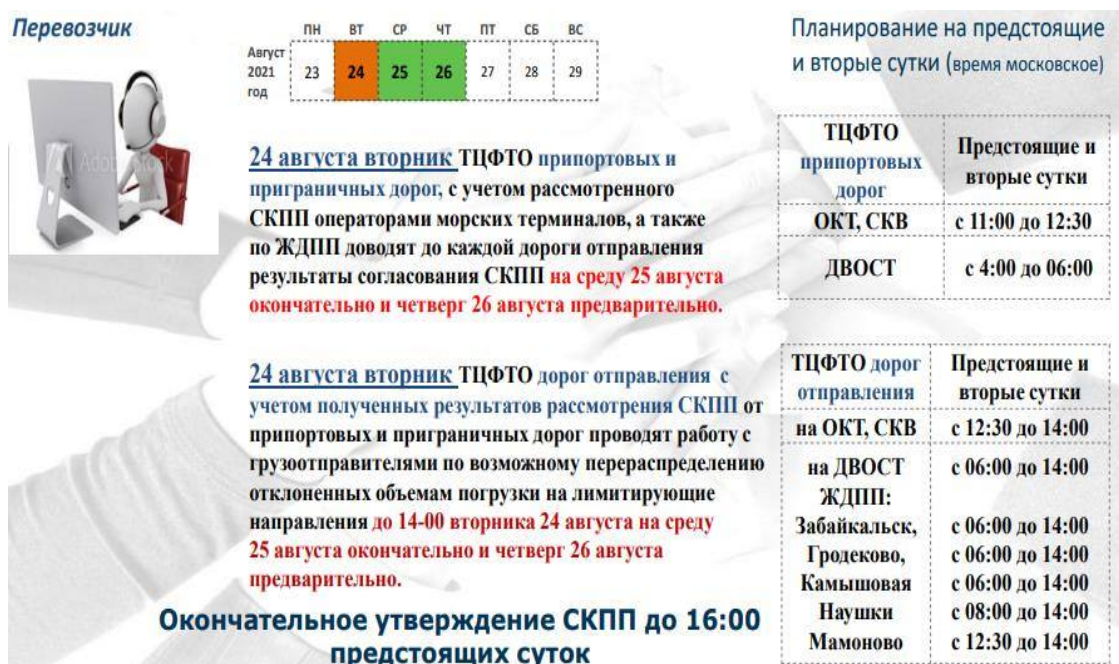


Рис. 3. Подтверждение СКПП перевозчиком на предстоящие и вторые сутки

Следующим этапом развития сервиса стало утверждение в июле 2022 года единого договора об оказании транспортных услуг ОАО «РЖД», упрощающего и ускоряющего работу с клиентом. Так, вместо прохождения процедуры согласования нескольких договоров для оформления доступа к услугам компании стало достаточно одного-двух документов.

Сервисы под ключ. В настоящее время ЦФО ОАО «РЖД» оказывает широкий спектр услуг, начиная от формирования комплексных решений (включая перевозки по расписаниям графика движения поездов), организации доставки малых и сборных партий грузов и заканчивая совершенствованием сервисов, направленных на развитие экспорта.

Широко востребована флагманская услуга перевозки грузов по специализированным расписаниям по запросам клиентов. Только за последние пять лет в рамках сервиса было отправлено 319,5 тыс. поездов, 520,3 млн тонн грузов, заключено более 1,4 тыс. договоров на услугу. В настоящее время к личному кабинету ОАО «РЖД» подключено 43 тыс. клиентов, 30 тыс. организаций, рис. 4.

Одним из сервисов, который активно развивается, является ориентированный на малый и средний бизнес «Грузовой экспресс» по резервированию вагономест в поезде, следующем по рас-

писанию. «Впервые на сетевом уровне разработан порядок ценообразования на графиковые услуги: «Грузовой экспресс», «Модульный экспресс», «Грузовой конструктор» [4 – 6].

С 2021 года в холдинге успешно внедряются контрейлерные перевозки. Речь идёт о комбинированных железнодорожно–автомобильных перевозках автопоездов, автоприцепов, полуприцепов и съёмных автомобильных кузовов на специальных контрейлерных платформах. Развитие контрейлерных перевозок является одним из инновационных направлений деятельности ОАО «РЖД», которое активно развивается, наращивая своё присутствие в этом сегменте рынка грузовых железнодорожных перевозок.



Рис. 4. Услуги и сервисы

Витрина достижений. В августе 2018 года в холдинге «РЖД» был запущен сервис «Личный кабинет клиента» (ЛК) ОАО «РЖД», благодаря которому стало возможным оцифровать клиентское обслуживание в рамках концепции «единого окна». Личным кабинетом пользуются более 43 тыс. клиентов. Сейчас большинство транспортных услуг можно заказать в электронном виде. Клиент может рассчитать стоимость перевозки, получить данные о дислокации вагонов и их техническом состоянии и посмотреть ближайший к нему центр продажи услуг ОАО «РЖД» [1, 7].

Очередным шагом к упрощению формата взаимодействия с клиентом стал запуск нового сервиса для бизнеса от ОАО «РЖД» – маркетплейса «РЖД Маркет». Запуск площадки состоялся в конце 2021 года. Новый сервис позволяет клиенту осуществить поиск, продажу и покупку товаров в режиме онлайн с учётом оптимальной доставки железнодорожным транспортом до конечного потребителя.

На сегодняшний день аналогичные решения в сфере продажи и покупки промышленных грузов в стране отсутствуют, «РЖД Маркет» получил награду в специальной номинации «За создание первого маркетплейса с доставкой товаров железнодорожным транспортом, рис. 5 [8].

Важным шагом в развитии электронных платформ стало создание сервиса «Оператор товарных поставок» (ОТП РЖД). Это цифровая платформа организации железнодорожных перевозок товаров, купленных на бирже. Сервис обеспечивает цифровое взаимодействие участников сделок, электронный документооборот, отслеживание грузов в реальном времени и автоматизацию расчётов. В настоящее время платформа активно используется в секторах нефтепродуктов и лесоматериалов с перспективой расширения на другие товарные группы, рис. 6 [9].

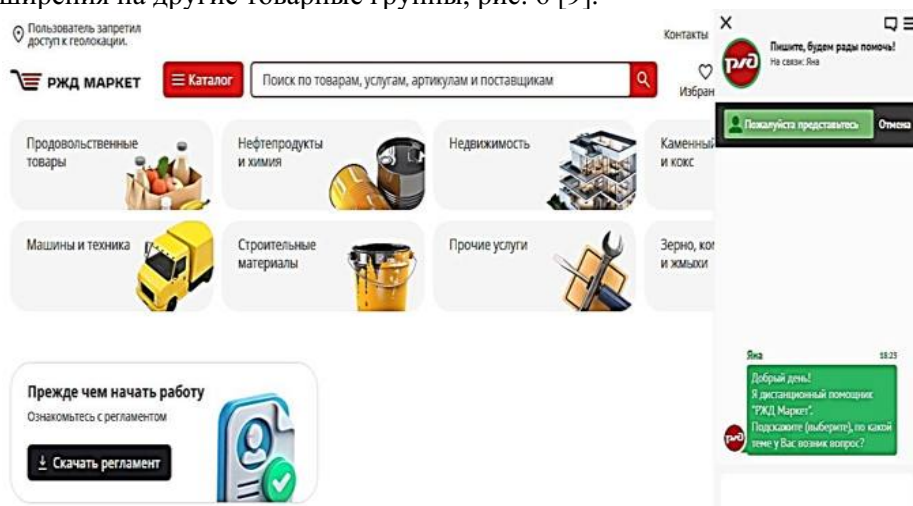


Рис. 5. Интерфейс «РЖД Маркет»

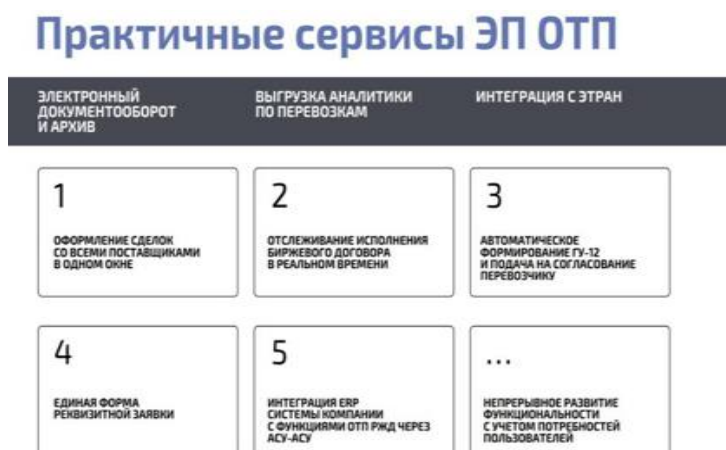


Рис. 6. Сервисы электронной платформы «Оператор товарных поставок» (ОТП РЖД)

Крепить по-новому. За прошедшие 10 лет ряд существенных изменений произошёл в части размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. Так, в интересах грузоотправителей были внесены изменения в «Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах». В перечень добавлена глава 12, регламентирующая размещение и крепление грузов (различной номенклатуры) в универсальных контейнерах. В рамках этой работы были более подробно изложены требования к размещению и креплению грузов в крытых вагонах, в том числе применение инновационных реквизитов крепления (пневмооболочек) для грузов, перевозимых в крытых вагонах. Этапы запуска основных услуг и сервисов ЦФТО ОАО «РЖД», представлены на рис. 7 [10, 11].



Рис. 7. Этапы запуска основных услуг и сервисов ЦФТО ОАО «РЖД

Гибкая политика. С 2015 года в рамках гибкой тарифной политики сформировано 470 тарифных решений, которые позволили привлечь на сеть дополнительно порядка 40 млн тонн высокодоходных грузов. Благодаря совместной работе с иностранными железными дорогами по формированию конкурентоспособных тарифных условий в 2,2 раза увеличен объём транзитных перевозок грузов. Особое внимание уделяется сегменту международных грузовых перевозок и выстраиванию доверительных отношений со странами–партнёрами. За эти годы, исходя из меняющихся особенностей взаимодействия участников перевозочного процесса как при внутрироссийских, так и при международных перевозках, разработано и доработано более 50 нормативно–правовых актов.

Научный подход. Весной 2023 года в целях обеспечения равного доступа к инфраструктуре железнодорожного транспорта и её эффективного использования на основании научного подхода к анализу данных по маршрутам перевозок осуществлено внедрение автоматизированной системы «Динамическая модель загрузки инфраструктуры ОАО «РЖД» (ДМЗИ). Система позволяет эффективно управлять пропускной способностью сети, а применение принципов очередности перевозки грузов в соответствии с правилами недискриминационного доступа стало гарантией прозрачности и честной конкуренции. Технология позволяет соотносить пожелания грузоотправителей с актуальным графиком движения поездов и оперативно подводить необходимый подвижной состав [12].

Вывод. За прошедшее десятилетие ЦФТО активно интегрировался с национальными и международными логистическими платформами, внедрил сервисы онлайн-трекинга грузов. Одним из направлений работы стала реализация эколого-логистических услуг, направленных на снижение углеродного следа и повышение энергоэффективности перевозок. Всё это сопровождалось системной работой с персоналом: создавались программы обучения и повышения квалификации, которые вывели стандарты сервиса на новый уровень. За 10 лет ЦФТО превратился в центр компетенций и инноваций, его решения стали ориентиром для всей отрасли. Это путь, пройденный благодаря профессионализму и командному духу, благодаря способности смотреть вперёд и действовать на опережение. Сегодня ТЦФТО стал лидером временем больших свершений, а впереди у него новые задачи, амбициозные проекты и ещё более высокие горизонты, направленные на конкурентность и клиентоориентированность на рынке грузовых перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Российские железные дороги // ОАО «РЖД» сайт. URL: <http://www.rzd.ru> (Дата обращения 15.10.2025).
- 2 Консультант плюс. Официальный сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_285934/6e8ebca2e0a0b708c02772ffb5c4acef118430af/ (Дата обращения 15.10.2025).
- 3 Центр продажи услуг. Официальный сайт. URL: <https://vszd.rzd.ru/ru/11075> (Дата обращения 15.10.2025).
- 4 Власова Н. В., Брытков В. С., Степанова А. Р. Мероприятия, направленные на развитие транспортно-логистической услуги «контейнерный экспресс» с целью повышения качества обслуживания клиентов и увеличения скорости доставки груза // Молодая наука Сибири. 2024. № 1 (23). С. 42–50.
- 5 Власова Н. В., Никифорова А. А., Мазур Л. Д. Сервис «холодный экспресс» как эффективный способ перевозки скоропортящихся грузов // Молодая наука Сибири. 2024. № 2 (24). С. 58–66.
- 6 Кашкарев А. С., Перфильева П. В., Власова Н. В. Применение технологии «Грузовой экспресс» на Восточно-Сибирской железной дороге в период санкционных ограничений // Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Отв. редактор П.В. Евтин. Тюмень, 2023. С. 193–196.
- 7 Власова Н. В. Современные сервисы и услуги, предоставляемые клиентам железнодорожного транспорта в новых экономических условиях // Автомобилистроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства. Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск, 2024. С. 108–113.
- 8 РЖД «Маркет». Официальный сайт. URL: <https://market.rzd.ru/> (Дата обращения 15.10.2025).
- 9 Электронная площадка ОТП упрощает перевозку грузов. Официальный сайт. URL: <https://rzdigital.ru/projects/elektronnaya-ploshchadka-otp-uproshchaet-perevozku-gruzov/> (Дата обращения 15.10.2025).
- 10 Тихонов Н. И., Татарникова Е. С., Власова Н. В. Усовершенствование средств крепления грузов, перевозимых на подвижном составе // В сборнике: Молодежная наука. Труды XXVIII Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Красноярск, 2024. С. 78–84.
- 11 Туранов Х. Т., Псеровская Е. Д., Власова Н. В., Гордиенко А. А. Анализ существующей, и разработка новой методики расчёта крепления грузов на вагоне // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2014. № 3. С. 25–29.
- 12 Власова Н. В., Оленцевич В. А. Эффективность формирования новых цифровых сервисов ОАО «РЖД» по оформлению перевозочных документов в сфере грузовых перевозок // Постсоветский материк. 2024. № 2 (42). С. 97–110.

О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ТЕРМИНАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОАО «РЖД» В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

М. В. Гаврилов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Развитие современной, хорошо оснащенной и доступной транспортно-логистической инфраструктуры (ТЛИ) является фундаментальным условием для улучшения связности обширной территории Российской Федерации, стимулирования экономического роста и повышения инвестиционной привлекательности её регионов. Эффективные логистические системы связывают различные отрасли экономики, обеспечивая бесперебойное движение товаров и предоставления транспортных услуг, что укрепляет как внутренний, так и международный экономический потенциал страны [1].

Развитие ТЛИ в России традиционно сталкивается с серьезными вызовами, обусловленными огромными размерами страны и сложными природными условиями. Наиболее плотная инфраструктурная сеть сосредоточена в европейской части России, где проживает большая часть населения и сосредоточена основная экономическая активность. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года определяет основные цели и приоритеты в области развития инфраструктуры. Однако, несмотря на амбициозные планы, объем инвестиций в транспортную инфраструктуру России составляет около 2 % ВВП, что ниже среднемирового показателя в 4 % [2].

Введенная санкционная политика в отношении Российской Федерации неминуемо влияет на методологические подходы к определению потребности и этапности развития региональной транспортно-логистической инфраструктуры [3]. По результатам введения санкций значительно снижены логистические связи с европейскими операторами, что в свою очередь привело к переориентации грузопотоков на Китай, в связи с этим сейчас особое внимание уделяется развитию международных транспортных коридоров, таких как те, что связывают Россию с Китаем в рамках инициативы «Один пояс, один путь». Данные коридоры призваны укрепить торговые связи и обеспечить эффективный транзит грузов. Тем не менее, общая картина развития ТЛИ характеризуется сохранением системных проблем, усугубляемых геополитическими факторами [4].

При этом, наиболее востребованной грузовой базой для ТЛИ является контейнеропригодная продукция. Динамика рынка железнодорожных перевозок за последние три года в контейнерах в отношении с Китаем представлена на диаграмме в виде рисунка 1.

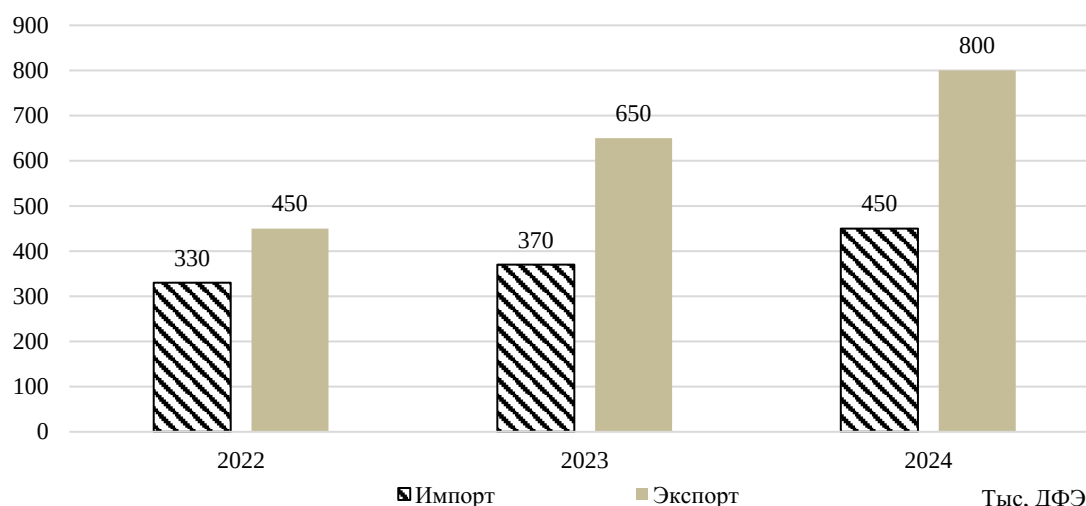


Рис. 1. Диаграмма рынка железнодорожных перевозок грузов в контейнерах в отношении с Китаем за период 2022–2024 гг.

В условиях санкционного давления, которое влечет сокращение объемов прибыли и ростом экспортных и импортных перевозок с Китаем, перед ОАО «РЖД» возникает первоочередной вопрос о строительстве ТЛИ на неосвоенных территориях или же модернизации существующих объектов логистической инфраструктуры.

Основная часть. Системный перечень причин, по которым целесообразнее развивать и модернизировать существующую транспортную инфраструктуру, чем строить полностью новую представлен на рисунке 2.



Рис. 2. Перечень причин и факторов, позволяющих целесообразно развивать имеющуюся ТЛИ

Стоит обратить внимание на то, что развитие региональной ТЛИ обеспечивает не только доступ к международным транспортным коридорам, позволяя российским компаниям расширять географию экспорта своей продукции, но и позволяет оптимизировать логистику путем концентрации грузов, консолидации партий товаров и упрощают управление перевозками между соседними регионами нашей страны, что снижает затраты предприятий на транспортировку продукции и ускоряет доставку товара местному потребителю [5].

Наличие развитой транспортной инфраструктурной базы привлекает инвесторов, способствует созданию промышленных зон и развитию малого бизнеса в субъекте. Инвестиционная привлекательность регионов также возрастает благодаря удобству расположения объектов логистики. В свою очередь эффективная межрегиональная логистика и наличие внедрения их перспективных мощностей позволяет сократить потери сельскохозяйственной продукции, обеспечить своевременную поставку тарно-штучных грузов и продуктов питания жителям отдаленных районов и городов, тем самым стабилизируя цены и обеспечивая доступность продовольствия населению нашей страны.

В качестве примера развития существующей ТЛИ является модернизация станции Д-2 в Республике Башкортостан. Центрами промышленного производства Республики Башкортостан являются города: Уфа, Стерлитамак, Салават, Нефтекамск, Белорецк, Ишимбай, Кумертау, Мелеуз, Туймазы. По территории республики проходят важнейшие железнодорожные, трубопроводные и автомобильные магистрали, связывающие европейскую часть Российской Федерации с Уралом и Сибирью. Транспорт Республики Башкортостан обеспечивает внутренние перевозки и транзитные грузо- и пассажиропотоки в направлении «запад – восток», связывает республику с крупнейшими центрами России и СНГ. Значимость транспорта для экономики Башкортостана обусловлена не только особенностями географического положения республики, но и высоким уровнем развития отрасли. Мощный экономический и научно-технический потенциал позволяет Башкортостану успешно развивать внешнеэкономические связи со странами дальнего и ближнего зарубежья. Торговыми партнерами Башкортостана являются более 90 стран мира. Объем отправления грузов железнодорожным транспортом в 1,8 раза превышает прибытие. Географическая схема транспортных магистралей через Республику Башкортостан представлена на рисунке 3.

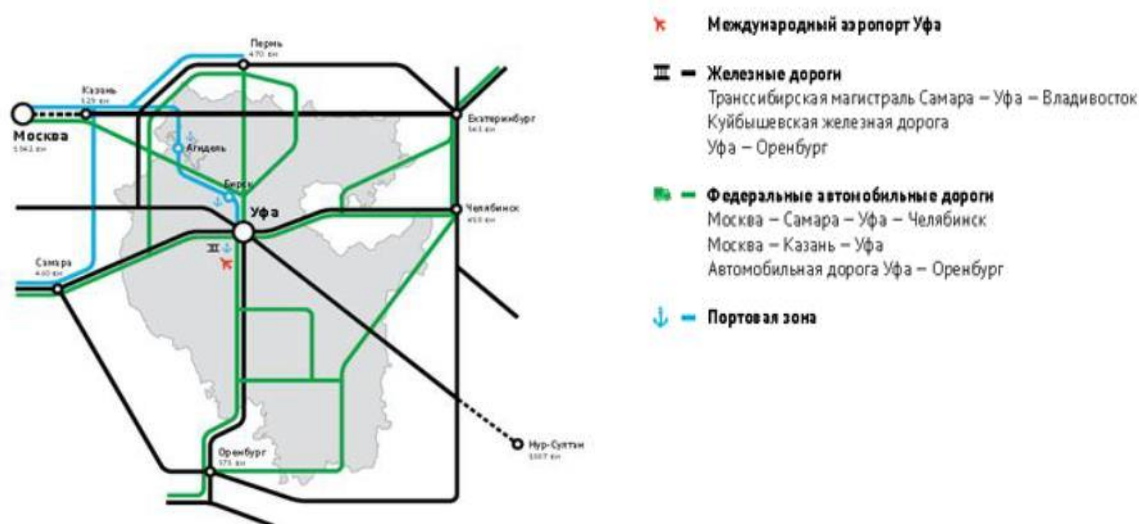


Рис. 3. Географическая схема транспортных магистралей через Республику Башкортостан

На сегодняшний день в Республике созданы пять территорий опережающего социально-экономического развития (ТОСЭР), функционируют десять промышленных парков и создаются еще два, с 2020 года работает особая экономическая зона. Географическое расположение территорий опережающего социально-экономического развития и станции Д-2 представлено на рисунке 4.

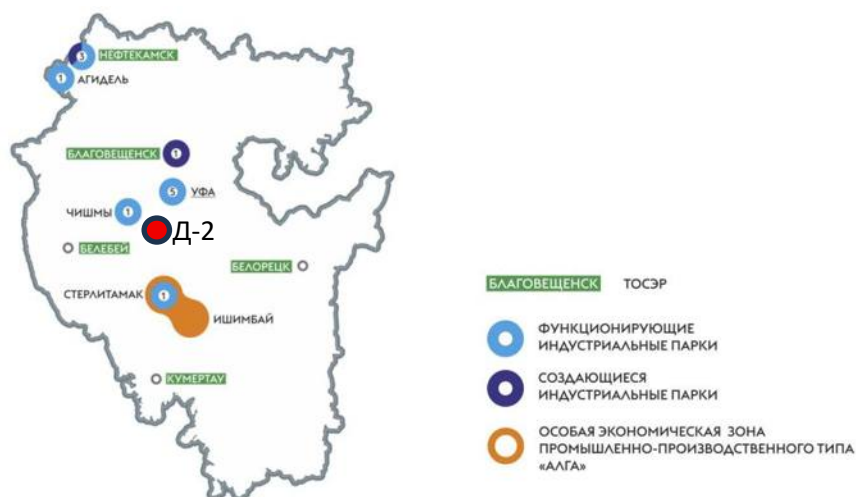


Рис. 4. Географическое расположение территорий опережающего социально-экономического развития Республики Башкортостан и станции Д-2

Расположение станции Д-2 позволяет ввозить и вывозить контейнеры на автомобильном транспорте с выездом на федеральные трассы в любом направлении, минуя перегруженный заезд в г. Уфа, что позволяет осуществлять мультимодальные перевозки.

В связи с наличием на рассматриваемой станции бывшей базы путевой машинной станции с целью экономии затрат на приобретение нового земельного участка под строительство ТЛИ в виде контейнерного терминала, для рационального использования имеющихся подъездных путей на станции Д-2 предлагается на территории бывшей базы спроектировать 4 новых железнодорожных пути общей протяженностью порядка 2,5 км. с примыканием к приемо-отправочному пути станции Д-2. Немасштабная схема проектируемого контейнерного терминала представлена на рисунке 5.

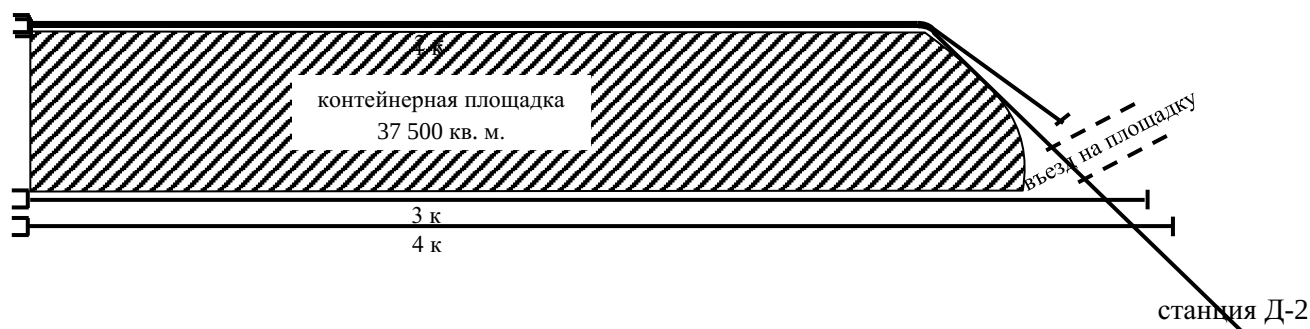


Рис. 5. Немасштабная схема проектируемого контейнерного терминала на месте бывшего базы путевой машинной станции на станции Д-2

В рамках проектирования нового контейнерного терминала предусмотрено устройство новых 4 путей вместимостью 35 – 37 условных вагонов каждый, что позволит одновременно обрабатывать два полносоставных контейнерных поезда по 71 усл. ваг. Для осуществления погрузки и выгрузки контейнеров необходимо устройство двух козловых кранов и один ричстакер для погрузки– выгрузки на автомобили.

В результате модернизации существующей ТЛИ на станции Д-2 позволит:

- осуществлять подачу и уборку на грузовой терминал организованными контейнерными поездами до 2-х поездов по 71 усл. ваг.;
- создать площадь для хранения 1 300 ДФЭ в один ярус;
- использовать существующие подъездные автомобильные пути для отправки и приема контейнеров;
- обеспечить возможность грузоотправителям необходимую потребность по транспортировке и хранению контейнеров;
- избежать затрат на приобретение земельного участка и строительства к нему подъездных путей.

Заключение. Таким образом, по результатам проведенного анализа и разработки практических рекомендаций на примере спроектированного регионально-логистического объекта, следует сделать вывод, что в санкционных условиях развивать и модернизировать существующую терминально-логистическую инфраструктуру эффективнее и безопаснее, чем строить «с нуля» по следующему ряду причин:

- ограниченный доступ к финансированию, так как санкции затрудняют привлечение внешнего капитала, кредитов и страхования для крупных проектов, модернизация требует гораздо меньших инвестиций;
- быстрая окупаемость, так как апгрейд существующих мощностей даёт более быстрое возвратное движение денег по сравнению с длительным строительством;
- гибкость под сменяющиеся маршруты. Существующие площадки легче перепрофилировать под альтернативные виды грузов и маршруты;
- меньше согласований и разрешений. Новое строительство требует долгих согласований, экологических экспертиз, земельных процедур – риски блокировок и задержек растут;
- гибкость под сменяющиеся маршруты. Существующие площадки легче перепрофилировать под альтернативные виды грузов и маршруты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение Правительства РФ от 27.11.2021 № 3363-р (ред. от 06.11.2024) «О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года». https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_402052/
- 2 Инвестиции в инфраструктуру: основные направления и проекты [Электронный ресурс] : презентация. М.: Минтранс России, 2024. 27 с. URL: <https://disk.yandex.ru/i/6G2d5cYyNmlh3Q> (дата обращения: 30.10.2025).
- 3 Sikirinskaya K., Ponomarenko E. Transport and Logistics Market Transformation: Prospects for Russian–Chinese Integration under Sanctions Restrictions // Economic Studies. 2024. No. 4. P. 144–163
- 4 Москвичев О.В. Терминальная инфраструктура и контейнерные поезда: кластеризация объектов // Мир транспорта. 2017. Т. 15. № 5 (72). С. 158–173.
- 5 Москвичев О.В. Повышение эффективности транспортно-технологических систем регулярного контейнерного сообщения: монография // СамГУПС. 2023. С. 6–8,19–21.
- 6 Гаврилов М. В. К вопросу развития терминально-логистической инфраструктуры в регионах Российской Федерации // Исследование и развитие рельсового и автомобильного транспорта : сборник трудов Международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 22–23 мая 2025 года) / под науч. ред. С. В. Бушуева, д-ра техн. наук ; отв. за выпуск В. В. Макаров. Екатеринбург : УрГУПС, 2025. Вып. 6 (268). С. 238–242.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

А. С. Кириллова, Н. В. Эрлих

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современное состояние железнодорожного транспорта характеризуется усложнением перевозочного процесса и необходимостью адаптации к меняющимся экономическим условиям. Железнодорожные перевозки традиционно занимают ведущее место в транспортной системе страны, обеспечивая более 80 % грузооборота. При этом отрасль сталкивается с рядом вызовов, связанных с колебаниями спроса, изменением структуры грузопотоков и потребностью в модернизации управленческих подходов.

Целью данной работы является исследование влияния колебаний погрузки, ее структуры и других факторов на работу сети железных дорог.

Для достижения поставленных целей выполнены следующие задачи:

1. Проанализирован объем погрузки на сети за 9 месяцев 2025 г.
2. Рассмотрены принципы организации и управления перевозочным процессом с учетом грузовой и коммерческой работы, расширением услуг и цифровизации.
3. Дана оценка рассмотренных факторов на развитие грузовых перевозок при организации перевозочного процесса.

Основная часть. Объем погрузки на сети железных дорог подвержен значительным колебаниям в зависимости от экономической конъюнктуры. По данным за январь–сентябрь 2025 года, погрузка составила 830,2 миллиона тонн, что оказалось на 6,7 % меньше аналогичного периода предыдущего года [1]. Подобная динамика отражает общие тенденции в промышленности и внешней торговле. Структура перевозок демонстрирует преобладание массовых грузов: каменного угля, нефти и нефтепродуктов, железной руды. Вместе с тем наблюдается рост экспортных поставок на восточное направление, что требует соответствующей адаптации перевозочного процесса.

Организация перевозок на железнодорожном транспорте базируется на нескольких фундаментальных принципах. Ключевым элементом выступает диспетчерское управление, которое представляет собой централизованную систему оперативного руководства перевозочным процессом. Диспетчерское управление движением поездов основывается на принципе управления одним диспетчером на обслуживаемом участке или полигоне с обеспечением строгого выполнения технологических норм, содержащихся в графике движения и плане формирования поездов [2].

Структура диспетчерского управления включает несколько уровней. На верхнем уровне функционирует Центр управления эксплуатационной деятельностью, координирующий работу всей сети железных дорог. Региональный уровень представлен диспетчерскими центрами управления перевозками на отдельных направлениях. Поездной диспетчер выступает единоличным руководителем движения на своем участке, принимая оперативные решения по регулированию движения. В его задачи входит обеспечение выполнения графика движения, а при возникновении отклонений – применение приемов диспетчерского регулирования для восстановления нормального хода перевозочного процесса.

К основным приемам диспетчерского регулирования относятся сокращение времени стоянок поездов на станциях, изменение пунктов скрещения и обгона, использование неправильного пути на двухпутных участках, регулирование подхода поездов к станциям. Применение этих методов позволяет оптимизировать использование пропускной способности участков и минимизировать задержки в движении.

График движения поездов представляет собой основополагающий документ, определяющий организацию всей эксплуатационной работы. Он устанавливает порядок следования поездов различных категорий, продолжительность их нахождения на станциях, взаимодействие между участками. При разработке графика учитываются технические параметры участков, включая профиль пути, систему сигнализации и связи, пропускную способность станций. Выполнение графика движения обеспечивает ритмичность работы всех подразделений железнодорожного транспорта и создает условия для рационального использования подвижного состава.

Важным направлением развития систем управления движением становится внедрение новых технологий интервального регулирования. Система виртуальной сцепки поездов позволяет автоматически управлять движением составов через цифровой радиоканал. За десять месяцев 2024 года по этой технологии было проведено 9647 пар грузовых поездов [3]. Подобные решения дают возможность сократить интервал попутного следования с десяти до пяти минут, что существенно повышает пропускную способность железнодорожных линий.

Грузовая и коммерческая работа составляет неотъемлемую часть перевозочного процесса. Она охватывает весь комплекс операций, связанных с приемом грузов к перевозке, их транспортировкой и выдачей получателям. Грузовая работа выполняется как на местах общего пользования, принадлежащих железной дороге, так и на подъездных путях предприятий. Характерно, что более 80 % грузов загружается и выгружается именно на подъездных путях промышленных предприятий, что обуславливает необходимость тесного взаимодействия между железной дорогой и грузовладельцами.

Коммерческие операции включают подготовку груза к перевозке, оформление перевозочных документов, взимание провозной платы, пломбирование вагонов, хранение грузов на станциях. Приемосдатчик грузов осуществляет осмотр упаковки и маркировки, регистрирует груз и наносит железнодорожную маркировку с указанием наименования груза, числа мест, станции отправления.

Развитие транспортно-экспедиционного обслуживания расширяет спектр предоставляемых услуг. Специализированные предприятия ОАО «РЖД» берут на себя комплексное обслуживание грузовладельцев: оформление документации, организацию погрузки, контроль за продвижением груза. Это создает дополнительные удобства для клиентов и способствует повышению конкурентоспособности железнодорожного транспорта.

Цифровизация вносит значительные изменения в организацию грузовой и коммерческой работы. Традиционная система характеризовалась сложным бумажным документооборотом, что приводило к задержкам в оформлении перевозок. Переход на электронный документооборот позволяет автоматизировать обработку заявок, исключить бумажные документы и ускорить процесс оформления. С сентября 2026 года использование электронных перевозочных документов станет обязательным для всех видов транспорта [4].

Цифровая трансформация железнодорожного транспорта охватывает различные аспекты деятельности. Развиваются системы мониторинга и диагностики подвижного состава, позволяющие отслеживать техническое состояние вагонов и локомотивов в режиме реального времени. Внедряются цифровые двойники инфраструктуры и подвижного состава, представляющие собой точные виртуальные копии объектов. Применение технологий искусственного интеллекта дает возможность прогнозировать пиковые нагрузки, планировать грузопотоки с учетом сезонных колебаний, оптимизировать маршруты движения.

Мировой рынок цифровых железнодорожных технологий демонстрирует устойчивый рост. В 2025 году его объем достиг 59,32 миллиарда долларов при среднегодовом темпе роста 8,2 %, а к 2029 году прогнозируется увеличение до 90,83 миллиарда долларов [5]. Особенно динамично развивается сегмент интеллектуальных железных дорог, включающий сенсорные системы, аналитику больших данных и автоматизацию процессов.

В российских условиях цифровизация железнодорожного транспорта реализуется в рамках утвержденной стратегии. Приоритетными направлениями выступают создание отечественного программного обеспечения, развитие цифровых сервисов для клиентов, обеспечение технологического суверенитета отрасли. Разработаны интеллектуальные системы диспетчерского управления пропускной способностью и перевозочным процессом, основанные на методах глубокого обучения с подкреплением. Система способна формировать детальные планы-графики работы полигонов с учетом множества факторов и ограничений [6].

Внедрение мобильных приложений для автоматизации коммерческого осмотра вагонов позволяет повысить производительность труда работников и сократить время на выполнение операций. Технологии распознавания типов вагонов и знаков опасных грузов на основе нейронных сетей обеспечивают более точную и быструю идентификацию подвижного состава [7].

Развитие систем управления перевозочным процессом предполагает интеграцию различных информационных систем. Создается единая цифровая среда, объединяющая данные о грузах, подвижном составе, инфраструктуре, персонале. Такая интеграция дает возможность принимать обоснованные управленческие решения на основе полной и актуальной информации. Применение технологий больших данных позволяет анализировать закономерности в работе железнодорожного транспорта и выявлять резервы повышения ее эффективности.

Важным аспектом организации перевозок становится управление вагонным парком. Регулирование распределения порожних вагонов между станциями и направлениями, обеспечение своевременной подачи вагонов под погрузку, контроль за оборотом вагонов – эти задачи требуют координации действий многих подразделений. Диспетчеры-вагонораспределы отслеживают движение вагонопотоков и принимают решения по оптимальному распределению вагонов с учетом потребностей грузоотправителей и технических возможностей станций.

Организация местной работы на участках предполагает развоз груженых и сбор порожних вагонов с промежуточных станций. Для этого формируются сборные поезда, график движения которых

увязывается с работой попутных станций. Эффективность местной работы во многом определяется качеством планирования и координацией действий диспетчерского аппарата и работников станций.

Безопасность движения поездов остается приоритетной задачей при организации перевозок. Все технологические решения и управленческие процедуры разрабатываются с учетом требований обеспечения безопасности. Системы сигнализации, централизации и блокировки предотвращают возможность опасных сближений поездов и несанкционированного изменения положения стрелок. Диспетчерское управление осуществляется с соблюдением установленных норм и правил, гарантирующих исключение аварийных ситуаций.

Взаимодействие с другими видами транспорта приобретает возрастающее значение. Развитие мультимодальных перевозок требует согласования технологических процессов, унификации документооборота, создания единых информационных систем. Железнодорожный транспорт выступает базовым элементом транспортных коридоров, обеспечивая связь между морскими портами, автомобильными терминалами, авиационными узлами.

Современные тенденции в развитии организации перевозок связаны с повышением гибкости и адаптивности управления. Система должна быстро реагировать на изменения во внешней среде: колебания спроса на перевозки, отказы технических средств, ограничения скорости движения, задержки на стыковых пунктах. Для этого применяются методы оперативного планирования, позволяющие корректировать планы работы в зависимости от складывающейся обстановки.

Перспективы развития организации перевозок на железнодорожном транспорте определяются несколькими направлениями. Дальнейшее совершенствование систем управления движением связано с расширением использования технологий искусственного интеллекта, создания полностью автоматизированных диспетчерских центров. Развитие грузовой и коммерческой работы предполагает повышение уровня клиентоориентированности, предоставление персонализированных транспортно-логистических решений. Цифровизация должна охватить все звенья технологической цепи от грузоотправителя до грузополучателя.

Эффективность организации перевозок непосредственно влияет на экономические показатели работы железнодорожного транспорта и конкурентоспособность отрасли. Сокращение времени доставки грузов, повышение сохранности перевозимой продукции, снижение издержек – эти результаты достигаются при условии рационального построения перевозочного процесса и применения современных технологий управления.

Вывод. Таким образом, результаты исследования показывают, что организация перевозок и управление движением поездов представляют собой сложную систему взаимосвязанных процессов, требующих координации усилий множества подразделений и работников. Диспетчерское управление обеспечивает оперативное регулирование движения с учетом текущей обстановки. Грузовая и коммерческая работа охватывает весь цикл обслуживания грузовладельцев от приема груза до его выдачи получателю. Цифровая трансформация открывает новые возможности для повышения эффективности перевозок за счет автоматизации процессов, применения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, интеграции информационных потоков. Дальнейшее развитие организации перевозок будет определяться способностью отрасли адаптироваться к изменяющимся условиям на основе внедрения инновационных технологических решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Погрузка на сети РЖД за 9 месяцев 2025 года снизилась на 6,7% – до 830,2 млн тонн [Электронный ресурс] // ПортНьюс. 2025. URL:<https://portnews.ru/news/382655/>
- 2 Принципы диспетчерского управления движением поездов [Электронный ресурс] // СЦБИСТ – железнодорожный форум. URL:<https://scbist.com/samouchitel-dsp/21939-principy-dispetcherskogo-upravleniya-dvizheniem-poezdov.html>
- 3 Информационные технологии в РЖД [Электронный ресурс] // TAdviser. 2025. URL:https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Информационные_технологии_в_РЖД
- 4 Цифровой маршрут: как модернизируется транспортная отрасль [Электронный ресурс] // РБК. 2025. URL:https://www.rbc.ru/technology_and_media/14/10/2025/68ed06cb9a7947281f59ec72
- 5 Как цифровизация меняет железные дороги в России и мире [Электронный ресурс] // РБК Тренды. 2025. URL:<https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/6842d77e9a79477d0ae68392>
- 6 Мультиагентный ИИ в диспетчерском управлении движением поездов [Электронный ресурс] // Железные дороги мира. 2025. № 5. URL:<https://zdmira.com/articles/multiagentnyj-ii-v-dispetcherskom-upravlenii-dvizheniem-poezdov>
- 7 Совершенствование грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте: концепция и инструментарий [Электронный ресурс] // КиберЛенинка. 2021. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-gruzovoy-i-kommercheskoy-raboty-na-zheleznodorozhnom-transporte-kontseptsiya-i-instrumentariy>
- 8 Железнодорожные перевозки в 2020–2024 гг.: рынок на пути трансформации [Электронный ресурс] // Logistics360. 2025. URL:<https://logistics360.ru/zheleznodorozhnye-perevozki-v-2020-2024-gg-rynok-na-puti-transformaczii/>

КОНЦЕПЦИЯ ИННОВАЦИОННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОГРАНИЧНОГО ПУНКТА В КОШ-АГАЧЕ: ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНЗИТА МЕЖДУ РОССИЕЙ И МОНГОЛИЕЙ

Д. С. Курочкина, Д. Ю. Гришкова

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В связи с развитием теплых и дружественных отношений с Монголией, которые укрепляются с каждым годом, важно подчеркнуть значимость этого сотрудничества. Монголия – наш ближайший сосед, с которым нас связывают общие границы, культурные и исторические корни. Сотрудничество с данной страной способствует развитию экономики, культуры и туризма, а также укреплению региональной безопасности.

Отношения строятся на принципах взаимного уважения, доверия и сотрудничества. Совместные проекты в области энергетики, транспорта, сельского хозяйства и туризма приносят пользу обеим странам. Регулярные встречи на высшем уровне, культурные обмены и экономические форумы способствуют укреплению взаимопонимания и доверия. Создание железнодорожной инфраструктуры в Кош-Агаче станет ключевым фактором перераспределения нагрузки с автомобильной дороги на железную дорогу, способствующим повышению производительности и надежности транспортных коммуникаций, укреплению позиций российских операторов на мировом рынке транспортных услуг.

Увеличение объемов грузоперевозок между Российской Федерацией и Монголией, интенсификация реализации политических инициатив «Один пояс – один путь», а также возрастающая потребность в диверсификации экспортных маршрутов определяют актуальность формирования эффективной системы транспортного обеспечения. На последнем этапе развитие железнодорожного района в Кош-Агаче выглядит перспективным направлением, поскольку позволяет улучшить транспортную нагрузку, перераспределив ее с автомобильного на железнодорожный транспорт, а также повысить конкурентные преимущества российских транспортных компаний на рынке транспортных услуг [2].

Существует пограничный пункт Наушки, который находится на границе с Монголией и является основным пропуском железнодорожных грузов в этом направлении. Но имеются ограничения такие как:

- ограниченная пропускная способность, особенно в периоды пиковой нагрузки;
- устаревшее оборудование, требующее перемен;
- относительно низкий уровень автоматизации процессов;
- проводятся процедуры контроля, приводящие к задержкам при доставке грузов.

Мы предлагаем концепцию нового железнодорожного пограничного пункта. Выбор Кош-Агача в качестве места размещения нового ж.-д. пограничного пункта, обусловленного рядом факторов. Во-первых, его выгодное географическое положение на границе с Монголией, что делает его переходными «воротами» между двумя вариантами. Наличие Чуйского тракта (автомобильной дороги М–52) способствует доставке строительных материалов и оборудования в район Кош-Агача, а также обеспечивает связь с другими регионами России. Расположение Кош-Агача на стыке Транспортных коридоров «Россия – Монголия – Китай» позволяет использовать его в качестве транзитного пункта для перевозки грузов между Европой и Азией. Во-вторых, относительное облегчение в районе Кош-Агача базовой железнодорожной связью по сравнению с другими горными районами Республики Алтай. В-третьих, строительство ж.-д. путей на данном пограничном пункте позволит увеличить объемы торговли между странами Монголии и Россией, особенно в таких развивающихся товарных группах, как минеральные материалы, сельскохозяйственная продукция, продукты легкой промышленности, топливно-энергетические товары, зерно, лесоматериалы и т.д. [1].

Модернизация пограничного пункта Кош-Агач имеет особое значение для развития торгово-экономических связей между Республикой Алтай и западными аймаками Монголии, в частности, с Баян-Ульгийским аймаком, административным центром которого является город Улгий. [1, 2] Учитывая географическую близость Кош-Агача к Улгию и сложную транспортную доступность этого региона, создание более быстрого и эффективного маршрута через модернизированный пограничный пункт позволит существенно сократить транспортные издержки и увеличить товарооборот между двумя регионами. В частности, это позволит увеличить экспорт в Республику Алтай.

Анализ факторов, определяющих стоимость автомобильных перевозок по маршрутам Улгий – Горно-Алтайск, проведенный с использованием данных, представленных в таблице 1.

Таблица 1.

**Факторы, определяющие стоимость автомобильной доставки грузов по различным маршрутам
(Улгий – Горно-Алтайск)**

Фактор	Маршрут через Кош-Агач	Маршрут через Наушки	Стоимость исследования
Протяженность грунто- вых участков (км)	200	1000	Более длинные грунтовые участки изнашивают технику, расходуют топливо и оплачивают труд.
Общая протяженность маршрута (км)	500	1600	Прямое влияние на стоимость перевозки.
Тариф на грунтовых участках (руб./км)	42	42	Высокий тариф на грунтовые дороги обуславливает сложность условий.
Общая стоимость (руб.)	11040	56400	Итоговая стоимость перевозки. Рассчитано как: (Расстояние до границы * Тариф) + Оплата водителю + Прочие расходы, или (Общая протяженность маршрута * Тариф) + Оплата водителю + Стоянка и питание + прочие расходы
Протяженность грун- товых участков (км)	200	1000	Более длинные грунтовые участки изнашивают технику, расходуют топливо и оплачивают труд.

На основании результатов, представленных в таблице 1, можно отметить, что развитие транспортной активности в районе Кош-Агача является перспективным направлением повышения эффективности внешнеторговых связей между Россией и Монголией. Оптимизация маршрутов автомобильных перевозок, в частности, для использования расчетного маршрута через Кош-Агач, может способствовать сокращению возможностей издержек, повышению конкурентоспособности российских предприятий и стимулированию экономического развития приграничных регионов.

Анализ социально-экономической обстановки и факторов внешней среды представляет собой важный этап планирования стратегии развития любого региона или предприятия. Цель анализа состоит в определении сильных и слабых сторон региона Кош-Агач, анализе влияния окружающей среды и существующих тенденций на его экономику и социальное развитие. Анализ призван стать основой для принятия обоснованных управленческих решений, направленных на устойчивое развитие региона и улучшение благосостояния его жителей. Данный анализ представлен в таблице 2.

Таблица 2.

STEP– анализ по пограничному пункту Кош-Агач.

Social Analysis (S)	Technology Analysis (T)	Economy Analysis (E)	Politics Analysis (P)
Основная этническая группа представлена алтайцами. Уровень доходов местных жителей не высок, основной доход поступает от сельского хозяйства и туризма. Основным рынком сбыта является соседняя Монголия и Китай. Население региона поддерживает меры, направленные на улучшение инфраструктуры и упрощение процедуры пересечения границы, особенно среди фермеров и аграриев, заинтересованных в экспорте сельхозпродукции	Дороги характеризуются низким качеством покрытия, возможны проблемы с проходимостью зимой и весной из-за погодных условий. Складские помещения в регионе немногочисленны и имеют устаревшую инфраструктуру хранения зерна. Средства контроля движения грузов на территории Республики Алтай слабо развиты, отсутствует интеграция современных технологий мониторинга и навигационных систем GPS	Зерновые культуры, выращиваемые в республике, отличаются низкими ценами из-за высоких затрат на доставку до конечного покупателя. Средняя цена варьируется от 15 до 20 тысяч рублей за тонну в зависимости от сорта и сезона сбора урожая. Для автомобилей установлена пошлина около 5% от общей стоимости товара плюс фиксированная ставка за оформление документов. Курс российского рубля к китайскому юаню и монгольскому тугрику влияет на рентабельность транспортировки	. Между Россией и Монголией существуют дружественные дипломатические отношения, сотрудничество развивается в области экономики и культуры. Нет серьезных препятствий для экспорта зерна из Кош-Агача, кроме стандартных требований фитосанитарного контроля и сертификации продукции. Таможенный союз России и Казахстана облегчает прохождение границ

Анализ показывает, что потенциал экспорта зерна из Кош-Агача велик, но реализация этого потенциала сталкивается с техническими, транспортными и организационными проблемами. Необходимо дальнейшее инвестирование в модернизацию инфраструктуры, поддержку фермеров и создание эффективных каналов продвижения продукции на международные рынки. Улучшение дорожной сети, расширение хранилищ и внедрение современных технологий станут ключевыми факторами успеха в развитии регионального сельского хозяйства и увеличении объемов экспорта.

Проведенный анализ преимуществ строительства нового железнодорожного пограничного пункта в районе Кош-Агача позволяет оценить его потенциальную экономическую эффективность и влияние на развитие торгово-экономических связей между Российской Федерацией и Монголией. На основании экспертных оценок и экстраполяции в данном направлении прогнозируется увеличение объемов грузоперевозок между этими формулировками и изменением на 30–50 % в течение пяти лет после введения пограничного пункта в регулирование.

Ключевыми факторами повышения экономической эффективности рассматриваемого проекта являются:

- Сокращение времени проведения контрольных процедур в 2–3 раза, что учитывает современные технологии таможенного досмотра и оптимизации логистических процессов.
- Снижение вследствие этого издержек на транспортировку грузов, обуславливающее переориентацию грузопотока на более эффективный железнодорожный транспорт, а также сокращением общего времени доставки.
- Создание новых рабочих мест (не менее 500) в приграничных регионах говорит о том, что страны окажут положительное влияние на социально-экономическую ситуацию.
- Увеличение налоговых поступлений в бюджеты различных уровней, что обусловлено ростом объемов грузоперевозок и активизацией экономической деятельности в регионах, тяготеющих к новому пограничному пункту.

Предварительные расчеты показывают, что срок окупаемости инвестиций в данный проект может составлять 7–10 лет, что свидетельствует о его значительной экономической привлекательности.

Таким образом, предлагаемая концепция инновационного железнодорожного пограничного пункта в районе Кош-Агача представляет собой перспективное решение, способное повысить эффективность транзитных перевозок между Российской Федерацией и Монголией, раскрыть экономический потенциал региона и создать новые возможности для привлечения инвестиций и создания рабочих мест. Реализация раскрытого проекта может оказать положительное влияние на развитие торгово-экономических и финансовых связей между двумя вариантами. Для дальнейших проработок данная концепция выглядит как реализация детальных инженерно-экономических разработок и составление комплексного технико-экономического обоснования, наблюдающего все соответствующие факторы и риски, а также потенциальные синергетические эффекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Потаев В. С., Атанов Н. И., Субанакоев Г. Ю., Цыренов Д. Д. Перспективы развития российско-монгольского приграничного сотрудничества // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2020. № 1. С. 29–39.
- 2 Боброва В. В., Бережная Л. Ю. Механизм влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие приграничного региона // Экономика, предпринимательство и право. 2021. Т. 11, № 10. С. 2381–2398.
- 3 Богинский С. А., Мельниченко О. В., Линьков А. О. Повышение коэффициента мощности электровозов переменного тока за счет новой организации сетевой коммутации плеч выпрямительно-инверторного преобразователя // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2019. Т. 62, № 2. С. 166–177. DOI: 10.26731/1813–9108.2019.2(62).166–177

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕРМИНАЛЬНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ОАО «РЖД»

О. В. Москвичев, А. А. Грузд

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В современных условиях, характеризующихся перестройкой логистических цепочек и переориентацией грузопотоков с северо-западного направления на юго-восточное, наблюдаются существенные колебания объемов перевозок, приводящие к снижению эффективности использования имеющихся объектов терминально-логистической инфраструктуры. Ввиду чего возникают непроизводительные простои погрузо-разгрузочных машин и технологических зон терминала, длительные простои транспортных средств в ожидании грузовых операций, возрастают сроки хранения и доставки грузов, что способствует росту штрафных санкций и снижению общего уровня клиентоориентированности. Следовательно, возникает необходимость в устранении дефицита перерабатывающих мощностей и пропускной способности транспортно-логистической инфраструктуры, за счет целесообразного развития сети транспортно-логистической инфраструктуры.

Основная часть. Центральная дирекция по управлению терминально-складским комплексом компании ОАО «РЖД» совместно с профильным институтом АО «ИЭРТ» уже занимается разработкой перечня первоочередных проектов по развитию транспортно-логистических центров и грузовых терминалов ОАО «РЖД» до 2036 года [1, 2].

Итогом проделанной работы стало включение в программу 25 проектов развития терминалов до 2030 года и 30 проектов – до 2036 года. Среди первоочередных мероприятий, направленных на развитие грузоперевозок по международным транспортным коридорам (МТК), особое внимание уделяется развитию действующих грузовых терминалов ОАО «РЖД»: Первой Речки, Хабаровска–2, Тальцов, Юрьевца, Сыктывкара, Кунцево-2, Забайкальска и Гродеково. Эти проекты реализуются в рамках ведомственного проекта Минтранса России и дорожной карты по обеспечению вывоза с Дальнего Востока не менее 4,5 тыс. ДФЭ в сутки (включая проекты Артем–Приморского–1, Находки и Уссурийска), рисунок.

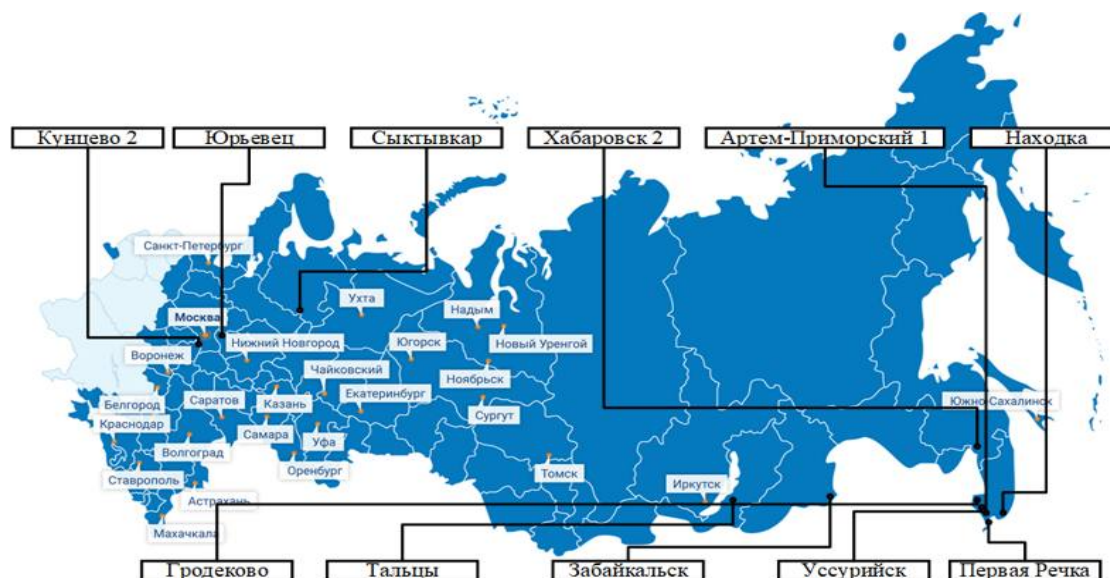


Рис. программа развития сети транспортно-логистических центров

Таким образом, как показано на рисунке 1, приоритетное территориальное развитие логистической инфраструктуры сосредоточено на международных транспортных коридорах таких как МТК «Север–Юг» и ТРАНСИБ, а также зонах приморских портов, обеспечивая функционирование крупных терминалов, осуществляющих экспортно-импортные перевозки.

Однако, наряду с развитием действующих крупных терминалов необходимо развивать и действующую региональную транспортно-логистическую инфраструктуру, так как существующее состояние многих объектов терминально-логистических комплексов ОАО «РЖД» является существенным фактором

снижения не только конкурентоспособности железнодорожного транспорта, но и национального рынка транспортно-логистических услуг. Развитие региональной транспортно-логистической инфраструктуры способствует привлечению клиентов и созданию новых условий для повышения эффективности логистических процессов, так, например, строительство контейнерных площадок в регионах позволит увеличить долю контейнерных перевозок, что снизит нагрузку на другие виды подвижного состава и повысит общую пропускную способность транспортной сети. Это приведет к сокращению времени доставки грузов, снижению логистических издержек и повышению конкурентоспособности региональных предприятий. Кроме того, развитие региональных транспортно-логистических центров стимулирует развитие смежных отраслей и улучшит логистическую доступность регионов, что будет способствовать их экономическому росту и интеграции в общенациональную и международную транспортную систему.

На сегодняшний день, комплекс мероприятий по развитию транспортно-логистической инфраструктуры включает в себя как типовые технико-технологические решения, так и в рамках цифровой трансформации железнодорожного транспорта можно выделить достаточное множество цифровых организационных и технико-технологических решений, связанное с внедрением автоматизированных и цифровых систем управления, которые позволяют минимизировать участие человека в управлении процессами ТЛЦ. Автоматизированные системы берут на себя функции контроля, планирования и координации всех подразделений и процессов внутри логистического центра. Вместе с этим цифровые технологии обеспечивают полное сопровождение клиента в том числе информационному взаимодействию с различными подразделениями государства, включая таможенные органы, органы сертификации, ветеринарного надзора и другие ведомства, а также информационное сопровождение клиентов.

В рамках программы «Цифровая железная дорога» компания ОАО «РЖД» реализует проект «Цифровой грузовой двор» [3]. Одним из первых этапов цифровизации грузового терминала, компания ОАО «РЖД» планирует организовать систему удаленного управления козловыми контейнерными кранами, в том числе с возможностью управления всеми козловыми контейнерными кранами производственного участка с одного рабочего места.

Принцип работы заключается в том, что оператор управляет краном с использованием специальных пультов или панелей, оснащенных сенсорными экранами и джойстиками. Панель отображает важную информацию о состоянии крана, нагрузке и скорости перемещения. Связь между оператором и краном осуществляется через беспроводные сети Wi-Fi или радиосистемы. Согласно [4] удаленное управление козловым краном позволит повысить производительность труда, сократить время на технологические операции, исключить работника из опасной производственной зоны, сократить расходы (затраты) на содержание штатной численности машинистов козловых кранов до 10% за счет выполнения работ одним машинистом на нескольких грузовых дворах.

На сегодняшний день, эксплуатируется три козловых контейнерных крана грузоподъемностью до 45 тонн – на станциях Тихорецкая, Чебоксары и Юрьевец [5]. Вместе с этим в рамках модернизации грузового терминала Безымянка планируется реализация инновационного проекта «Удаленное управление козловыми контейнерными кранами», что позволит стать грузовому терминалу Безымянка первым роботизированным терминалом на сети «РЖД» [5].

Для оптимизации процесса погрузки/выгрузки грузов разработаны роботизированные устройства, предназначенные для открытия/закрытия люков вагонов. Это специализированные навесные устройства, обеспечивающие автоматическое открывание и последующее закрытие крышек люков полувагонов. Такие устройства применяются для полной автоматизации процесса выгрузки сыпучих грузов (угля, зерна, песка, щебня и аналогичных материалов) из крытых вагонов и полувагонов. Конструкция навесного устройства включает рамную основу, на которой расположены гидроцилиндры двух типов: 1. гидроцилиндры поворотных секторов отвечают за подъем и опускание крышки люка и 2. гидроцилиндры вывода закидок обеспечивают освобождение запирающих устройств и снятие их с контактных угольников (фиксаторов). Навесное устройство монтируется шарнирно на стреле самоходного шасси (погрузчика, экскаватора, бульдозера, передвижного шасси) и является быстросъемным. Основная цель разработки заключается в ликвидации необходимости ручного труда, повышении безопасности работников и увеличении эффективности производственного процесса, так как данное техническое решение позволяет существенно ускорить процедуру выгрузки [6].

Вместе с этим для оптимизации погрузо-выгрузочных работ разработаны автономные погрузчики с искусственным интеллектом. Автономный погрузчик оснащен лазерным сканированием, камерами и алгоритмами искусственного интеллекта, что позволяет им создавать динамические карты помещения и самостоятельно определять оптимальные маршруты для перемещения и размещения грузов, что сокращает время обработки и уменьшает вероятность производственных инцидентов. Автономные погрузчики позволяют обеспечить повышение производительности труда и снижение человеческих ошибок.

К основным автоматизированным системам управления транспортно-логистических комплексов можно отнести следующие.

- Автоматизированная система управления терминально-складским комплексом (АСУ ТСК),
- системы управления транспортом (TMS): помогают планировать, контролировать и оптимизировать перевозки: строить маршруты, выбирать перевозчиков, отслеживать грузы;
- системы управления складом (WMS): оптимизируют складские процессы: приёмку, хранение, отгрузку и инвентаризацию;
- системы для автоматизации управления контейнерным терминалом (СТА): обеспечивают управление работой погрузочной техники, транспорта и персонала, контроль перемещения контейнеров.

Автоматизированная система управления терминально-складским комплексом (АСУ ТСК), управляет производственными процессами, включая погрузку, выгрузку и хранение грузов, контролирует использование движимого и недвижимого имущества, организует складские операции и эффективно распределяет ресурсы. Система планирует производственную деятельность, вырабатывая оптимальные графики работы и маршруты доставки, а также осуществляет мониторинг эффективности деятельности, собирая и анализируя данные о работе комплекса, выявляя узкие места и предлагая меры по их устранению. Кроме того, АСУ ТСК обеспечивает полный цикл сопровождения клиента, от момента обращения с заявкой и оформления необходимых документов до завершения погрузочно-разгрузочных работ и оказания дополнительных услуг. Более того, пользователи получают своевременную информацию о состоянии своего заказа, статуса подтверждения заявки, наличии свободных площадей и оказании сопутствующих услуг. Система поддерживает оптимальное распределение ресурсов, эффективное планирование и четкую организацию поставок, а также облегчает взаимодействие с различными субъектами рынка за счет удобной интеграции с корпоративными ИТ-инфраструктурами [7]. На сегодняшний день АСУ ТСК внедрена во всех регионах дирекции, а также интегрирована с 18 автоматизированными системами управления ОАО «РЖД».

Система управления транспортом (Transport Management System, TMS) представляет собой специализированное программное обеспечение, предназначенное для автоматизации и оптимизации всех этапов организации и управления перевозками товаров и грузов [8]. Одним из главных преимуществ TMS является возможность оптимизации маршрутов и снижения затрат. Система анализирует большой объем данных и находит наиболее выгодные маршруты, учитывая множество факторов: тип груза, ограничения на дорогах, климатические условия, текущий трафик и многое другое. В результате продолжительность рейса сокращается, расход топлива уменьшается, а транспортные расходы минимизируются. Кроме того, система TMS автоматически распределяет задания между машинами, учитывая график технического обслуживания и нагрузку на водителей. Это позволяет исключить простой транспорта и увеличить коэффициент его использования.

Система управления складом (Warehouse Management System, WMS) представляет собой специализированное программное обеспечение, предназначенное для автоматизации и оптимизации всех видов складских операций.

Автоматизация управления контейнерным терминалом (СТА) представляет собой комплекс высокотехнологических решений, направленных на оптимизацию процессов приёма, хранения, переработки и выдачи контейнеров на морских, железнодорожных и сухопутных терминалах. Работа СТА начинается с установки RFID-меток на каждый контейнер, содержащих уникальный номер, информацию о содержимом, весе и пункте назначения. Центральная система управления принимает данные с меток и распределяет контейнеры согласно их назначению, месту хранения и приоритетности обработки. Следующим этапом является операция разгрузки и погрузки контейнеров с помощью кранов, управляемых компьютером, а также перемещение контейнеров по территории терминала с помощью беспилотных тягачей,двигающихся строго по маршрутам и ориентирующихся на светофоры и разметку пола. Среди компаний, активно использующих СТА, выделяются международные морские перевозчики и владельцы терминалов, такие как Maersk Line, DP World, Cosco Shipping, CMA CGM и MSC Mediterranean Shipping Company.

В качестве одного из сервисов, способствующих развитию информационного обеспечения ТЛК, действует система «Личный кабинет клиента» ОАО «РЖД». Эта система предоставляет клиентам удобный доступ к широкому спектру функций, направленных на повышение прозрачности и эффективности взаимодействия с железнодорожным оператором. С помощью Личного кабинета клиенты могут заключить договор с Центральной дирекцией в электронном виде, подать заявку на использование мест общего пользования также в электронном виде, что значительно ускоряет процесс получения разрешений. Вместе с этим клиенты могут подавать заказы на погрузочно-разгрузочные работы, оперативно получать актуальный статус исполнения этих заказов и формировать отчетные документы, включая Акты выполненных работ установленной формы (ФПУ-26), получать автоматизиро-

ванное формирование первичных документов по погрузочно–разгрузочным работам, таких как складские квитанции (СК–1, СК–2) и акты на завоз–вывоз контейнеров (КЭУ–16), с возможностью подписания этих документов электронной подписью непосредственно в личном кабинете.

Кроме того, важно отметить, что рабочая группа ЭКАТО ООН по «сухим портам» провела заседание, в рамках которого были разработаны предложения по совершенствованию работы «сухих портов» и оптимизации таможенных и пограничных процедур. В качестве одного из таких предложений было предложено организовать в каждом «сухом порту» специальную зону «Единое окно», где будут собраны все виды контроля (таможенный, санитарный, карантинный и другие). Это позволит участникам внешнеэкономической деятельности подавать документы и получать решения по оформлению товаров в одном месте, что значительно упростит и ускорит процесс оформления грузов.

Заключение. Таким образом для развития существующей транспортно-логистической инфраструктуры предлагается рассмотреть применение цифровых технико-технологических решений. Ввиду того, что комплекс мероприятий, направленный на развитие существующей инфраструктуры, применяются для разных технологических операций, целесообразно классифицировать их по технологической цепочке процесса обработки поступающего грузопотока, таблица [9, 10]. Данная классификация позволит более четко определить, какие именно цифровые технико-технологические могут быть применены для развития существующей транспортно-логистической инфраструктуры с учетом потребности развития. Вместе с этим, это позволит лицам, принимающим решения по развитию существующей транспортно-логистической инфраструктуры и внедрению цифровых инструментов, делать обоснованный выбор.

Таблица

Фрагмент классификатора цифровых технико-технологических решений для модернизации Терминально-логистических комплексов, расположенных на местах общего пользования ОАО «РЖД»

Технологическая операция	Цифровые технико-технологические решения	Эффект от предлагаемого цифрового технико-технологического решения
Грузовые операции (погрузка / выгрузка / перегрузка)	1.1. Робот для выполнения операций по открытию секторов и защелок люков полувагонов	– снижение времени на выгрузку вагонов; – снижение рисков по охране труда; – исключение тяжелого труда.
	1.2. Систему удаленного управления козловым контейнерным краном	– повышение производительности труда; – сокращение времени на технологические операции; – исключение работника из опасной производственной зоны; – сокращение расходов (затраты) на содержание штатной численности машинистов козловых кранов до 10 %.
	1.3. Автономный погрузчик с искусственным интеллектом	– повышение производительности труда; – сокращение времени на технологические операции; – оптимизация штата причастных работников; – исключение работника из опасной производственной зоны.
Обработка железнодорожного состава / автомобилей / судов	2.1. Видеоэндоскоп по осмотру фитинговых платформ	– исключение нежелательных маневровых операций по выводу порожних вагонов на пути станции для осмотра, или дополнительных переформирований контейнерного поезда; – снижение загрузки маневрового локомотива; – сокращение эксплуатационных расходов; – повышение безопасности движения поездов и сохранность перевозимых контейнеров и грузов.
	2.2. Роботизированный технологический комплекс «Отпуск тормозов»	– повышение пропускной способности контейнерного терминала; – уменьшение времени обработки состава; – устранение влияния человеческого фактора; – оптимизация штата причастных работников; – вывод человека из опасной зоны.

	2.3. Въездные ворота	– автоматическое распознавание водителей; – автоматическая обработка товарно–транспортных и других документов на контейнер; – уменьшение времени обработки автомобилей; – повышение пропускной способности контейнерного терминала; – автоматическое построение маршрута для направления водителя в назначенную зону погрузки/выгрузки контейнера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Транспортная стратегия РФ до 2030 года с прогнозом до 2035 года утверждена Распоряжением №3363–р от 27 ноября 2021 года [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/403156321/?ysclid=mj3c659ci687954666>
- 2 Государственная программа Российской Федерации «Развитие транспортной системы» утверждена постановлением Правительства РФ от 20.12.2017 N 1596 (в редакции от 26.04.2025) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71843998/?ysclid=mj3c6r063x891103486>
- 3 Внедрение цифровых технологий как фактор повышения эффективности работы транспортно-логистических систем / Р. С. Зарипова, О. А. Рочева, Ф. Р. Хамидуллина, М. В. Арбузова // International Journal of Advanced Studies. 2021. Т. 11, № 2. С. 100–114. DOI 10.12731/2227–930X–2021–11–2–100–114.
- 4 Куйбышевская железная дорога. В Самарской области подвели промежуточные итоги модернизации грузового терминала станции Безымянка [Электронный ресурс]. URL: <https://kbsr.rzd.ru/ru/3394/page/2452802?id=289188> (дата обращения: 24.07.2025).
- 5 Гудок [Электронный ресурс]. URL: <https://gudok.ru/zdr/168/?ID=1653105> (дата обращения: 24.07.2025).
- 6 Проект: «Разработка устройства для механизации и роботизации выполнения операций по открытию секторов и защёлок люков полувагонов». Сайт образовательной платформы PT.2035.University. [Электронный ресурс]. URL: <https://pt.2035.university/project/razrabotka-ustrojstva-dla-mehanizacii-robotizacii-vypolnenia-operacij-po-otkrytiu-sektorov-i-zaselok-lukov-poluvagonov?ysclid=mfmfwx125d26140282> (дата обращения: 24.07.2025).
- 7 РЖД Digital. Цифровые технологии выводят работу с грузоотправителями на новый уровень [Электронный ресурс]. URL: <https://tzddigital.ru/projects/tsifrovye-tekhnologii-vyvodyat-rabotu-s-gruzovladeltsami-na-povu-u-roven> (дата обращения: 24.07.2025).
- 8 Кравченко М. А., Петруша М. А. Система управления транспортом TMS // Экономика и социум. 2016. № 4–1 (23). С. 1017–1020.
- 9 Москвичев О. В., Москвичева Е. Е., Грузд А. А. Научно-методический подход к интеграции цифровых технологий в работу железнодорожных грузовых станций и примыкающих путей общего пользования // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2025. № 3 (118). С. 43–47.
- 10 Москвичев О. В., Москвичева Е. Е., Грузд А. А. Многокритериальный подход к оценке эффективности внедрения цифровых технологий в работу грузовых железнодорожных станций // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2025. № 2 (74). С. 55–62.

К ВОПРОСУ О ПРОФИЦИТЕ ВАГОННОГО ПАРКА НА СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

О. В. Москвичев, Е. А. Куприянова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современная железнодорожная транспортная система России столкнулась с одной из наиболее острых проблем, которая связана с нахождением на сети избыточного вагонного парка. Эта проблема вызвана тем, что при уменьшении грузооборота вагонный парк продолжает расти, создавая угрозу для устойчивой работы всей железнодорожной сети. За последние несколько лет произошли значительные структурные и технологические изменения в организации перевозочного процесса и подвода вагонов к местам выполнения грузовых операций, обусловленные санкционными и регуляторными ограничениями, создавшие на многих участках железнодорожных полигонов дефицит или фактическое заполнение пропускных и перерабатывающих мощностей.

По данным ОАО «РЖД», за последние шесть лет количество грузовых вагонов увеличилось на 260 тыс. единиц, достигнув рекордных 1,4 млн в 2025 году, тогда как эффективность их использования неуклонно снижается. Все вагоны, находящиеся на сети ОАО «РЖД», принадлежат операторам подвижного состава. В соответствии с Федеральным законом «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» под операторами железнодорожного транспорта понимается юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, имеющий вагоны, контейнеры на праве собственности или ином праве, участвующий на основе договора с перевозчиком в осуществлении перевозочного процесса с использованием указанных вагонов, контейнеров.

Операторы подвижного состава классифицируются следующим образом:

- по количеству вагонного парка в управлении (малые, средние, крупные);
- по роду подвижного состава (специализированные, универсальные);
- по характеру перевозок (экспрессные (компании, владеющие и управляющие парком вагонов с целью транспортного обеспечения основного производства), неэкспрессные (компании, владеющие и управляющие парком вагонов с целью получения прибыли).

На всей сети Российских железных дорог в 2024 года было зарегистрировано 889 операторов и собственников подвижного состава, общий парк которых составляет около 1,4 млн. единиц. Из них 9 крупных компаний – операторов (АО «Первая грузовая компания» – 100 тыс. вагонов, АО «Федеральная грузовая компания» – 132 тыс. вагонов, АО «НефтеТрансСервис» – 63 тыс. вагонов, АО «Деметра-Холдинг» – 98,3 тыс. вагонов, АО «НТК» – 70 тыс. вагонов и др.) владеют около 52 % от общего числа подвижного состава (738 тыс. вагонов). В собственности средних компаний находится около 39 % вагонного парка (550 тыс. вагонов). Оставшиеся 9 % от общего числа подвижного состава, а это около 100 тыс. вагонов, принадлежат мелким операторским компаниям, число которых насчитывает более пятисот [1].

Из-за разрозненного управления вагонным парком различными операторами, возникают проблемы, которые отражаются на работе всей железнодорожной сети. Их возникновение обуславливается тем, что каждый оператор и собственник подвижного состава «преследует» частные интересы в работе с вагонным парком, который находится у него в собственности.

Так, например, из-за скопления невостребованных вагонов на полигонах сети коэффициент порожнего пробега в 2025 году превысил 34 %, а средний оборот частных вагонов вырос до 12,6 суток. На узловых, промежуточных и участковых станциях констатируется снижение маршрутной скорости поездов на 15–20 %, что, в свою очередь, увеличивает эксплуатационные расходы перевозчика и ставит под угрозу выполнение ключевых экспортных проектов, включая поставки на восточном направлении. В 2025 году только на Восточном полигоне из-за перегруженности путей простой порожних вагонов достиг 28 часов, при нормативе 8 часов, что привело к потерям в 2,7 млрд рублей ежемесячно.

Согласно данным Центральной дирекции управления движением, в настоящее время ежедневный избыток порожних грузовых вагонов составляет 36 тыс. единиц (а это более 500 грузовых поездов), 80 % из которых размещены на инфраструктуре общего и необщего пользования на особо грузонапряженных направлениях. Так, в конце сентября 2024 года из 5 тыс. станционных путей по всей сети ОАО «РЖД» 1120 путей было занято избыточным вагонным парком, что почти на 25 % снизило маневренность сети железных дорог.

По данным профильного Института экономики и развития железнодорожного транспорта, для перевозки нынешнего объема грузов необходим парк в 970 тыс. вагонов. Таким образом, свыше 400

тыс. единиц подвижного состава создают избыток грузовых вагонов, однако в дефиците остается специализированный подвижной состав для перевозки минералов, зерна, метанола, а также вагоны для перевозки негабаритных грузов.

Ситуация с избыточным порожним вагонным парком также усугубляется резким падением погрузки: за 12 месяцев 2024 года погрузка сократилась на 4,1 % (или на 50,8 млн тонн) в сравнении с аналогичным периодом прошлого года. Так, например, погрузка каменного угля за период январь–декабрь 2024 года в абсолютном исчислении снизилась на 5,4 % (или на 18,9 млн. тонн).

Но несмотря на снижение объемов погрузки основных грузов, производство нового подвижного состава продолжает расти, а выбытие из эксплуатации устаревших вагонов остается крайне низким. Наибольший прирост наблюдается в сегменте полувагонов, где зафиксировано увеличение на 18 тысяч единиц подвижного состава, что является максимальным показателем за период 2010–2024 годов. Это напрямую связано с приоритезацией перевозок каменного угля, доля полувагонов в общем парке составляет 47 %.

Позитивную динамику показывают также зерновозы, количество которых увеличилось на 10,7 тысяч единиц. Данный рост обусловлен расширением экспортных поставок зерна в страны Азии и Ближнего Востока. Их доля в общем парке составляет 12 %.

Прирост цистерн за 2024 год составил в 6 тысяч единиц, занимая 20 % всего парка. Увеличение связано с ростом объемов перевозок нефтепродуктов и сжиженных углеводородных газов (СУГ).

В сегменте хопперов отмечается положительная динамика – прирост составил 4,2 тысячи единиц при доле в 8 % от общего парка. Это связано с увеличением объемов перевозок минеральных удобрений.

При этом наблюдаются негативные тенденции с некоторыми группами подвижного состава. Число крытых вагонов сократилось на 3,5 тысячи единиц (доля 8 %), что обусловлено снижением объемов перевозок строительных материалов. Особенно значительное падение демонстрирует сегмент платформ, где зафиксировано сокращение на 35 % при доле в 5 % от общего парка [1].

На рисунке представлена динамика погрузки важнейших грузов по сети РЖД за 12 месяцев 2023 и 2024 года.

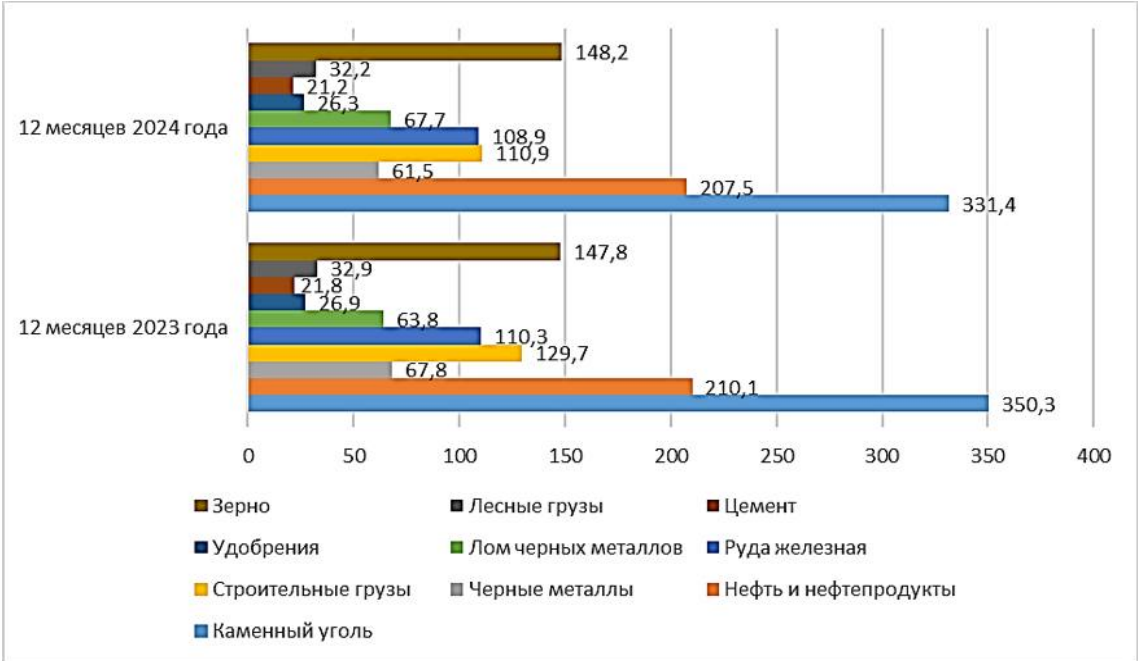


Рис. динамика погрузки важнейших грузов по сети РЖД за 12 месяцев 2023 и 2024 года, млн тонн

Динамика вагонного парка за 2024 год представлена в таблице.

Таблица

Динамика вагонного парка за 2024 год		
Тип вагона	Прирост за 2024 год	Доля в парке
Полувагоны	+18 тыс. (январь, август)	47%
Зерновозы	+10,7 тыс.	12%
Цистерны	+6 тыс.	20%
Крытые вагоны	– 3,5 тыс.	8%
Платформы	– 35%	5%
Хопперы	+4,2 тыс.	8%

На основе анализа статистических данных, можно сделать вывод, что избыточный парк вагонов крайне негативно влияет на работу железнодорожной сети в целом, это выражается в:

- снижении участковой скорости грузовых поездов, увеличении времени оборота вагона;
- потери тяговых ресурсов в рабочем парке локомотивов и в явочном штате локомотивных бригад;
- увеличении количества отставляемых от движения грузовых поездов;
- снижении эксплуатационной надежности технических и грузовых станций, а как следствие, нарушение нормативных сроков доставки грузов железнодорожным транспортом.

Исходя из анализа мер статистических данных можно сделать вывод, что проблема является комплексной. Ключевыми проблемами являются неравномерность загрузки различных типов вагонов, дисбаланс между регионами отправления и назначения, а также недостаточная координация между операторами и железной дорогой в вопросах планирования перевозок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Союз операторов железнодорожного транспорта. Обзор работы грузового железнодорожного транспорта за 12 месяцев 2024 года / Союз операторов железнодорожного транспорта. URL: (<https://railsovet.ru/upload/iblock/c43/qem15uzdtw927bb6ypfnaoe9fl20iuf.pdf>)
- 2 Приказ Министерства транспорта РФ от 7 июля 2015 года № 214 «Об утверждении Перечня критериев технических и технологических возможностей осуществления перевозок, отсутствие которых является для перевозчика и владельца инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования основанием отказа в согласовании запроса–уведомления на перевозку порожнего грузового вагона, порожних грузовых вагонов» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71164628/?ysclid=mj3cc2bmr812875135>
- 3 Приказ от 27 марта 2025 г. №105 о внесении изменений в Перечень критериев технических и технологических возможностей осуществления перевозок, отсутствие которых является для перевозчика и владельца инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования основанием отказа в согласовании запроса–уведомления на перевозку порожнего грузового вагона, порожних грузовых вагонов, утвержденный приказом Министерства транспорта Российской Федерации от 7 июля 2015 г. № 214 [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202504250013?ysclid=mj3cehl8bk183925998>
- 4 Правила перемещения порожних грузовых вагонов на железнодорожном транспорте (утв. постановление Правительства РФ от 31 октября 2015 г. № 1180). [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71240598/?ysclid=mj3cftrhcn871825028>
- 5 Распоряжение «Об утверждении перечня путей, предназначенных для отставления от движения поездов» № КБШ Н31–31/р от 18.03.2025 г.
- 6 Приказ (по личному составу) Генерального директора – председателя правления ОАО «РЖД» О.В. Белозерова от 24.10.2024 г. № 363.
- 7 Москвичев О. В., Куприянова Е. А. Оценка влияния избыточности рабочего парка вагонов на качество работы железнодорожной сети // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 112–115. EDN IMWFDY.
- 8 Цифровые технологии в управлении перевозочным процессом: учебное пособие / О. В. Москвичев, А. Т. Осьминин, Е. Е. Москвичева, А. В. Кабанов. Самара, 2023. 206 с.

УДК 656.2

ОЦЕНКА ОБЪЕМОВ ГРУЗОПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСПОРТНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО БАЛАНСА ДЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТЛИ

О. В. Москвичев, С. В. Мансурова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Транспортно-логистическая инфраструктура (ТЛИ) играет ключевую роль в экономическом развитии стран и регионов. Эффективное управление грузопотоками является важным аспектом, который требует комплексного подхода и использования различных инструментов анализа. Одним из таких инструментов является транспортно-экономический баланс (ТЭБ)[1], который позволяет оценить объемы грузопотоков и оптимизировать процессы в сфере транспортировки и логистики. Данное исследование посвящено анализу применения ТЭБ на примере Самарского региона.

Основная часть. На территории области функционируют порядка 630 крупных и средних промышленных предприятий, доля которых в валовом региональном продукте составляет 43,8 %. В 2024

году Самарская область продемонстрировала существенное участие в общероссийском производстве по ряду приоритетных номенклатурных позиций. Так, Самарская область обеспечила 60,3 % всего российского производства новых легковых автомобилей, 41,7 % напольных покрытий и 16,4 % аммиака. Кроме того, регион является значимым производителем подшипников (15 %), полимерных пленок и пива (по 6 %), минеральных удобрений (5 %), а также пластмасс в первичных формах, шоколада и кондитерских изделий (по 3 % в каждой категории). Доля Самарской области в общем объеме производства электроэнергии в стране составила около 2 % [2].

Основу грузовой базы региона составляют промышленные предприятия, расположенные на его территории. Анализ данных Росстата [3], Промышленной карты России [4] и Справочника предприятий Самарской области [5] позволил выявить основные предприятия, формирующие грузопотоки. Продукция этих предприятий была классифицирована согласно гармонизированной номенклатуре грузов, с учетом объемов производства за последние три года.

Характеристика грузовой базы потребления в регионе формируется на основе данных о спросе на душу населения [3] и норм потребления различных категорий товаров промышленными предприятиями.

На основе данных межрегиональной торговли Росстата [6, 7], была сформирована грузовая база импортных и экспортных потоков продукции региона.

Анализ динамики общих грузовых потоков за последние три года выявил следующие тенденции: объемы производства, импорта и экспорта увеличились на 15,15 %, 38,2 % и 24,63 % соответственно. Потребление, после снижения на 11,56 % к 2023 году, продемонстрировало рост на 24,5 % к 2024 году (рисунок 1).

На основе статистических данных Паспорта региона [8] и Росстата [3] были проанализированы объемы внешней торговли региона (ввоз и вывоз товаров) по автомобильным, железнодорожным и внутренним водным перевозкам. Рисунок 2 демонстрирует изменения в уровне перевозок по каждому виду транспорта. В частности, за три года объемы автомобильных перевозок сократились на 6 %, тогда как железнодорожные перевозки увеличились на 12 %. Внутренний водный транспорт продемонстрировал разнонаправленную динамику: рост на 1 % в период с 2022 по 2023 год сменился падением на 9 % в последующий год (2023–2024 гг.).

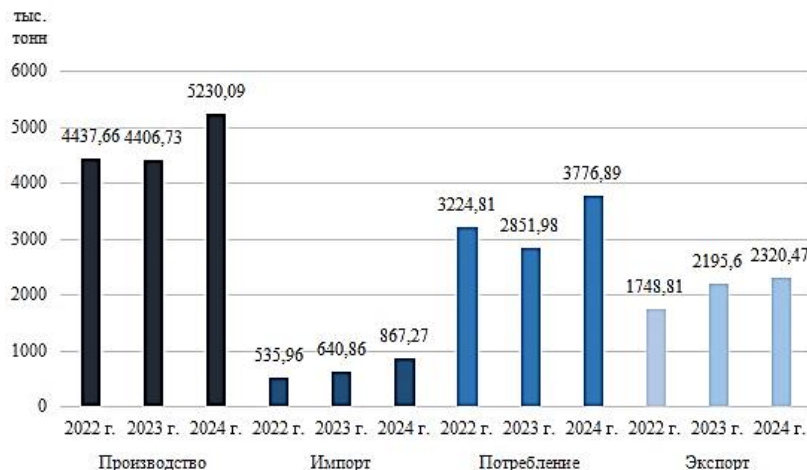


Рис. 1. Диаграмма изменения грузопотоков Самарской области

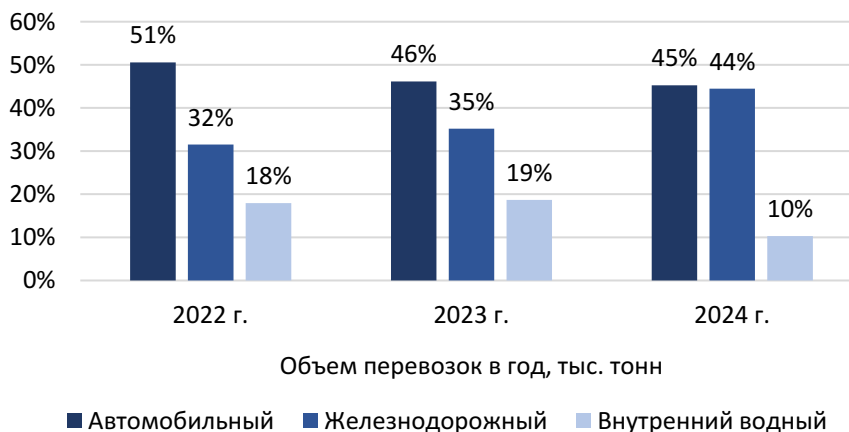


Рис. 2. Диаграмма изменения объемов перевозок по видам транспорта

Оптимизация транспортных расходов достигается путем привязки грузоотправителей и грузополучателей к объектам транспортно-логистической инфраструктуры (ТЛИ). Ключевым фактором является сокращение расстояния перевозки грузов до объекта ТЛИ, при условии наличия у последнего необходимой технической базы для обработки соответствующей номенклатуры грузов. На основе этого принципа были сформированы транспортные районы отправления и прибытия.

Рисунок 3 иллюстрирует схему прикрепления предприятий к объектам ТЛИ.

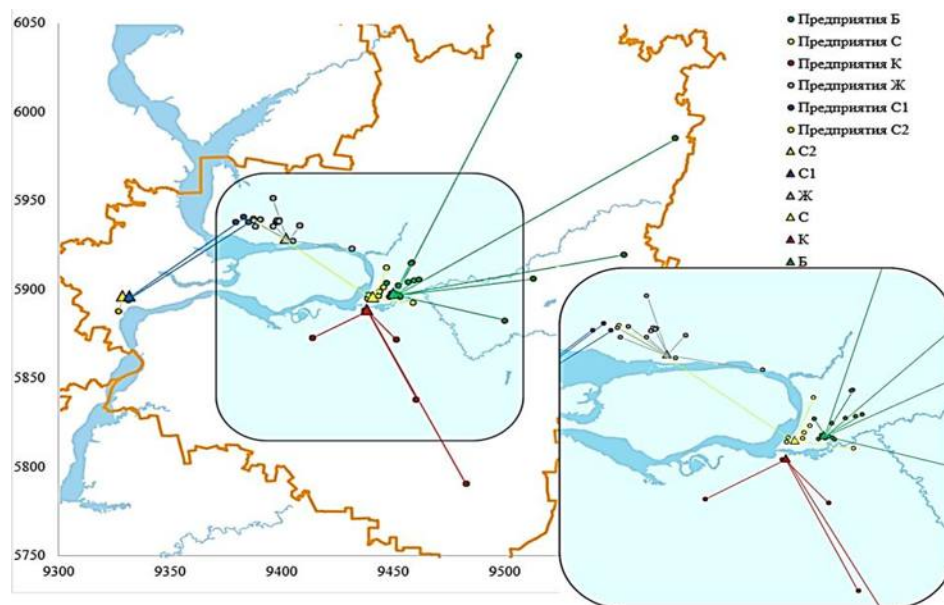


Рис. 3. Схема прикрепления промышленных предприятий к объектам ТЛИ

В Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [9] выделены следующие проценты контейнеризации отдельных категорий грузов:

- 1) хлебные грузы – продукты перемолы, зерно; комбикорма – 8 % (2024 г.) и 40 % (2030 г.);
- 2) химикаты и сода; минеральные и химические удобрения; изделия санитарные керамические; стекла техническое и строительное; кирпич строительный; конструкции (сборные), детали и изделия железобетонные; цемент; флюсы; гипс, известь и мел для флюсования; огнеупоры; асбест– 21 % (2024 г.) и 39 % (2030 г.);
- 3) черные металлы – прокат черных металлов и прочее; цветные металлы и изделия из них – 11 % (2024 г.) и 22 % (2030 г.);
- 4) машины, метизы, оборудование – электрооборудование, электронное и оптическое оборудование и др. 63 % (2024 г.) и 71 % (2030 г.);
- 5) бумага – картон, бумага, полиграфическая продукция, целлюлоза; древесина – 18 % (2024 г.) и 54 % (2030 г.).

В таблице представлен фрагмент ТЭБ, включающий данные о производстве, потреблении и экспортно-импортных грузопотоках. ГНГ была разбита на следующие категории грузов с учетом коэффициента контейнеризации: контейнеры, инертные и тяжеловесные грузы, ТШГ.

Заключение. Таким образом, составленный ТЭБ на примере Самарского региона может служить основой для дальнейшего стратегического планирования развития транспортно-логистической инфраструктуры. На основе данных баланса можно сделать вывод о стабильной сбалансированной экспортной направленности региона, которая вероятно будет сохраняться и в будущем. Доля импорта по большинству номенклатур грузов минимальна по сравнению с экспортом и производством, что говорит о самодостаточности Самарской области.

С учетом данных о существующих перерабатывающих способностях объектов ТЛИ и прогнозом изменения объемов грузопотоков на основе ТЭБ могут быть выявлены «узкие места» в работе ТЛИ. Данный процесс включает определение долгосрочных целей и задач по модернизации и расширению транспортной сети, направленных на обеспечение устойчивого экономического роста и повышение конкурентоспособности региона. В этом контексте ТЭБ выступает как фундаментальный инструмент, предоставляющий необходимую информацию для принятия обоснованных стратегических решений.

Фрагмент транспортно-экономического баланса

Категория грузов	ГНГ	ГНГ (расширенная)	Код груза	Объемы, тыс. тонн в год											
				2022				2023				2024			
				Провз.	Имп.	Потр.	Эксп.	Провз.	Имп.	Потр.	Эксп.	Провз.	Имп.	Потр.	Эксп.
Контэйнеры	Хлебные грузы – продукты перемолки, зерно	Пшеница и меслина; рожь; ячмень; овес	10010000;	28,026	3,005	27,153	3,879	29,948	6,19	27,274	8,864	37,488	12,497	27,525	22,461
			10020000;												
			10030000;												
			10040000												
		Хлеб, мучные изделия	19050000												
	Хмолкаты и сода	Углероды аморфные; Спирты аморфные; Фенолы; Кислоты аморфные; Кислоты карбоновые; Эфиры простые	29010000;	169,369	23,157	158,901	33,624	59,344	22,557	53,798	28,103	66,789	20,541	63,306	24,025
			29050000;												
			29070000;												
			29150000;												
			29180000;												
			29090000												
	Черные металлы – прокат черных металлов и проч.	Трубы, трубы и профили полые, из черных металлов, прочие	73069000	0,111	0,311	0,413	0,009	0,131	0,37	0,494	0,007	0,164	0,323	0,344	0,143
	Удобрения – минеральные, химические и органические удобрения, горно-химическое сырье	Удобрения минеральные или химические, азотные; удобрения минеральные или химические, фосфорные; удобрения минеральные или химические, калийные	31020000;	266,624	23,006	64,817	224,813	356,721	18,066	96,948	277,839	487,085	18,907	199,769	306,222
			31030000;												
			31040000												

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куприянова Е. А., Мансурова С. В. Определение потребности в развитии региональной терминально-логистической инфраструктуры ОАО «РЖД» // Исследование и развитие рельсового и автомобильного транспорта, сборник трудов Международной научно-практической конференции. Екатеринбург, 22–23 мая 2025 года.
- 2 Самарская область в цифрах // Официальный сайт Самарстата. URL: https://economy.samregion.ru/activity/ekonomika/values_so/ (дата обращения: 20.06.2025).
- 3 Самарский статистический ежегодник // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Самарской области – Официальные публикации Самарстата. URL: <https://63.rosstat.gov.ru/folder/34255#> (дата обращения: 20.06.2025).
- 4 Промышленная карта России 2025 – 21911 промышленных предприятий, производств, фабрик, заводов, ферм России на интерактивной карте, поиск по отраслям // Промышленная карта России. URL: <https://productcenter.ru/map> (дата обращения: 20.06.2025).
- 5 Справочник предприятий // Справочник предприятий – Министерство промышленности и торговли Самарской области. URL: <https://minprom.samregion.ru/2024/11/29/spravochnik-predpriyatij/> (дата обращения: 20.06.2025).
- 6 Экспорт и импорт России по товарам и странам // Росстат. URL: <https://ru-stat.org/> (дата обращения: 30.06.2025).
- 7 Межрегиональная торговля // BI Portal. URL: <https://bi.gks.ru/biportal/contourbi.jsp?solution=Dashboard&allsol=1&project=%2FDashboard%2Finterregional+trade> (дата обращения: 30.06.2025).
- 8 Паспорта регионов // Федеральное агентство железнодорожного транспорта. URL: https://rlw.gov.ru/regional_passports?code=ru-sam (дата обращения: 30.06.2025).
- 9 О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года от 27 ноября 2021 – docs.cntd.ru // Консорциум кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/727294161> (дата обращения: 30.06.2025).

МОДЕЛИРОВАНИЕ, МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

С. А. Никищенко

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Актуальность научных исследований в области моделирования, мониторинга и диагностики распределенных транспортных конвейеров обусловлена следующими обстоятельствами [1, 2]:

- железнодорожный транспорт является постоянно работающим и территориально распределенным конвейером, осуществляющим перевозки пассажиров и грузов путем организации движения подвижного состава, обработки поездов и вагонов на станциях, грузовой и пассажирской работы;
- недостаточно проработаны вопросы оперативного обнаружения дефектов в работе территориально распределенных конвейеров, восстановления их работоспособности, а также устранения последствий и уменьшения потерь ресурсов;
- необходимо развитие теоретических основ моделирования, мониторинга и диагностики конвейерных транспортных процессов на основе системного подхода и методов менеджмента качества.

Как правило, вопросы диагностики транспортных конвейеров рассматривались применительно к производственным объектам и к таким устройствам, как ленточные транспортеры, грузонесущие конвейеры, рольганги, эскалаторы, элеваторы, сборочные, сортировочные линии и т. д. [3, 4].

Для распределенных конвейеров, которые имеют место на железнодорожном транспорте (на уровне участков железных дорог, узлов, полигонов), научно-практические исследования фактически не проводились, за исключением близких по содержанию вопросов в тематике организации эффективного управления интервальным движением поездов [5].

В работах [2, 6] решалась задача функциональной диагностики конвейерных систем обработки отчетной информации, включающая следующие аспекты:

- системный анализ объектов с конвейерными процессами;
- формирование перечня типовых блоков и структур конвейеров;
- задание дефектов в работе конвейеров как невыполнений условий правильного функционирования с использованием положений менеджмента качества, теоретико-множественного описания и булевой алгебры;
- разработка алгоритмов и программных средств моделирования и диагностирования.

Применение и развитие методов функциональной диагностики конвейерных систем обработки информации для моделирования, мониторинга и диагностики железнодорожных конвейеров требует решения следующих вопросов:

- анализ и типизация структур распределенных конвейеров с учетом характерных черт железнодорожного транспорта (расписания движения, регламенты, нормативы, последовательно–параллельные процессы и т. д.);
- расширение перечня типовых структур конвейеров и функциональных ступеней (в том числе с буферными накопительными блоками);
- формирование (уточнение с соответствующей интерпретацией) перечня дефектов на основе принципов менеджмента качества и декомпозиции структуры конвейера (локальные, узловые, групповые, кластерные и системные требования правильного функционирования).

Принципы организации системы мониторинга и диагностики аналогичны подходам, изложенным в [6].

Показатели работы конвейера, получаемые в результате мониторинга и диагностики, дополняют общепринятые в действующих АСУ оперативные и статистические показатели функционирования объектов. В качестве примера возможного применения предлагаемого подхода возможно включение в перечень контролируемых параметров работы сортировочной станции таких характеристик, как заполненность ступеней конвейера (парков, горок, путей и т. д.), сбалансированность их загрузки, показатели устойчивой работы (задержки обработки, сбои, наработка на отказ). При этом на табло коллективного пользования (например, аналогично внедренному на станции Кинель) в составе модулей цифровой железнодорожной станции) или на специализированном дашборде выводятся текущие значения указанных параметров виде мнемонических изображений, возможно в простейшей троичной кодировке («хорошо», «удовлетворительно», «плохо») [7].

Имитационное моделирование распределенных транспортных конвейеров осуществляется с использованием оригинальных программных продуктов [8] или известной системой AnyLogic [9].

Перспективным является применение представленной концепции в проекте создания и эксплуатации Центрах управления станциями на участке Инза – Нурлат, имеющего 44 станции и протяженность 372 км (рис. 1 и 2) [10].

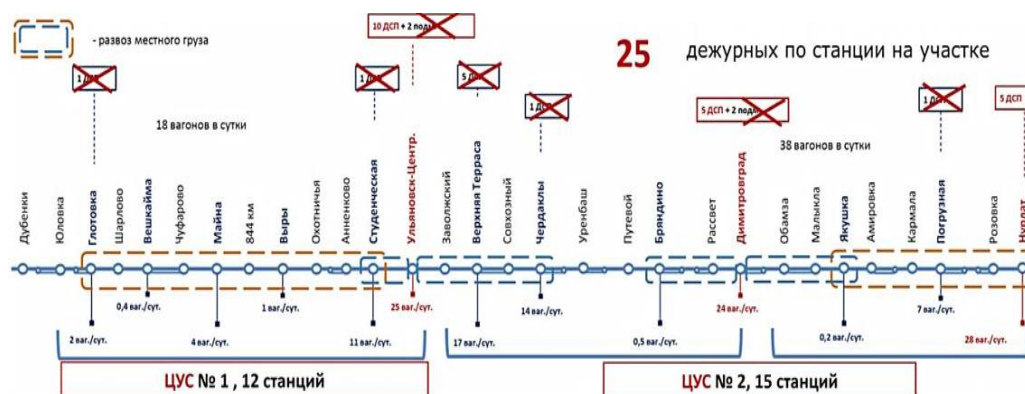


Рис. 1. Пример полигона железной дороги для интерпретации в виде структуры распределенного транспортного конвейера

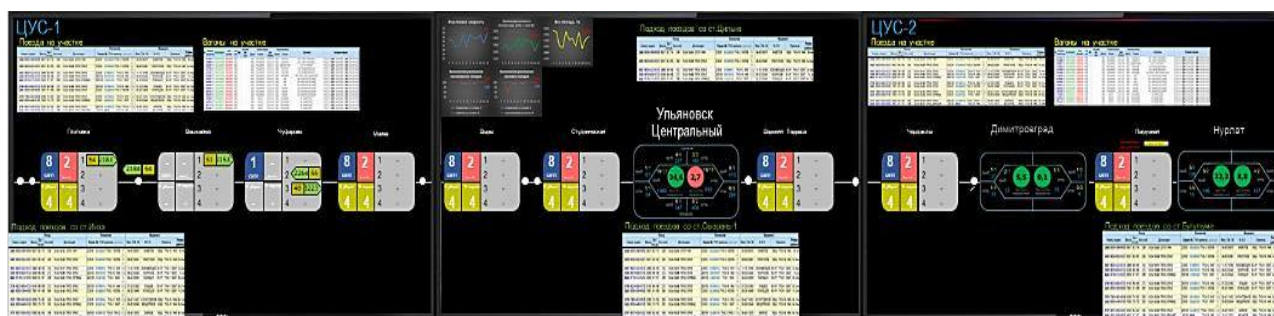


Рис. 2. Табло Центра управления станциями

Таким образом, организация эффективных распределенных транспортных конвейеров, обладающих высокой производительностью, устойчивостью работы, адаптацией к ситуациям, достигается за счет развитой системы моделирования, контроля и диагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Никищенков С. А., Припутников А. П. Контроль конвейерных транспортных процессов // Наука и образование транспорту. 2021. С. 145–147.
- 2 Никищенков С. А., Припутников А. П. Метод диагностирования транспортных конвейерных информационных систем // Известия Самарского научного центра РАН, 2006. С. 84–86.
- 3 Проверка и диагностика конвейеров. URL: <https://velesrti.ru/about/stati/proverka-i-dagnostika-konvejerov>.
- 4 Как мы автоматизировали контроль работы конвейеров на производстве. URL: https://dzen.ru/a/Z4A_74U2QN4g3fky.
- 5 НИИАС. Системы интервального регулирования и управления движением поездов. URL: <https://niias.ru/projects/isuzht/>.
- 6 Никищенков С. А. Моделирование и диагностика железнодорожных систем и процессов. Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, 2020. 209 с.
- 7 Транссистемотехника. Управление работой станций. URL: <http://transsys.ru/content/products/products/asust.php>.
- 8 Никищенков С. А., Сиваков С. В., Припутников А. П. Базовый программный модуль для моделирования реконфигурируемой конвейерной системы обработки информации. Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2005610580 от 04.03.2005 г.
- 9 AnyLogic. Библиотека моделирования процессов. URL: <https://www.anylogic.ru/features/libraries/process-modeling-library/>.
- 10 Дмитриев В. В. Центр управления станциями как первый этап железных дорог будущего // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2024. № 6. С. 21–26.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ НА ПОГРУЗКУ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПРИ ПОМОЩИ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Д. Г. Пупышев, Г. А. Тимофеева

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Железные дороги являются неотъемлемой составляющей транспортно-логистического комплекса нашего государства. В сравнение с другими видами транспорта железнодорожный обладает рядом преимуществ: транспортировка сравнительно больших объёмов грузов на дальние расстояния, сравнительно небольшая себестоимость перевозки грузов и пассажиров, универсальность и независимость от погодных условий, высокая пропускная и провозная способность. В виду этих особенностей железные дороги являются основополагающим элементом в развитии экономической и логистической составляющей нашей страны.

В силу своей универсальности железнодорожный транспорт позволяет осуществлять перевозки практически всевозможных видов грузов. Данная универсальность достигается за счёт разнообразия спектра подвижного состава, используемого для транспортировки продукции пользователей железнодорожного транспорта. Исходя из этого, железная дорога объединяет в себе множество различных сегментов лёгкой и тяжёлой промышленности, экономики, сельского хозяйства, предприятий перерабатывающих отраслей, машиностроения и прочего. По сути, от состояния железнодорожного транспорта зависят практически все сферы жизни государства в целом и отдельных регионов в частности.

К основным показателям, отражающим уровень состояния железнодорожного транспорта, относятся: количество погруженных и выгруженных тонн грузов за отчётный период, уровень пропускной и провозной способности, динамика грузооборота в различных видах сообщения, в том числе экспортном и внутреннем. Для стабильного и бесперебойного функционирования железной дороги и поддержания данных показателей необходимо производить учёт и оценку внутренних и внешних факторов. Оценка факторов влияния на спрос погрузки железнодорожным транспортом и методы совершенствования прогнозирования спроса на грузовые перевозки изложены в работе [1]. Особое внимание к детализации и подробной классификации различного рода факторов уделено в статье [2]: авторы выделяют такие факторы как, целевые факторы, факторы управления, факторы состояния системы. Исследование применения математических моделей в процессе прогнозирования погрузки грузов проводится в работе [3]. В статье [4] начато исследование факторов, влияющих на погрузку зерна методами корреляционного и регрессионного анализа.

В данном научном исследовании рассматривается влияние политических решений на объёмы перевозок грузового транспорта. В частности, произведена оценка влияния запрета министерства сельского хозяйства республики Казахстан от 19.08.2024 на ввоз пшеницы на территорию Казахстана из 3-их стран, в том числе Российской Федерации. Для исследования будет рассмотрена динамика погрузки железнодорожным транспортом отдельно взятого региона Уральского федерального округа (Уральский федеральный округ).

Методика исследования

Проанализируем динамику валового сбора урожая зерна в России в период с 2013 по 2023 годы. График динамики представлен на рисунке 1.

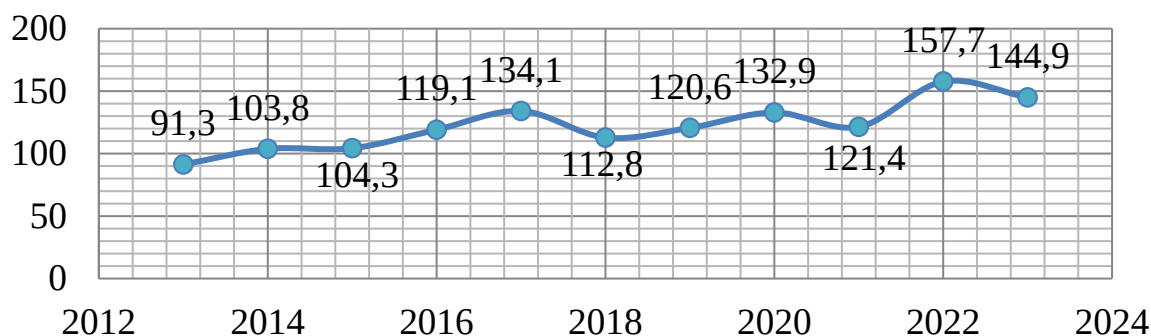


Рис. 1. Динамика валового сбора урожая зерновых культур в России в период с 2013 по 2023 г.г. в млн. тонн.
*приведённые данные взяты с сайта федеральной службы государственной статистики [5]

Как видно из графика, уровень сбора урожая зерна за 10 лет увеличился на 53,6 млн. тонн или 58,7 %. Данная статистика говорит об интенсивном развитии агропромышленного комплекса, что ещё раз

подтверждает актуальность рассмотрения и оценки взаимосвязи данного сектора экономики с железнодорожным транспортом.

Для анализа рассмотрим статистику погрузки зерновой продукции региона железнодорожным транспортом. Для исследования рассматривается ежемесячная погрузка в период с августа 2023 года по август 2024 года. Первоначальной отчётной отметкой предлагается взять месяц август, поскольку в этот период на территории региона начинается посевная и уборочная кампании, результаты которых определяют уровень производства зерна на предстоящий год.

Так же при анализе данной статистики приведем данные по объёмам погрузки, согласованными и принятыми Казахстанской железной дорогой за этот же отчётный период и другими популярными направлениями поставок. В ходе исследования объёмов погрузки грузов, были выделены следующие основные направления поставок: Казахстан, Москва, Санкт–Петербург, прочие регионы РФ, прочие направления в 3-и страны. Распределение объёмов погрузки по направлениям представлено ниже на рисунке 2.

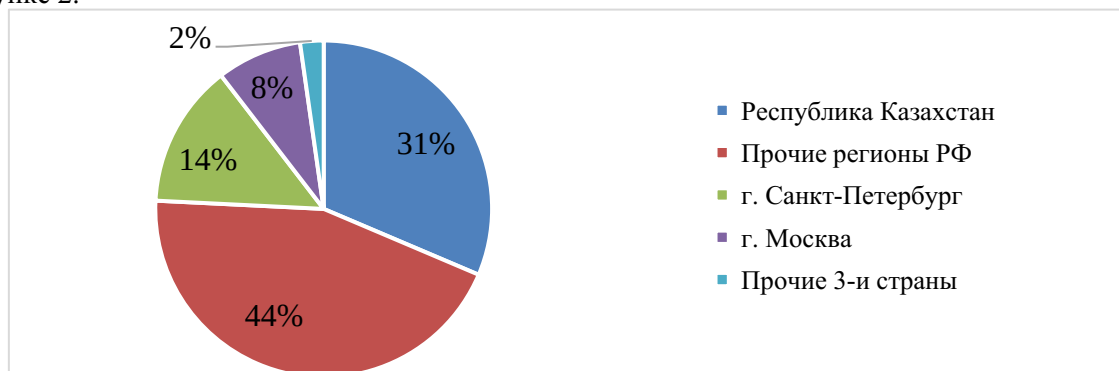


Рис. 2. Сравнение объёмов погрузки региона с уровнем принятия объёмов зерна со стороны грузополучателей Казахстана и других регионов

Как видно из диаграммы, доля погрузки в Казахстан занимает одну треть от общего объёма погрузки, из регионов России наиболее значимые направления – в Москву и Санкт–Петербург, 44 % приходится на прочие регионы РФ.

Для анализа вычислим коэффициенты корреляции погрузки от направлений поставок с общими объёмами и сведём данные в таблицу 1.

Таблица 1

Корреляция между объёмами погрузки

	Общий объём погрузки	Республика Казахстан	Прочие российская федерация (Россия)	г. Санкт–Петербург	г. Москва	Прочие 3–и страны
Общий объём погрузки	1					
Республика Казахстан	0,926	1				
Прочие регионы РФ	0,762	0,778	1			
г. Санкт–Петербург	– 0,106	– 0,344	– 0,541	1		
г. Москва	0,218	0,140	– 0,328	0,204	1	
Прочие 3–и страны	0,583	0,674	0,332	– 0,158	– 0,231	1

Как видно из таблицы, наибольший уровень корреляции составляет корреляция между общими объёмами погрузки, уровнем погрузки в Республику Казахстан и на внутренний рынок Российской Федерации по прочим направлениям, что говорит нам о существенной зависимости между данными параметрами. При помощи пакета анализа программы «Microsoft Excel» были найдены параметры для построения регрессионной модели, учитывающей влияние объёмов погрузки в Казахстан. На рисунке 3 представлена регрессионная модель этих параметров.

Корреляционный анализ показал, что уровень зависимости общего объёма погрузки и принятием пшеницы со стороны Казахстана высокий, о чём свидетельствует значение коэффициента детерминации $R^2=0,8579$, который характеризует, какую часть изменчивости наблюдаемой переменной

можно объяснить влияющими на неё факторами [6]. Для прочих регионов РФ линейная модель (с одним фактором) имеет вид, коэффициент детерминации значительно ниже и равен $R^2=0,5812$.

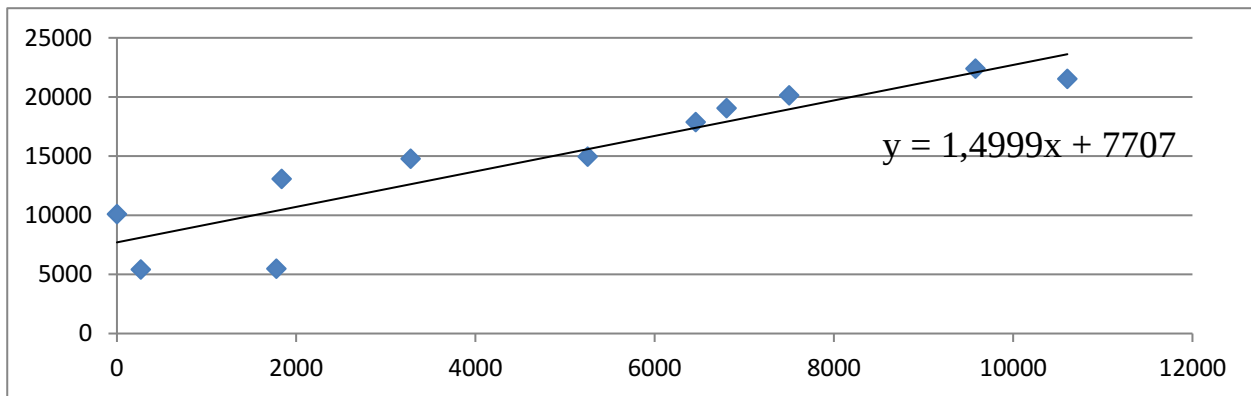


Рис. 3. Зависимость объёмов погрузки зерна региона от объёмов приёма груза со стороны грузополучателей Казахстана

Было построено также уравнение множественной линейной регрессии с объясняющими переменными x_1 – показатели погрузки в Казахстан, x_2 – показатель погрузки в прочие регионы РФ. С помощью ППП Анализ данных Excel получено уравнение

$$y = 1,247 x_1 + 0,534 x_2 + 5200,$$

где y – общее значение погрузки региона. Анализ коэффициентов корреляции показывает, что чувствительность исследуемого ряда от других переменных не такая высокая, как от уровня погрузки в эти два направления. Это позволяет нам сделать выводы о том, что сегмент грузополучателей этих направлений является основополагающим рынком сбыта грузоотправителей железнодорожного транспорта региона, поскольку он занимает существенную долю в секторе рынков сбыта региона и в наибольшей степени оказывает влияние на общую погрузку. Так же мы можем отметить существенное влияние поведения участников данного сегмента на уровень реализации зерновой продукции поставщиков зерна, располагаемых на территории исследуемого региона и осуществляющих погрузку зерна железнодорожным транспортом.

Далее произведём оценку влияния запрета на ввоз зерна из 3-их стран на территорию Казахстана, о котором говорилось выше в статье. Составим прогнозную модель и определим потенциальные убытки участников агропромышленного комплекса исследуемого региона на оставшиеся месяцы 2024 года: сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь. Параметр x_1 – имеет нулевые значения в период действия запрета. Для прогнозирования параметра x_2 проанализируем сезонную составляющую при помощи ряда первых разностей для объёмов погрузки в прочие регионы РФ за 5 лет, который представлен на рисунке 4.

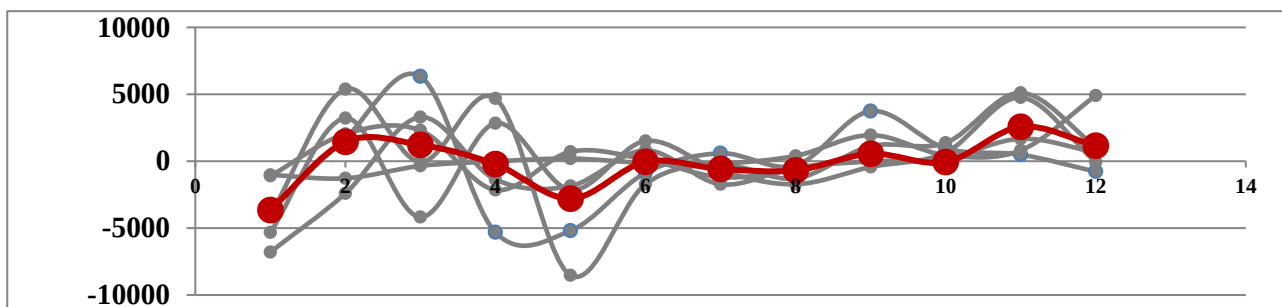


Рис. 4. Ряд первых разностей отклонения уровня месячной погрузки для параметра x_2 за 2013–2023 гг.

Исходя из данных таблицы 2, видим, что среднегодовые месячные отклонения значения погрузки за 5 лет составили: сентябрь к августу +555 тонны, октябрь к сентябрю –64 тонны, ноябрь к октябрю +2570 тонн, декабрь к ноябрю +1163 тонн.

Таблица 2

Средние значения первых разностей

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
Значение отклонения	–3643	1445	1225	–219	–2801	–42	–579	–677	555	–64	2570	1163

Далее, применяем полученные значения в исходной модели и сравниваем её с потенциальным уровнем погрузки без учёта запрета, который был рассчитан так же при помощи ряда первых разностей для общего объёма погрузки.

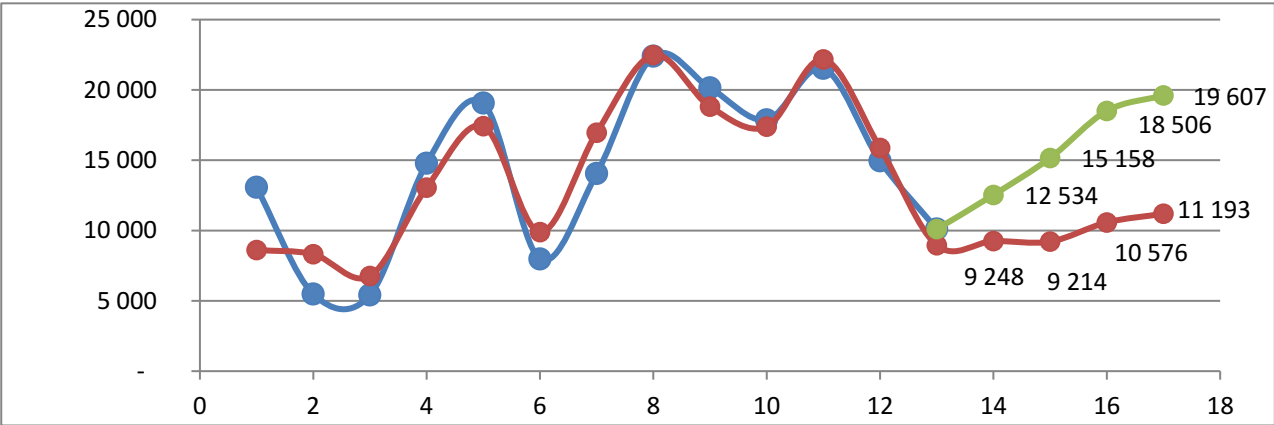


Рис. 5. Прогнозная модель погрузки зерна железнодорожным транспортом на время действия запрета ввоза пшеницы на территорию Казахстана

- погрузка региона ж.д. транспортом с августа 2023 г. по август 2024 г., тыс. тн.
- прогноз объёма погрузки с учётом запрета
- прогноз объёма погрузки без учёта запрета и с учётом среднегодовых абсолютных помесечных отклонений

Далее, оценим потенциальное снижение объёмов выручки предприятий исследуемого региона в период действия запрета. Стоит отметить, что вид зерновой продукции, поставляемой регионом в Казахстан, на 100 % состоит из пшеницы 3 класса. Согласно данных портала «ProZerno» цена за одну тонну данного сорта пшеницы оставляет 15430 рублей за тонну [7]. Для оценки убытков предлагается сравнить потенциальный объём погрузки без действия запрета и с действием запрета. Возьмём потенциальные значения погрузки на оставшиеся 4 месяца с учётом сезонной составляющей из диаграммы на рисунке 5 и прогнозные значения с учётом запрета. Сопоставление уровней погрузки отображено на рисунке 6.

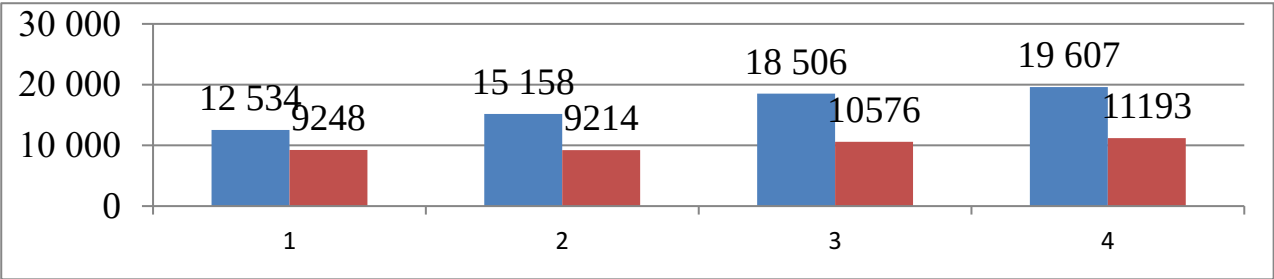


Рис. 6. Сравнение среднемесячной погрузки региона без действия запрета со значениями прогнозной модели с учётом запрета

Исходя из данных представленных на диаграмме, составим таблицу с расчётом потерь объёмов погрузки и выручки предприятий исследуемого региона.

Таблица 2

Сводная таблица расчётов потерь объёмов выручки предприятий

Месяц	Прогнозируемая погрузка без учёта запрета	Прогнозируемая погрузка с учётом запрета	Недогруз	Стоимость тонны пшеницы	Снижение выручки
9	12 534	9 248	−3 286	15 430	−50 701 213
10	15 158	9 214	−5 944	15 430	−91 719 761
11	18 506	10 576	−7 930	15 430	−122 362 286
12	19 607	11 193	−8 414	15 430	−129 828 216
ИТОГ	65 805	40 231	−25 574	15 430	−394 611 476

Таким образом, потенциальное снижение объёмов выручки с учётом всех выше изложенных факторов составят порядка 0,4 млрд. рублей.

Вывод: В ходе исследования были проанализированы данные погрузки исследуемого региона и уровень приёма пшеницы со стороны грузополучателей Казахстана. Было установлено, что рынок сбыта Казахстана в сравнении с другими направлениями поставок имеет основополагающее значение. Далее построена модель прогнозирования уровня погрузки исследуемого региона с учётом введения правительством Казахстана запрета на ввоз пшеницы из 3-их стран, в том числе Российской Федерации. Прогноз показал, что данное мероприятие приведёт к существенному снижению уровня погрузки исследуемого региона и, как следствие, к снижению объёмов выручки грузоотправителей, осуществляющих погрузку пшеницы железнодорожным транспортом в регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куприянова Г. В. Развитие системы прогнозирования спроса на грузовые перевозки железнодорожным транспортом: дис. ... канд. экон. наук. 2003.
- 2 Согласование исторических данных и экспертных моделей для прогнозирования спроса на железнодорожные перевозки / А. А. Замковой [и др.] // Вестник университета. 2018. №4. С. 51–60. URL: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2018-4-51-60>
- 3 Молевская Е. В., Козловский А. П. Анализ моделей и принципов системного моделирования при построении прогнозных моделей погрузки грузов // International journal of Open Information Technologies. 2020, vol. 8, no.8, ISSN: 2307–8162.
- 4 Пупышев Д. Г., Тимофеева Г. А. Регрессионный анализ и прогнозирование объёмов погрузки зерна железнодорожным транспортом // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. 2024. № 3 (63). С. 26–32. DOI 10.20291/2079-0392-2024-3-26-32.
- 5 Сайт федеральной службы государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/>
- 6 Эконометрика: учеб. пособие / Г.А. Тимофеева, А.В. Мартыненко. Екатеринбург: УрГУПС, 2016. 111 с.
- 7 Информационный портал «ProZerno». URL: <https://prozerno.ru/>

УДК 656.025.2, 656.072–05

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРАЖДАН НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА

И. Р. Терехова, Е. В. Шутько, А. А. Кцоев

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I (ПГУПС)

Введение. Маломобильные группы населения (МГН), включая людей с особенностями здоровья, для преодоления барьеров окружающей среды на социально-значимых объектах (СЗО), имеют возможность воспользоваться услугами помощи специальных служб, функционирующих в том числе на транспортной инфраструктуре. Такая ситуационная помощь оказывается нуждающимся по предварительному запросу.

В связи с тем, что в РФ количество представителей МГН остается перманентно высоким и в целом происходит старение населения – увеличивается и количество обучаемого и в дальнейшем задействованного персонала транспортных компаний, непосредственно сопровождающего маломобильных людей в их поездках в качестве сопровождающей (вторичной) меры по организации безбарьерной среды.

Первоочередной же задачей для собственников (пользователей объектов) на протяжении уже практически двух десятилетий согласно положениям Конвенции ООН о правах инвалидов (2006) [1], а также требованиям федерального законодательства, является необходимость реализации возможности равноправного использования зданий и сооружений СЗО всеми людьми вне зависимости от их физического/психического состояния. Обеспечение архитектурной и информационной доступности объектов – современный способ решения поставленной задачи с точки зрения социальной модели инвалидности.

Поскольку в настоящее время в РФ ситуация с доступностью окружающей среды, несмотря на все прилагаемые усилия, остается достаточно сложной, разработка дополнительных методов поддержки МГН в их путешествиях также является актуальной задачей. Предлагается рассмотреть различные варианты таких мер, позволяющих сделать поездку МГН более комфортной.

Методы решения задачи.

Учет наличия у пассажира «невидимых особенностей здоровья» (НОЗ).

Для начала введем понятие «видимая особенность здоровья» для целей настоящей статьи и понимания сути рассматриваемого вопроса. К людям с «видимыми особенностями здоровья» можно отнести тех, кто перемещается на кресле-коляске, при помощи костылей, тростей, использует различные протезы, незрячих, женщин на больших сроках беременности и др.

«Невидимые особенности здоровья», «невидимые нарушения здоровья», «скрытая инвалидность» – это целый ряд состояний и, как правило, хронических заболеваний, которые затрудняют нормальную жизнедеятельность человека, но при этом могут быть не идентифицированы окружающими его людьми при отсутствии прямых контактов.

Например, беременность на ранних сроках, при которой часто со стороны невозможно определить происходящие изменения в организме женщины, поскольку внешне они пока никак не проявлены (в частности, не увеличена окружность живота, не связанная с особенностями строения фигуры и лишним весом). При этом женщина в связи с присутствующим состоянием и возможными недомоганиями может иметь необходимость медленнее передвигаться, предпочитать в пассажирском транспорте (ПТ)/на объектах транспортной инфраструктуры (ОТИ) соответственно ехать и находиться в залах ожидания в сидячем положении, чтобы больше отдыхать – то есть не искать компромиссов для своего комфорта.

Такая же потребность в наличии свободных мест расположения и дополнительной помощи на выше указанных объектах может быть характерна и для прочих пассажиров (в т.ч. других представителей МГН), имеющих НОЗ: различные хронические заболевания и состояния, травмы, болезни внутренних органов, вызывающие повышенную утомляемость и невозможность длительное время пребывать стоя на ногах; отдельно можно выделить психические нарушения и особенности развития, СДВГ (синдром дефицита внимания и гиперактивности), эпилепсию и иные состояния.

Правила этикета и обозначение на ПТ и ОТИ пиктограммами доступности специально обустроенных выделенных зон размещения маломобильных граждан предписывают всем прочим пассажирам отдавать предпочтение в расположении на таких местах людям с особенностями здоровья, пассажирам с детьми, пожилым, беременным женщинам.

При этом идентифицировать у путешественника НОЗ, как указывалось ранее, часто сложно или вовсе не представляется возможным. В связи с чем при наличии на ПТ пассажира, обладающего высоким уровнем культуры и развитой эмпатией, место им будет уступлено, вероятнее всего, представителю МГН (пожилым людям, маленьким детям, родителям с маленькими детьми, людям с «видимыми особенностями здоровья» – передвигающимся при помощи костылей, тростей, незрячим). Обладатели НОЗ в данном случае окажутся не в приоритете, причем именно по причине «невидимости» их специфического состояния здоровья, а не в связи с невоспитанностью окружающих людей.

В связи с вышесказанным, первым методом решения задачи будет являться просвещение общественности. Повышение осведомленности населения о невидимых особенностях здоровья, скрытой инвалидности может помочь уменьшить уровень неумышленной дискриминации и улучшить понимание их в некоторой степени уязвимого состояния, позволит комфортно жить и проводить время в пути тем, для кого рутинные дела могут представлять дополнительную сложность.

Просветительской работой по данному вопросу могли бы в том числе заниматься СМИ, федеральные органы исполнительной власти, общественные организации инвалидов, благотворительные и прочие организации в удобной для них форме.

Второй метод может заключаться в следующем. Представители пассажирского блока транспортных компаний могли бы обеспечивать (на коммерческой или безвозмездной основе) нуждающихся пассажиров с НОЗ специальными значками/бейджами/браслетами/иными видами информационных знаков (ВИЗ), которые наделяли бы нуждающегося пассажира дополнительными идентифицирующими визуальными признаками о необходимости в комфортном посещении ПТ и ОТИ.

Вопрос процедуры выдачи/продажи таких значков требует дополнительной проработки в виду коммерческой составляющей по затратам на дизайн, изготовление и реализацию таких ВИЗ, а также проведении предварительной просветительской работы среди населения.

Несмотря на то, что предлагаемый способ представляется авторам весьма действующим и привлекательным, существует критическое мнение о том, что дополнительная идентификация по признаку НОЗ является этически неприемлемой – как со стороны потенциальных пользователей ВИЗ, так и некоторых представителей общества.

Люди с НОЗ не всегда хотят акцентировать внимание на своих особенностях, в связи с тем, что в настоящее время отношение к ним в целом либо сочувственное, либо пренебрежительное – то есть общий уровень толерантности общества считается низким. На ношение таких ВИЗ окружающие лю-

ди (пассажиры в транспорте, например) могут реагировать с большим раздражением, задавать уточняющие нетактичные вопросы, которые могут смущать и расстраивать обладателей ВИЗ [2, 3].

Поэтому в качестве основной меры требуется продолжать повышать общую безбарьерность среды на любых социально-значимых объектах, а также проводить большую разъяснительную работу, ведь с состоянием маломобильности (собственной, либо окружающих людей) сталкивался или однажды может столкнуться каждый.

Успешно опыт применения ВИЗ уже реализован в некоторых странах, а именно: европейских, США, Канаде, Японии, Новой Зеландии и других. Например, британская программа «Hidden Disabilities Sunflower» («Подсолнух скрытой инвалидности») направлена на то, чтобы помогать людям с НОЗ и скрытой инвалидностью проводить с комфортом время в общественных местах, в том числе на объектах транспорта. Старт программы был осуществлен в 2016 году аэропортом Гатвик, когда администрация при участии благотворительных организаций начала снабжать нуждающихся лентами (ремешками), бейджами и браслетами «Подсолнух скрытой инвалидности» с изображением подсолнухов на зеленом фоне. Обученный персонал распознает ВИЗ и может предложить дополнительную помощь их владельцам. Таким же образом могут предлагать свою посильную помощь и рядом находящиеся пассажиры: уступить место в зале ожидания или в транспорте, придержать дверь, помочь сориентироваться на месте и пр. В настоящее время к программе, помимо аэропортов и вокзалов, присоединились и некоторые туристические объекты [4–6].

Лента с подсолнухами – ненавязчивый и одновременно полезный инструмент информирования окружающих о необходимости дополнительных условий или большего терпения по отношению к человеку, его носящему. При этом использование такого ремешка – дело добровольное, как очередная возможность почувствовать себя комфортнее и увереннее, быть понятым, принятым и поддержанным обществом.

В 2018 году Московский метрополитен проводил социальную кампанию по стимулированию роста уровня эмпатии и толерантности по отношению к беременным пассажиркам: любая женщина без предоставления справки, подтверждающей беременность, могла получить красный значок, содержащий слова благодарности за то, что «уступили место будущей маме», а в вагонах транслировались аудиосообщения и размещались плакаты с просьбой проявлять вежливость и доброту по отношению к носящим такие яркие значки [7, 8].

Стоит отметить, что никаких штрафных санкций по отношению к пассажирам, которые по каким-либо причинам игнорировали наличие символа на женщинах и место им не уступали, предусмотрено не было. Видимо, в связи с этим фактом, акцию нельзя считать успешно реализованной, поскольку, как отмечают те пассажирки, которые не постеснялись такой значок использовать, общество неохотно совершает вежливые поступки, вставая со своего места, либо вовсе игнорирует увиденное [3].

В метрополитене Лондона существует аналогичная мера – по запросу выдается значок «Baby on board» («Ребенок на борту») и предполагается, что, увидев его, остальные пассажиры должны позаботиться о женщине, уступив ей место.

В технологически передовой Южной Корее беременные женщины используют специальный значок в виде розового брелока, который в совокупности с установленным на телефон приложением позволяет автоматически посредством Bluetooth-технологий активировать специальный розовый сигнал на поручнях общественного транспорта, сигнализирующий о необходимости уступить место, при входе такой пассажирки в салон (система «Pink Light»). Сигнал на поручнях гаснет, как только женщина садится. Система получает положительные отзывы и может быть распространена для использования пожилыми и людьми с ограниченными возможностями здоровья [9–11].

Анализ полученных результатов международного опыта применения различных ВИЗ показывает, что успешно его можно реализовать, действуя в нескольких направлениях: продолжать повышать общую безбарьерность среды, обучать персонал, оказывающий ситуационную помощь МГН, а также проводить одновременную активную работу по осведомлению общества по вопросам маломобильности и, в частности, НОЗ. Просвещенное общество будет реагировать более адекватно, и тогда предложение о ношении ВИЗ будет иметь широкий положительный отклик – при этом неважно, каким именно организационно-техническим способом оно будет реализовано.

Практическое приложение результатов. В июле 2025 года депутатом Государственной Думы Виталием Милоновым (вероятно, с учетом международной положительной практики применения) была выдвинута инициатива выдавать беременным женщинам специальные значки – как символ уважения и внимания, которые облегчат их жизнь и позволят располагаться на освобожденных другими пассажирами свободных местах на ПТ и проходить куда-либо без очереди [12].

Однако, предложение было подвергнуто критике со стороны его коллег: указывалось на то, что необходимо работать с общественным сознанием, призывая к большей толерантности и вежливости,

а также реализовывать иные способы повышения комфорта беременных женщин [12–13]. При этом, каким образом работа с воспитанием общества и повышением его общего уровня культуры будет противоречить наличию дополнительной возможности осведомлять окружающих о людях с невидимыми особенностями здоровья и использовать ВИЗ, парирующими не разъяснялось.

Выводы. Объекты транспорта являются объектами повышенной опасности, где людям с НОЗ помощь в виде специальных значков/браслетов/лент/бейджей/брелоков (любых ВИЗ) в совокупности с широкой просветительской работой о реализации таких социальных инициатив могла бы значительно облегчить путешествия и времяпрепровождение в общественных объектах.

Необходимо реализовать пилотные проекты на объектах транспортной инфраструктуры с предварительным масштабным анализом общественного мнения путем опроса о необходимости использования специальных «опознавательных» знаков: насколько люди из числа МГН готовы носить такие значки, а все окружающие их готовы положительно реагировать на наличие таких «сигналов о помощи» и уступать место, оказывать содействие, не испытывая раздражение.

Для того чтобы снизить степень недоверия общества к проводимым кампаниям в связи с возможными случаями недобросовестного использования таких ВИЗ, предлагается ограничить их свободную продажу и распространять только через официальные кассы и терминалы вокзалов, аэропортов, автовокзалов и метрополитенов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Конвенция ООН о правах инвалидов. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml?ysclid=mgkmmx5t3t715891237
- 2 Railtechnologymagazine / How can rail better support people with invisible disabilities?. URL: <https://www.railtechnologymagazine.com/articles/invisible-disabilities-health-inequalities>
- 3 Межгосударственная телерадиокомпания «Мир» / Нацепить прямо на живот: помогут ли значки распознавать беременных в метро. URL: <https://mir24.tv/articles/16293468/nacepIT-pryamo-na-zhivot-pomogut-li-znachki-raspoznavat-beremennyh-v-metro>
- 4 Railtechnologymagazine / All of Britain's rail companies to adopt Sunflower lanyard scheme. URL: <https://www.railtechnologymagazine.com/Rail-News/all-of-britains-rail-companies-to-adopt-sunflower-lanyard-scheme>
- 5 Туристический блог «Travel-global» / Эти две инициативы по обеспечению доступности изменят ваше представление о путешествиях. URL: <https://travel-global.ru/blog/view/eti-dve-initsiativy-po-obespecheniyu-dostupnosti-izmenyat-vashe-predstavlenie-o-puteshestviyakh>
- 6 Invisiblyme.com / Sunflower Lanyard Scheme For Hidden Disabilities. URL: <https://invisiblyme.com/sunflower-lanyard-scheme-for-hidden-disabilities/>
- 7 Мультимедийный холдинг «Российская газета» / В метро начали раздавать значки для беременных пассажиров. URL: <https://rg.ru/2018/02/26/reg-cfo/v-metro-nachali-razdavat-znachki-dlia-beremennyh-passazhirov.html?ysclid=mgmquusegy369168706>
- 8 Портал Mos.ru / Плакаты с просьбой уступать места беременным женщинам появятся в вагонах метро. URL: <https://www.mos.ru/news/item/37866073?ysclid=mgmdvj8ylw963786109>
- 9 Газета «Московский комсомолец» / Почему в метро больше не нужно уступать места пожилым. URL: <https://spb.mk.ru/articles/2016/09/12/pochemu-v-metro-bolshe-ne-nuzhno-ustupat-mesta-pozhilym.html?ysclid=mgmsezp3ya499714441>
- 10 Автономная некоммерческая организация высшего образования «Университет Иннополис». Проект «Хайтек» / Кореysкое устройство заставляет пассажиров уступать места беременным. URL: https://hightech.fm/2016/07/12/pink_light
- 11 Социальная сеть «ВКонтакте». Сообщество «ТИПИЧНАЯ КОРЕЯ • TYPICAL KOREA». URL: https://vk.com/wall-51847567_127323?ysclid=mgmsckexsa612873994
- 12 Журнал «Новый очаг» / Значки для беременных: в России хотят ввести новый знак уважения в общественных местах. URL: https://www.novochag.ru/obshchestvo/novosti/znachki-dlya-beremennyh-v-rossii-hotyat-vvesti-novyj-znak-uvajeniya-v-obshchestvennyh-mestah?ysclid=mgmumjeef598165476&utm_source=ya.ru&utm_medium=referral&utm_campaign=ya.ru&utm_referrer=ya.ru
- 13 Информационное агентство «Национальная Служба Новостей» / Депутат Останина назвала значки для беременных «законодательным ражем». URL: <https://nsn.fm/society/deputat-ostanina-nazvana-znachki-dlya-beremennyh-zakonodatelnyy-razhem>

ПРОФЕССИЯ ПРИЕМОСДАТЧИК В ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Е. Д. Яровая, С. В. Столярова

Филиал Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I» в г. Калуге (Калужский филиал ПГУПС)

Введение. Железнодорожный транспорт России является одной из крупнейших транспортных систем мира. В его работе задействованы десятки тысяч специалистов, обеспечивающих бесперебойное движение поездов и перевозку грузов. Особое место среди них занимает профессия приёмосдатчика груза и багажа – ключевого звена в организации перевозочного процесса [2: 130–142].

Роль и значение профессии приёмосдатчика. Приёмосдатчик груза и багажа – это специалист, ответственный за приём, хранение, оформление, выдачу и сопровождение грузов и багажа [5: 95–105]. Он является связующим звеном между клиентом и железнодорожной организацией, обеспечивая правильность оформления документов, сохранность грузов и своевременность их отправления [3: 212–226].

От профессионализма приёмосдатчика зависит точность и надёжность перевозочного процесса, соблюдение сроков доставки, а также репутация транспортной компании [3: 290–296]. На российских железных дорогах работают более 15 тыс. приёмосдатчиков, которые тщательно следят за отправкой грузов, проверяют их сохранность и гарантируют доставку в любую точку страны точно в срок [2: 235–241].

Основные обязанности приёмосдатчика груза и багажа. К основным должностным обязанностям приёмосдатчика относятся:

- приём и выдача грузов и багажа на станциях и терминалах;
- проверка целостности упаковки и соответствия грузов сопроводительным документам;
- оформление перевозочных документов (накладных, квитанций, актов);
- организация хранения и учёта грузов на складах;
- взаимодействие с экспедиторами, клиентами, сотрудниками РЖД и службами охраны;
- участие в расследовании случаев утраты или порчи грузов [4: 180–188].



Рис. Приёмосдатчик осматривает состав

Кроме того, приёмосдатчик должен знать порядок расчёта тарифов, правила перевозки опасных, крупногабаритных и скоропортящихся грузов [5: 155–160].

Требования к квалификации и профессиональные навыки. Кандидаты на должность приёмосдатчика груза и багажа должны иметь среднее профессиональное образование по направлению «Организация перевозок и управление на транспорте». Необходимы знания нормативных документов РЖД, правил перевозок, основ документооборота и логистики [4: 300–308].

Важные профессиональные качества:

- внимательность и ответственность;
- умение работать с документами и клиентами;
- знание информационных систем РЖД (например, ЭТРАН, ЭДО);
- навыки планирования и организации рабочего времени [1: 45–52].

Значение приёмосдатчика в организации перевозочного процесса. Приёмосдатчик является одним из главных участников логистической цепочки. Он обеспечивает точность данных о грузе, минимизирует задержки при оформлении документов и способствует повышению эффективности перевозок [3: 290–296]. Его работа напрямую связана с безопасностью перевозок и сохранностью матери-

альных ценностей. Ошибки в действиях приёмосдатчика могут привести к финансовым потерям и нарушению графика движения поездов [2: 235–241].

Современные тенденции и цифровизация профессии. Современные технологии существенно меняют характер работы приёмосдатчика. Все чаще используется электронный документооборот, автоматизированные системы учёта грузов и онлайн-сервисы для клиентов. Внедрение цифровых платформ, таких как «ЭТРАН» и «Цифровая логистика РЖД», позволяет ускорить обработку грузов и снизить количество ошибок [5: 155–160; 1: 150–156].

Тем не менее, человеческий фактор остаётся решающим – приёмосдатчик должен уметь работать с клиентами, решать нестандартные ситуации и обеспечивать контроль за качеством услуг [1: 150–156].

Вывод. Профессия приёмосдатчика груза и багажа – одна из наиболее ответственных и востребованных в сфере железнодорожных перевозок. От её качественного исполнения зависит эффективность работы всей транспортной системы. Современные приёмосдатчики должны обладать не только профессиональными знаниями, но и цифровыми компетенциями, умением адаптироваться к новым технологиям и стандартам обслуживания клиентов [4: 300–308].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бочкарева Н. А. Железнодорожные перевозки: обслуживание пассажиров в пути следования учебное пособие, для использования в учебном процессе образовательными учреждениями среднего профессионального образования по специальности 23.02.01 «Организация перевозок и управление на транспорте (по видам)» и профессии 43.01.06 (100120.04) «Проводник на железнодорожном транспорте» / Н. А. Бочкарева. 2-е изд. Саратов: Профобразование, 2021. 194 с.
- 2 Боровикова М. С. Организация перевозочного процесса на железнодорожном транспорте: учебник. Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. 412 с. 978–5–907055–99–5.
- 3 Технология и организация перевозок на железнодорожном транспорте: учебник / Ф. С. Гоманков [и др.]. Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. 404 с. 978–5–906938–83–1.
- 4 Ермакова Т. А. Технология перевозочного процесса: учебное пособие. Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2019. 334 с. 978–5–907055–48–3.
- 5 Рукина А. М. Технология перевозочного процесса на железнодорожном транспорте: учебное пособие. Москва: УМЦ ЖДТ, 2023. 272 с. 978–5–907479–94–4.

СЕКЦИЯ 3

Экономика, логистика и менеджмент

УДК 338

СУЩНОСТЬ И СТРУКТУРА ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ

С. А. Блинкова, К. С. Веляева

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Развитие и внедрение инноваций в современных условиях является стратегическим приоритетом, что находит свое прямое подтверждение в Указе Президента РФ от 28.02.2024 № 145, задающем конкретные ориентиры для научно-технологического прорыва [1]. Данная статья направлена на раскрытие сущности инновационной системы как комплексного механизма, обеспечивающего генерацию и коммерциализацию новых знаний. Целью исследования является разработка структурно-функциональной модели, демонстрирующей взаимосвязь между научно-производственной средой, внутренними возможностями компании и формирующей ее институциональной средой. В рамках модели подробно анализируется роль управляющего центра как ключевого элемента, координирующего взаимодействие всех компонентов системы для достижения синергетического эффекта. Предлагаемый подход позволяет не только теоретически осмыслить структуру инновационной системы, но и служит практическим инструментом для диагностики ее эффективности и формирования целенаправленной политики развития.

Инновационная система представляет собой целостный и сложноорганизованный комплекс взаимосвязанных организаций, институтов и инфраструктуры, основной целью которого является непрерывный цикл производства, распространения и практического применения новых знаний и технологий [2]. Ее фундаментальная сущность заключается не в соседстве элементов, а в создании устойчивых и эффективных связей между ключевыми акторами – научным сообществом, бизнес-структурами, управляющими органами и инфраструктурными организациями, что в совокупности формирует среду для генерации, отбора и успешной коммерциализации инноваций. Структурно данная система опирается на два неразрывных и взаимодополняющих фундаментальных блока: научно-производственную среду, которая объединяет непосредственных участников и исполнителей инновационного процесса, и институциональную среду, выполняющую роль системного каркаса, задающего формальные и неформальные «правила игры» для всех без исключения акторов. Научно-производственная среда формирует жизнеспособную экосистему, предоставляющую реальные ресурсы для инновационной деятельности, и включает в себя, прежде всего, университеты и научно-исследовательские институты как генераторы фундаментальных и прикладных знаний, организационную инновационную инфраструктуру (такую как технопарки, бизнес-инкубаторы и акселераторы), обеспечивающую поддержку на различных стадиях развития, а также финансовые структуры (венчурные фонды, банки развития, частные инвесторы), предоставляющие необходимые инвестиции. Параллельно этому институциональная среда, обеспечиваемая деятельностью органов государственного и корпоративного управления в рамках формирования и реализации научно-технической и инновационной политики, создает необходимые условия для функционирования всей системы через разработку нормативной правовой базы, реализацию мер прямого и косвенного финансирования, а также проведение целенаправленных институциональных преобразований, адаптирующих среду к новым вызовам. Центральным же и связующим звеном всей этой архитектоники выступает конкретная компания, которая обладает уникальным внутренним потенциалом – своими инновационными возможностями, включающими кадровый, финансово-экономический, научно-технологический и производственно-технологический компоненты, и именно она, выступая интегратором, трансформирует внешние ресурсы и стимулы, поступающие из среды, в конкретные продукты, технологии и бизнес-процессы, тем самым реализуя конечную цель системы – создание и внедрение инноваций.

На основе выделенных компонентов разработана структурно-функциональная схема инновационной системы, представленная на Рис., которая визуализирует взаимодействие всех ключевых элементов.



Рис. Структурно-функциональная схема инновационной системы

Анализ инновационной системы позволяет выделить ее сложную архитектуру, основанную на взаимодействии трех concentрических уровней. Внешний уровень образует научно-производственная среда, выступающая в роли ресурсной экосистемы, которая предоставляет компании доступ к критическим активам – знаниям, технологиям, кадрам и финансам, формируя тем самым внешние возможности и ограничения для инновационной деятельности. Внутренний уровень представляет инновационные возможности самой компании, являющиеся ее внутренним потенциалом и включающие кадровые, финансовые, научно-технические и производственные компоненты, которые в совокупности определяют способность фирмы воспринимать, разрабатывать и внедрять инновации. Все это объединяется системообразующим фундаментом – институциональной средой, представляющей собой «правила игры», обеспечиваемые управляющим центром и пронизывающие все без исключения уровни системы.

Ключевым аспектом функционирования системы является динамичное взаимодействие между ее уровнями. Управляющий центр, реализуя свои координирующие функции, воздействует на систему одновременно двумя путями: напрямую, через целевое финансирование и создание инфраструктуры в научно-производственной среде, и опосредованно – формируя стабильную институциональную среду, то есть устанавливая «правила игры». Это создает для компаний благоприятные условия для привлечения внешних ресурсов – знаний, технологий, кадров и финансов. Компания, выступая конечным звеном и преобразователем, использует свой внутренний потенциал для ассимиляции этих ресурсов и их трансформации в готовые инновации. Таким образом, эффективность всей инновационной системы достигается не простым наличием всех структурных элементов, а за счет качества управленческого воздействия и плотности взаимосвязей между ними, что в совокупности генерирует синергетический эффект, превосходящий простую сумму вкладов отдельных участников.

В статье представлена схема, которая наглядно показывает, как устроена инновационная система. Она состоит из трех основных уровней: внешней среды с ресурсами, внутренних возможностей компании и общих правил, задаваемых государством. Координацию между этими уровнями обеспечивает управляющий центр. Главный вывод заключается в том, что успех системы зависит не просто от наличия всех её частей, а от того, насколько хорошо они взаимодействуют между собой. Именно это взаимодействие создает дополнительный эффект, когда результат превосходит простую сумму отдельных усилий. Таким образом, предложенный подход помогает оценивать и улучшать инновационную деятельность на практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации [Электронный ресурс] : Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 // Официальный интернет-портал правовой информации. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/50358> (дата обращения: 15.10.2025).
- 2 Блинкова С. А., Веляева К. С. Тенденции формирования транспортного рынка инновационных проектов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024. № 3. С. 167–173. DOI 10.23672/SAE.2024.89.93.004. EDN HPBPXS
- 3 Формирование системы управления инновационной деятельностью на железнодорожном транспорте / С. А. Блинкова, К. С. Веляева, З. Р. Зиганшина, Н. А. Андриянова // Вестник СамГУПС. 2025. № 2(68). С. 10–15. EDN AZOICL.

- 4 Блинкова С. А., Скольский А. В. Формирование стратегии развития хаба инноваций в транспортной отрасли // Вестник СамГУПС. 2024. № 3 (65). С. 7–12. EDN JROVCG.
- 5 Блинкова С. А., Веляева К. С., Зиганшина З. Р. Развитие инновационной инфраструктуры как ключевое условие коммерциализации технологий в транспортной сфере // Вестник СамГУПС. 2025. № 3(69). С. 13–17. EDN PJVKOW.
- 6 Блинкова С. А., Зиганшина З. Р. Диагностика экосистемы при формировании рынка инновационных услуг // Экономика и предпринимательство. 2025. № 1 (174). С. 1220–1223. DOI 10.34925/EIP.2024.174.1.222. EDN OLYWRI.
- 7 Гаранин М. А., Збарский А. М. Модель трансформации отраслевых транспортных образовательных организаций // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 3. С. 1721–1736. DOI 10.18334/vines.13.3.118359. EDN AMKMLR.
- 8 Гаранин М. А. Институциональные аспекты управления ресурсами отраслевых вузов // Экономика и предпринимательство. 2020. № 7 (120). С. 1150–1156. DOI 10.34925/EIP.2020.120.7.238. EDN XNUWDM.

УДК 658.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ ДИРЕКЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ «НОРМАТИВ ЗАПАСА ТОВАРНО-МАТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕННОСТЕЙ»

О. Ю. Волкова, И. А. Николаева

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Для оценки эффективности деятельности современных организаций доказал свою эффективность метод рейтинговых оценок, позволяющий произвести сравнение достижений участников рейтинга по выборке показателей, то есть позволяющий оценить организационную конкурентоспособность не только самой компании, но и ее филиалов и структурных подразделений, но и его филиалов [1: 325]. В системе менеджмента ОАО «Российские железные дороги» этот метод играет достаточно существенную роль. Однако, есть определенные ограничения данного метода, одной из сложных задач является выбор показателей рейтинговой оценки, а также определение методики их учета в конечном показателе ранга.

Дирекция инфраструктуры является одним из важнейших функциональных филиалов Компании, деятельность дирекции носит устойчиво материалоемкий характер. Поэтому существенное место при оценке эффективности финансово-экономического блока занимает норматив запасов товарно-материальных ценностей (далее «норматив запасов ТМЦ»). С одной стороны, содержание точного нормативного количества запасов обеспечивает непрерывность производственного процесса и своевременное удовлетворение хозяйственных нужд, с другой стороны – запасы являются активом с низкой ликвидностью, и с экономической точки зрения должны стремиться к возможному минимуму. В рейтинговых оценках региональных дирекций инфраструктуры на разных уровнях существуют не только различные методики расчета результирующего показателя, но и различные целевые задания для норматива запасов товарно-материальных ценностей, не всегда учитывающие необходимость баланса между производственными и экономическими задачами.

Цель исследования – выявление возможности совершенствования методики рейтинговых оценок с участием показателя «норматив запаса товарно-материальных ценностей» для оценки деятельности региональной дирекции инфраструктуры. Задачи исследования – проанализировать существующие методы рейтинговых оценок, выявить несовершенства существующих методик и возможности повышения их эффективности; дать предложения по совершенствованию рейтинговых оценок региональных дирекций инфраструктуры в части оценки показателя «норматив запаса товарно-материальных ценностей».

Основным методом оценки результатов исследования, полученных при сравнительном анализе веса и целевых заданий для показателя «норматив запаса товарно-материальных ценностей» в рейтинговых системах, являлась экспертная оценка группы из 12 руководителей и специалистов, действующих сотрудников дирекции инфраструктуры и других региональных дирекций. Экспертная оценка была произведена в форме анкетирования с количественной оценкой, с получением обратной связи от респондентов.

Норматив ТМЦ определяет минимальное количество необходимого остатка на складе по каждому виду запасов в денежном выражении с учетом длительности цикла производства, включая страховой, транспортный и технологический запас [2: 54]. Контроль содержания запасов на складах региональных дирекций и их структурных подразделений реализован с помощью системы планирования и

отчетов о выполнении плановых параметров. Данная система позволяет выявить отклонения от плана в течение годового, квартального, месячного периода и оценить необходимость проведения регулирующих мероприятий. Также выполнение норматива запаса ТМЦ влияет на место каждой региональной дирекции инфраструктуры в различных рейтинговых системах, которые наряду с функцией контроля выполняют стимулирующую и мотивирующую функцию [3: 186].

Для выявления возможностей совершенствования существующей методики рейтинговых оценок был проанализирован принцип непротиворечивости на разных уровнях расчета, был выполнен сравнительный анализ методик расчета результирующего показателя на различных уровнях управления и анализ соотношения рассчитанного показателя с предельными целевыми значениями.

В таблице 1 представлен перечень рейтинговых оценок, включенных в экспериментальную базу исследований с указанием методики определения балловой оценки и целевого параметра для показателя «норматив запасов ТМЦ».

Таблица 1

Рейтинговые оценки деятельности региональной дирекции инфраструктуры и ее структурных подразделений с участием финансово-экономического показателя «Норматив запасов ТМЦ»

Рейтинговая оценка	Оценка веса показателя норматива запасов ТМЦ в рейтинговой системе	Цель
1. Рейтинговая оценка финансово-экономического блока структурных подразделений Центральной дирекции инфраструктуры (ФЭБ СП ЦДИ)	Ранжирование, после чего каждое полученное значение от 1 до 18 умножается на 1,5	Минимизировать
2. Рейтинг первых заместителей начальников региональных дирекций инфраструктуры (ДИЗ-1)	Выполнение показателя позволяет набрать 4 балла (из 100 возможных).	Менее или равно 100% – 4 балла, более 100% – 0 баллов.
3. Рейтинговая оценка дирекций (центров) регионального центра корпоративного управления по вопросам финансово-экономической деятельности (РЦКУ)	Выполнение показателя позволяет набрать 3 балла (из 45 возможных)	Менее или равно 100% – 3 балла, более 100% – 0 баллов.
4. Рейтинг предприятий по методике формирования рейтинга дирекций инфраструктуры (ФЭБ СП ДИ)	Показатель имеет весовое значение 12%.	Целевое значение 100%, стимулирующее значение «– 10%»

Рассмотрим принципы определения места в рейтинге и расчет выполнения целевого параметра по показателю «норматив запасов ТМЦ» в рейтингах из таблицы 1.

Определение места в рейтинге по первой анализируемой методике проводится путем ранжирования результатов работы региональных дирекций. Согласно методике, для каждой дирекции определяются значения процентного отношения фактического результата по запасу ТМЦ к плановому заданию. После производится ранжирование, путем присвоения наивысшего балла для наименьшего отклонения от 100 %, в том числе отрицательного, а низшего – для наибольшего отклонения выше 100 %. Полученные после ранжирования баллы (от 1 до 18) корректируются на коэффициент влияния показателя на результаты сводного рейтинга, равному «1,5».

Пример расчета балловой оценки на одном из экспериментальных полигонов приведен на рисунке 1, где наихудший балл, единицу, получила региональная дирекция № 17, превысившая плановое значение содержания норматива запасов ТМЦ на 30,8 %. При умножении на коэффициент влияния итоговое значение балловой оценки составило 1,5 балла. Наилучший результат – у дирекции № 2, получено 18 баллов из 18 возможных, при умножении на коэффициент влияния получен результирующий балл – 27 баллов.

Норматив запаса ТМЦ	КВ	Рег ДИ	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N16	N17	N18
	1,5	% выполнения	94,3%	76,9%	93,6%	106,2%	98,3%	105,1%	97,9%	89,7%	95,7%	93,4%	92,4%	99,4%	95,2%	81,0%	91,7%	104,4%	130,8%	85,5%
		отклонение от цели	-5,7%	-23,1%	-6,4%	6,2%	-1,7%	5,1%	-2,1%	-10,3%	-4,3%	-6,6%	-7,7%	-0,6%	-4,8%	-19,0%	-8,3%	4,4%	30,8%	-14,6%
		баллы	15,0	27,0	16,5	3,0	9,0	4,5	10,5	22,5	12,0	18,0	19,5	7,5	13,5	25,5	21,0	6,0	1,5	24,0

Рис. 1. Пример балловой оценки норматива запаса ТМЦ в рейтинговой оценке деятельности финансово-экономического блока структурных подразделений дирекции инфраструктуры

Как мы видим на рисунке 1, самый высший балл гарантированно получает дирекция, имеющая минимальное количество запасов по сравнению с нормативной величиной. Можно сделать предположение, что с точки зрения обеспечения бесперебойного производственного процесса и своевременного обеспечения средствами индивидуальной защиты, данная методика может повлечь риски простоя работ и несоблюдения условий охраны труда. С точки зрения снижения доли медленно реализуемых активов (группе ликвидности А3) [4: 94], в рамках оценки финансово-экономического блока структурных подразделений, цель выглядит допустимой.

Вторая анализируемая методика включает 20 различных показателей для оценки (по соблюдению безопасности движения, охране труда, договорной работе, выполнению капитального ремонта, качественные, финансово-экономические показатели и прочие). Выполнение целевого значения каждого показателя оценивается определенным количеством баллов, прописанным в методике. Для показателя норматива запаса ТМЦ цель – менее или равно 100 % от плана. При достижении цели оценка – 4 балла, в случае превышения плана – 0 баллов. Данная система оценки не имеет логической мотивации на максимальное снижение содержания запасов от плановой величины, максимальный балл возможен при 100 % соответствии нормативу.

Третья анализируемая методика оценивает выполнения показателя «норматив запасов ТМЦ» аналогично второй методике. По специфике финансово-экономической деятельности дирекции и центры разбиты на три группы, каждая из которых имеет соответствующий набор показателей для оценки. Норматив запасов ТМЦ при выполнении плана менее или равном 100 % обеспечивает 3 балла, а в случае превышения плана – 0 баллов.

Четвертая анализируемая методика применяется в структурных подразделениях дирекции инфраструктуры и отличается от предыдущих методик наличием «стимулирующего значения» показателя.

Стимулирующее значение рассчитывается как плановое значение * 0,9 (то есть устанавливается на уровне на 10 % ниже планового). Для оценки требуется определить, в какой диапазон оценки попадает фактическое значение, что графически отображено на рисунке 2.

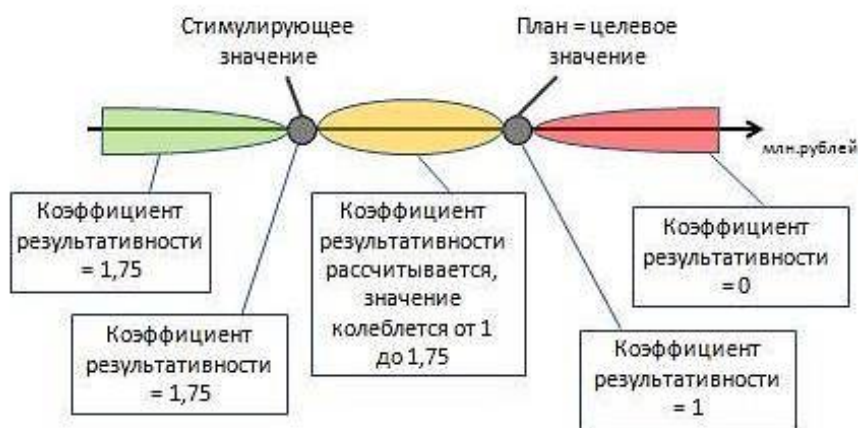


Рис. 2. Порядок применения коэффициентов результативности для показателя «норматив запасов ТМЦ» в рейтинговой оценке структурных подразделений региональной дирекции инфраструктуры

Из рисунка 2 следует, что:

- если факт больше целевого значения (плана), то коэффициент результативности будет равен 0;
- если факт равен целевому значению (плану), то коэффициент результативности будет равен 1;
- если факт равен стимулирующему значению, то коэффициент результативности будет равен 1,75;
- если факт меньше стимулирующего значения, то коэффициент результативности будет равен 1,75;
- если факт попадает в зону между стимулирующим значением и целевым (планом), то коэффициент результативности рассчитывается как: $1 + 0,75 * (\text{факт} - \text{целевое значение}) / (\text{стимулирующее значение} - \text{целевое значение})$.

Таким образом, в сравнении с предыдущими методиками, установлен порог желаемого снижения содержания запасов в размере 10 % от плана. Более значительные отклонения в сторону сокращения не принесут предприятию повышенную балловую оценку, соответственно отсутствует мотивация чрезмерного сокращения запасов.

Общим принципом всех рассмотренных рейтинговых оценок является жесткое условие ограничения фактического показателя запасов ТМЦ уровнем планового задания, или установленного норматива. Различия касаются пределов снижения запасов для достижения максимальной оценки.

В первой анализируемой методике поощряется неограниченное снижение запасов ТМЦ, во второй и третьей методиках – содержание запасов ТМЦ на уровне планового значения, в четвертой анализируемой методике установлено целевое снижение запасов ТМЦ на 10 % от планового уровня.

Для решения поставленных задач, оценки выявленных особенностей и различий, группе из 12 экспертов были предоставлены для ознакомления четыре анализируемых Методики проведения рейтинговых оценок и экспериментальные значения выполнения показателя норматива запаса ТМЦ на нескольких экспериментальных полигонах. Экспертная оценка касалась возможного влияния каждой методики, в случае ее применения, на показатели производственного процесса, ликвидности оборотных активов и вопроса целесообразности выбора единого целевого значения показателя во всех перечисленных рейтинговых оценках. Оценки экспертов от «0» (отсутствует влияние, отсутствует целесообразность) до 10 (высокое влияние, высокая целесообразность) были объединены, расчетным путем определены средние оценки. Результаты экспертной оценки сгруппированы в таблице 2, где каждой методике соответствует ранее рассмотренная рейтинговая система.

Таблица 2

Средняя арифметическая экспертная оценка методологических подходов в рейтинговых оценках по показателю «Норматив запаса ТМЦ»

Предмет оценки	Методика 1	Методика 2	Методика 3	Методика 4
1.Риск негативного влияния целевого задания на непрерывность процесса производства	8	0	0	4
2.Стимулирующее влияние на повышение ликвидности активов	7	4	4	6
3.Целесообразность установления единого предела снижения запасов	9	2	2	5

Таким образом, результаты экспертной оценки следующие.

1. Группа экспертов оценила Методику №1, применяемую в рейтинге финансово-экономических блоков работы региональных дирекций инфраструктуры, как несущую высокий риск для непрерывности процесса производства по причине неограниченного стимулирования снижения запасов. Достижение максимального снижения запасов для получения максимального балла может повлечь за собой простой работы из-за нехватки материалов. Некоторыми экспертами было также отмечено, что в состав запасов ТМЦ входят средства индивидуальной защиты, поэтому риски распространяются и на соблюдение требований по охране труда. Методики № 2 и № 3 единогласно определены как не представляющие риска, ведь главным фактором получения баллов мотивации является не превышение плана. Методика № 4 получила невысокую оценку, так как стимулирует снижение запасов, но в определенных пределах (10 % от планового задания).

2. Влияние на повышение показателя ликвидности активов, включающего в себя величину запасов, относящихся к медленно реализуемым активам, оценено как среднее по нейтральным Методикам №2 и №3. Стимулирование не превышения норматива выполняется, но снижение запасов от плановой величины по условиям методики не требуется. Разница между оценками содержащей риски для процесса производства Методикой №1 и умеренной стимулирующей Методикой №4 всего один балл в пользу первой методики. Обе методики нацелены на снижение запасов от плановой величины.

3. Высокую оценку получила необходимость достигнуть единства целеполагания на вертикали от структурного подразделения региональной дирекции до центральной дирекции инфраструктуры. Если структурные подразделения дирекции стремятся сократить запасы ТМЦ только на 10 %, а в рейтинге финансово-экономического блока для преимущества перед конкурентами требуется радикально минимизировать содержание запасов ТМЦ, то такие противоречия ведут к возникновению симулякров в системе отчетности [5: 69], влекут риск несогласованности управляющих воздействий по цепочке от высшего руководства до ответственных исполнителей.

Таким образом, обосновано предложение о пересмотре способа оценки показателя «норматив запасов ТМЦ» в Методике №1, как несущей наибольшие производственные риски. Данное предложение было апробировано в экспериментальных расчетах и планируется апробация на широком полигоне исследования.

Выводы. В процессе исследования были выявлены принципиальные различия между методиками расчета и оценкой результирующего показателя «норматив ТМЦ» в системе рейтинговой оценки эффективности деятельности объектов управления дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД». Экспертная оценка данных экспериментальных исследований позволила разработать предложения по совершенствованию

методики рейтинговой оценки деятельности отдельных объектов управления, повысить эффективность и непротиворечивость управленческих воздействий в сложной системе управления ОАО «РЖД».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Волкова О. Ю., Кубрак К. И. Особенности оценки конкурентоспособности современных организаций // Современные вопросы устойчивого развития общества в эпоху трансформационных процессов : сборник материалов IX Международной научно-практической конференции (шифр – МКСВ), Москва, 19 мая 2023 года. Москва: ООО «Издательство АЛЕФ», 2023. С. 325–331. DOI 10.34755/IROK.2023.50.12.019. EDN BTBNMN
- 2 Иголкина Л. М. Экономика организации (предприятия) : учебное пособие / составитель Л. М. Иголкина. Хабаровск: ДВГУПС, 2024. 115 с.
- 3 Волкова О. Ю., Цевелев А. В. Комплексная система обеспечения сбалансированности производственных и экономических параметров деятельности холдинга «РЖД» в плане производства и плане закупок // Научные междисциплинарные исследования : Международная научно-практическая конференция, Саратов, 05 мая 2020 года. Том Часть 1. Саратов: НОО «Цифровая наука», 2020. С. 184–190. EDN CQSNZH.
- 4 Солодов А. К. Практикум по управлению финансами компании : учебное пособие. Москва: Финансовый университет, 2020. С. 558. ISBN 978–5–9907435–3–3.
- 5 Волкова О. Ю. Проблема возникновения симулякров в системе сквозного производственного планирования в Холдинге «РЖД» // Инновации в жизнь. 2020. № 1 (32). С. 69–73. EDN TFSNZY.

УДК 331.1

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ: РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОСВЯЗИ КАЧЕСТВА И ОПЛАТЫ ТРУДА

Г. П. Гагаринская¹, С. З. Дыкина², Н. О. Курочкин¹

¹Приволжский государственный университет путей сообщения

²Самарский государственный технический университет

Введение. Компания ОАО «Российские железные дороги» проводит и дальше работу, связанную с формированием и реализацией собственного курса социального развития, что было спровоцировано началом коронавирусной пандемии, а также ухудшением геополитической ситуацией в мире с началом 2022 года, что было выражено в начале беспрецедентного санкционного давления на РФ со стороны многих стран мира. Повышенные показатели кадровой текучести внутри железнодорожной сферы, усугубляться повышенным уровнем безработицы. Сейчас компании вынуждены вести реальную серьезную борьбу за каждого работника. Довольно часто предложение по работе превышает показатель спроса, что является негативным индикатором.

Сейчас на современном рынке существует необходимость в высокопрофессиональных сотрудниках. При этом сейчас на отечественном трудовом рынке можно наблюдать не только общий кадровый дефицит, но и рост общего уровня безработицы.

Методы решения задач. В данной статье будут рассмотрены и проанализированы как логические, так и аналитические методы, вместе с методами моделирования и комплекс творческих методов. Такого рода методы дают практическую возможность для принятия верных управленческих решений, проводить анализ конкретных проблем, осуществлять генерирование набора новых идей. Согласно с официальной статистикой Росстата, показатели общего уровня безработицы в РФ падают, но при этом происходит рост показателей скрытой безработицы. Сейчас уровень скрытой безработицы находится на отметке 13 процентов. При этом на конец 2024 года безработица в РФ составляла 2.4 процента, что является одним из самых низких показателей в современной российской истории. В итоге общая численность безработных людей в РФ составила 1,78 миллионов человек [1].

Сейчас достойный размер зарплаты является важнейшим условием для обеспечения достойного уровня жизни человека и получения им возможности нормальной самореализации. Положения Концепции достойного труда, что была принята Международной организацией труда (МОТ), определяют в качестве одной из главных составляющих достойного труда, именно достойный размер зарплаты [2].

Анализ полученных результатов. Официальная статистика по Российской Федерации фиксирует, что на 2021 год четверть (25,4 %) экономически активных граждан была занята в секторе с низким уровнем оплаты труда [3]. Среди женщин этот уровень достигает приблизительно 30,3 %. Столь низкий уровень дохода лишает индивида чувства социальной и материальной состоятельности, подрывая базовое ощущение личного достоинства. В 2023 году Президентом России был заявлен фундаментальный

приоритет, направленный на комплексное разрешение экономических и социальных вопросов. Параллельное повышение реальных зарплат в стране рассматривается как необходимый элемент для укрепления материального положения российских семей [4]. Эмпирическую основу настоящей работы составили данные социологических опросов, организованных Научно-исследовательским центром социально-политического мониторинга ИОН РАНХиГС. Сбор информации осуществлялся в период с 16 по 24 мая 2024 года, а респондентами выступили представители занятого населения. В исследовании приняли участие полторы тысячи совершеннолетних респондентов, которые представляли тридцать регионов Российской Федерации. Эта группа граждан была занята в ключевых отраслях, составлявших основу отечественной экономики. Сбор данных осуществлялся методом персонального формализованного интервью. Местом его проведения служила либо рабочая территория респондентов, либо их домашние адреса. В заключение представлены итоговые показатели, которые были сопоставлены с материалами ранее осуществлённых опросов, построенных на идентичной методологической основе.

Практические результаты. Полученные в 2023 году результаты проводимых опросов демонстрируют, что 37,4 процентов опрошенных указывают на неудовлетворение своей зарплатой, которую они получают на основном месте работы. При этом 52,4 процента человек сказали, что у них хорошая зарплата. Подобные показатели были получены при проведении опросов в последние годы, что показано на рисунке 1. Следует отметить, что за последние два десятилетия общее количество людей, что удовлетворены своей зарплатой выросло с 25,3 до 52,4 процентов. В целом исследования, приводимые другими организациями также подтверждают наличие подобной тенденции [6], [19: 79], [7].

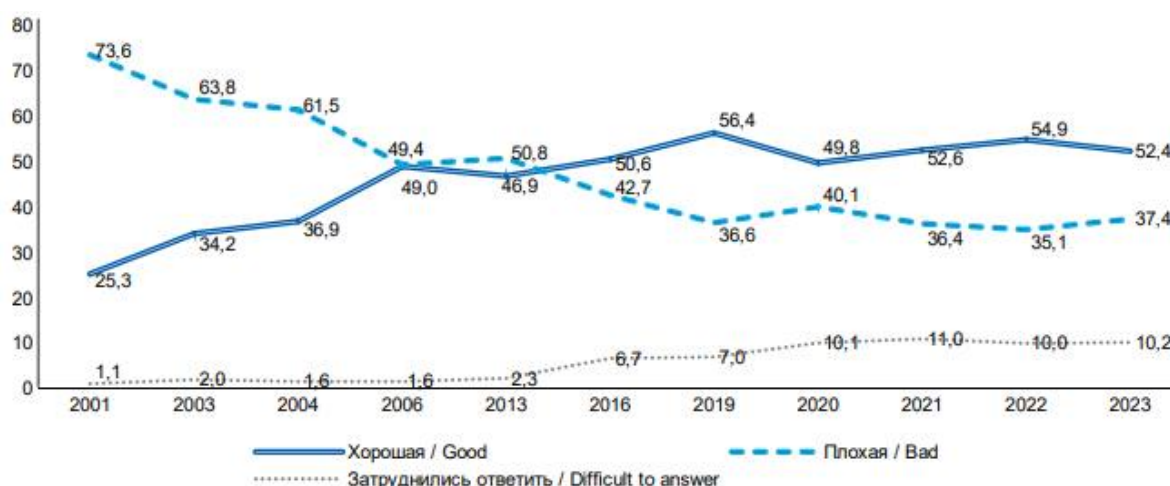


Рис. 1. Данные оценки размера зарплаты в рамках основного рабочего места в процентах от общего числа опрошенных лиц

Если коротко, результаты анализа показывают, что отношение людей к своей зарплате сильно зависит от того, кто они и где работают. Например, мужчины в целом чаще довольны своими доходами, чем женщины. По всей видимости все это связано не только с тем, что мужчины обычно зарабатывают больше, но и с тем, что они будут несколько иначе смотреть на свою на карьеру и свои возможности.

У тех, кто работает по найму, особенно в госструктурах, все несколько иначе. Там нередко зарплата не соответствует объему работы, и людям просто не хватает денег на все им необходимое. В деревнях и маленьких городах ситуация тоже сложнее. в таких населенных пунктах зарплаты ниже, а вариантов поменять работу или вырасти по карьерной лестнице почти нет.

Фактически показатели удовлетворенности размером зарплаты будут зависеть не только от самой суммы, но и от особенностей социальной, политической, экономической ситуации в стране и от ряда иных, не менее важных и значимых факторов.

Получаемая на основной работе низкая зарплата заставляет людей заниматься подработкой для улучшения своего финансового положения, что показано на рисунке 2. Так, по итогам 2022 года, фактическое наличие вторичной занятости был выявлен у 28,8 опрошенных людей, оценивших зарплату на основной работе в качестве хорошей. При этом среди людей, оценивших в качестве плохой свою основную зарплату данный показатель, составляет уже 39,6 процентов. По итогам 2023 года данные показатели уже составляли 25,8 и 30,9 процентов.

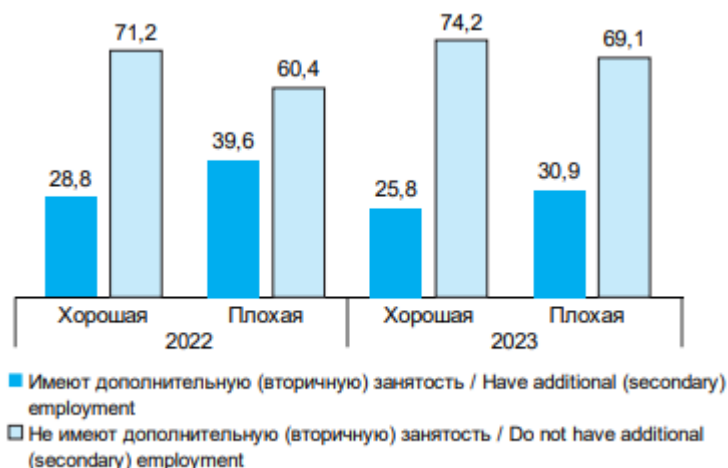


Рис. 2. Распространенность дополнительной (вторичной) занятости среди респондентов в зависимости от их оценок заработной платы по основному месту работы, в % по соответствующим группам

Летом 2025 года был проведен социальный опрос. Согласно с его результатами основная часть населения РФ указывает на то, что порядка 200 тысяч рублей это минимальный уровень достойной зарплаты в стране. Данный факт был указан 34,6 процентами опрошенных. Еще около 25 процентов опрошенных лиц указали сумму в 500 тысяч рублей в месяц. Только 11 процентов опрошенных указали на то, что доход менее 100 тысяч рублей в месяц их удовлетворяет.

Для большей части опрошенных цифры размера зарплат имеют далеко не единственное важное значение. Так свыше 56 процентов указали на важность того, чтоб зарплаты хватало еще и на формирование накоплений. Больше 22 процентов указали на то, что зарплата должна позволить не брать кредиты и не брать займы. Еще около 10 процентов указали на то, что зарплата должна покрывать все базовые потребности человека, порядка 48 процентов опрошенных указали на то, что их зарплат ниже уровня их квалификации и качества труда. При этом примерно 12 процентов опрошенных заявили, что они зарабатывают выше среднего уровня, но лишь путем принятия на себя повышенного уровня трудовой нагрузки, еще около 9 процентов по тем или иным причинам не работают или же находятся на пенсионном обеспечении [7].

На вопрос, что бы люди сделали, чтобы зарабатывать больше, четверть опрошенных признались, что не верят в рост дохода в своей ситуации. Однако многие настроены активно: 20 % начали бы искать новую работу, 14,5 % пошли бы в бизнес или фриланс, 12 % – готовы учиться, а 7 % – попробовать монетизировать хобби.

Наиболее реальным путем к росту дохода россияне считают карьерный рост в крупной компании (27,7 %) и самозанятость (16,5 %). А вот радикальные шаги, вроде смены образа жизни ради «зарплаты мечты», готовы сделать лишь 13,5 % сразу, а еще 35 % – при условии компенсации рисков. Остальные не готовы рисковать или уже пробовали – и не хотят повторения [7].

Результаты проведенного исследования указывают на то, что на протяжении ряда лет остаются актуальными проблемы, касающиеся взаимосвязи трудовых усилий сотрудников и их материального вознаграждения, которые, очевидно, не были устранены. Согласно мнению участников опроса, в пределах их организаций наблюдается отсутствие существенной связи между вкладом работников в трудовой процесс и размером получаемого ими вознаграждения, что указывает на неэффективность стимулирующей функции заработной платы, оказывающей влияние на уровень заинтересованности и мотивации работников к улучшению своей трудовой деятельности, как в количественном, так и в качественном аспектах, и которая в течение значительного времени на практике не находит своего отражения. Значительное число опрошенных респондентов (53,9 %) убеждено в том, что их доход на основной работе останется неизменным, даже если они продемонстрируют более высокую продуктивность, а также 46,3 % респондентов признают, что уменьшение приложенных усилий также не скажется на изменении уровня дохода (см. рис. 3).

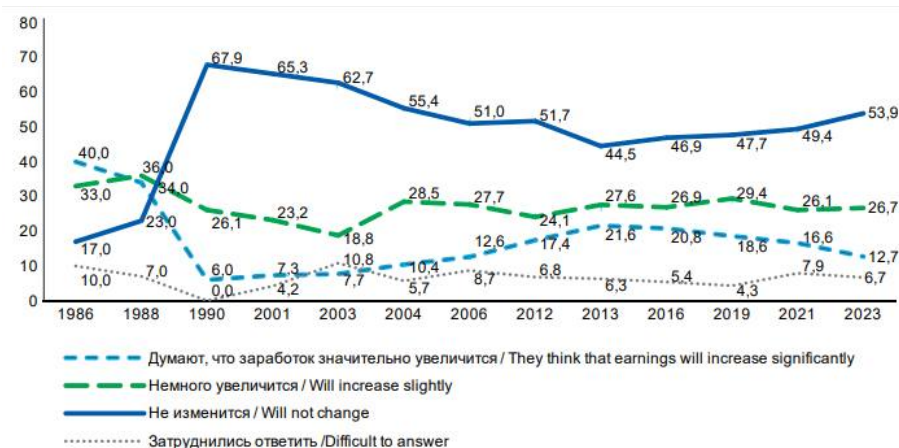


Рис. 3. Показатели зависимости размера зарплаты на основном рабочем месте исходя из трудового вклада сотрудника в ситуации, связанной с увеличенным уровнем трудовой отдачи в процентах от общего числа людей, принявших участие в опросе

До 2025 года в рамках трехлетнего периода компания полностью реализует все взятые на себя обязательства, связанные с положением коллективного договора. Были увеличены всевозможные льготы, гарантии для лиц, являющихся участниками СВО и членов их семей.

Необходимо понимать, что фактический рост стоимости основных товаров и услуг в стране вынуждает людей искать более высокооплачиваемую работу, что ведет к росту показателей кадровой текучки внутри предприятий ж.-д. транспорта.

На данный момент внутри компании наблюдается высокий уровень кадровой текучки, что вынуждает ее заниматься регулярным поиском новых сотрудников, а также заниматься их обучением. Именно текучесть кадров выступает в качестве одного из базовых показателей, что будут характеризовать показатели эффективности действующей системы управления, имеющимися у компании человеческими ресурсами. Сейчас внутри компании наблюдается не полное комплектование сразу 8 дирекций и 61 структурного подразделения.

Таблица

Текучесть кадров в структурных подразделениях Куйбышевской ЖД

		Среднесписочная численность	Собственное желание + выход на пенсию	По соглашению сторон	% текучести
1.	Куйбышевская ЖД	36265	2888	527	10,7
2.	Дирекция инфраструктуры	11282	1091	150	12,4
3.	Дирекция тяги	7284	454	48	6,9
4.	Дирекция управления движением	4627	381	185	14
5.	Дирекция по энергообеспечению	2261	219	4	11,3
6.	Дирекция по ремонту пути	1671	64	4	4,1
7.	Дирекция связи	1017	69	0	6,9
8.	Дирекция по эксплуатации путевых машин	963	52	8	6,4
9.	Дирекция по тепловодоснабжению	939	59	32	10,8
10.	Дирекция по ремонту тягового подвижного состава	353	19	1	5,7
11.	Информационно-вычислительный центр	325	22	0	6,8
12.	Дирекция по управлению терминально-складским комплексом	322	9	22	9,6
13.	Дирекция снабжения	292	23	12	11,9

Начиная с 1 ноября на 20 процентов была увеличена тарифная составляющая зарплаты сотрудников локомотивных бригад. Все это дало практическую возможность добиться роста их зарплат от 15 до 36 тысяч рублей. Также был утвержден новый стопроцентный уровень компенсации для найма жилья, вместе с подъемными на уровне 150 тысяч рублей при трудоустройстве. Также компания за-

нимается вопросами разработки стандарта дизайна и обустройства домов отдыха для представителей локомотивных бригад, что будет прямо предполагать необходимость повышения общего уровня комфорта, услуг, что будет вести к росту показателей мотивации трудовой деятельности.

Выводы. По своей сути новизна сформулированных в рамках данного исследования выводов будет заключаться в применении комплекса актуальных данных, вместе с оценкой имеющихся изменений, что наблюдаются на протяжении последних двух десятилетий относительно россиян и их отношении к зарплате, особенностей влияния размера зарплаты на специфику поведения человека на работе.

Полученные результаты, итоговые выводы могут нести в себе практическую пользу как для разных органов системы госвласти, так и для различных работодателей, что могут применить их в процессе принятия решений в рамках сферы, связанной с трудовой деятельностью, оплатой труда. Также они могут принести пользу в сфере образования в процессе освоения со стороны студентов курса разных как социологических, так и экономических наук, дисциплин.

В самых разных структурных подразделениях вносились предложения относительно периодичности тех или иных очных технических занятий, а также относительно уменьшения их общего количества. В данном случае в качестве альтернативы может выступать система дистанционного обучения. Так образовательные центры РЖД уже имеют порядка шести тысяч дистанционных обучающих курсов. Также в компании был снижен образовательный ценз до 9 классов при приеме на работу новых сотрудников по некоторым базовым железнодорожным профессиям. Важно сейчас обеспечивать не только удержание персонала, но и привлечение новых квалифицированных сотрудников с их успешной и оперативной адаптацией внутри Компании.

Чтоб добиться роста показателей эффективности труда, вместе с качеством оплаты, понадобится заняться созданием продвинутой системы компетенций, имеющих связь с соответствующими аспектами. Необходимо реализовать внедрение компетентностного подхода внутри предприятия. Все это даст возможность простимулировать сотрудников к повышению общего уровня качества выполнения их профессиональных обязанностей и сформирует в их сознании четкое понимание того, что рост их профессиональных знаний, компетенций позволит им получить более высокую зарплату. Что все это реализовать понадобится заняться созданием четкой системы показателей для оплаты труда, где будут учтены показатели компетенций, имеющихся у сотрудников предприятия.

Ввиду того, что такие результаты будут иметь некоторые ограничения относительно применения количественного метода сбора информации, чтобы получить ее в более четком виде потребуется проводить в дальнейшем исследовательскую работу с применением таких методов, как фокус-группы, глубинные интервью, иных качественных методов. Также понадобится обратить отдельное, пристальное внимание на анализ и изучение существующей взаимной связи между зарплатой и трудовой дисциплиной, особенностями показателей вовлечения в работу организации, проявления инициативности, иными аспектами, связанными с трудовым поведением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Трудовые ресурсы, занятость, безработица. Сборник Росстата. 2024. Электронный ресурс: URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries (дата обращения: 20.10.2025).
- 2 Слушкина Ю. Ю. Методические подходы к оценке достойного труда в разрезе субъектов Российской Федерации. *Economic Bulletin*. 2021; 4(6):93–99.
- 3 Индикаторы достойного труда. Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries (дата обращения: 20.10.2025)
- 4 Послание Президента Российской Федерации от 21.02.2023г. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49010/page/4> (дата обращения: 17.10.2025).
- 5 Покида А. Н., Зыбуновская Н. В. Заработная плата как значимый предиктор трудового поведения работников // Социально-трудовые исследования. 2024. №1 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zarabotnaya-plata-kak-znachimyy-prediktor-trudovogo-povedeniya-rabotnikov> (дата обращения: 20.10.2025).
- 6 Богатырева И. В., Илюхина Л. А. Система мотивации и материального стимулирования как источник трудовой активности персонала компании // Экономика труда. 2022;9(5):955–970. DOI: 10.18334/et.9.5.114737.
- 7 Финансы майл. URL: <https://finance.mail.ru/article/dostojnaya-zarplata-po-mneniyu-rossiyan-200-tysyach-minimum-500-mechta-66446271/> (дата обращения: 20.10.2025)
- 8 Гагаринская Г. П., Дыкина С. З., Ераносян Э. А., Курочкин Н. О. Компетентностей подход в управлении персоналом в условиях цифровой трансформации региона // УПИРР. 2024. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentnostey-podhod-v-upravlenii-personalom-v-usloviyah-tsifrovoy-transformatsii-regiona> (дата обращения: 21.10.2025).
- 9 Куренков П. В., Попов С. В., Туркменов И. О. Социально-экономические показатели по итогам выполнения коллективного договора организациями железнодорожного транспорта полигона Куйбышевской железной дороги (1 полугодие 2023 года) // Наука и образование транспорту. 2023. № 1. С. 160–164.

ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОЭЗ «ТОЛЬЯТТИ»

Е. А. Герасимова, Е. В. Паркина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В последние годы наблюдается рост интереса к инновационным центрам, особым экономическим зонам (ОЭЗ) и внедрению передовых технологий в различные сферы общественной жизни. Однако опросы общественного мнения часто дают лишь поверхностные данные о конкретных инновациях. Большинство граждан не имеют представления о существовании ОЭЗ, их значении для бизнеса и экономического развития. Актуальность темы обусловлена необходимостью анализа особенностей и перспектив развития ОЭЗ «Тольятти» в контексте достижения стратегических целей социально-экономического развития региона. Эффективное управление ОЭЗ становится ключевым фактором её успешного функционирования и вклада в экономику региона в условиях конкуренции за инвестиции и ресурсы. Целью данной статьи является комплексный анализ особенностей функционирования ОЭЗ «Тольятти», выявление факторов, влияющих на её развитие, а также определение перспективных направлений развития с учётом текущих тенденций и вызовов. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать нормативно-правовую базу, регулирующую деятельность ОЭЗ; оценить текущее состояние и динамику её развития; выявить основные проблемы и ограничения, влияющие на эффективность функционирования ОЭЗ; определить перспективные направления её развития с учётом потребностей региональной экономики и интересов инвесторов.

Методы решения задачи. Анализ нормативно-правовой базы, сравнительный анализ и статистический анализ. Анализ нормативно-правовой базы предполагает изучение федеральных и региональных законов, постановлений и других нормативных актов, регулирующих деятельность особых экономических зон (ОЭЗ) в России, а также выявление особенностей, касающихся ОЭЗ «Тольятти». Сравнительный анализ включает сопоставление ОЭЗ «Тольятти» с другими ОЭЗ в России и за рубежом по параметрам, таким как цели создания, механизмы поддержки резидентов, структура и динамика развития. Статистический анализ предполагает сбор и обработку данных о деятельности ОЭЗ «Тольятти», включая количество резидентов, объем инвестиций, создание рабочих мест, объемы производства и экспорта, а также использование статистических методов для выявления тенденций и закономерностей развития ОЭЗ.

Анализ полученных результатов. Особая экономическая зона (ОЭЗ) представляет собой специально выделенную территорию в Российской Федерации, где в рамках правового поля, установленного Правительством РФ, действуют специфические экономические механизмы, направленные на интенсификацию предпринимательской активности. Эти зоны, как правило, создаются с целью стимулирования развития высокотехнологичных отраслей промышленности, а также содействия разработке и производству инновационной продукции, что, в свою очередь, может способствовать реализации стратегии импортозамещения. ОЭЗ широко распространены по всему миру и представляют особый интерес для Самарской области. В условиях санкционного давления и ответных мер со стороны России, отечественное производство стремится к большей автономии и развитию, что способствует улучшению экономического положения страны. В контексте открытия новых рынков необходимо разработать эффективную маркетинговую стратегию для успешного функционирования этих зон. В Российской Федерации применяются на практике четыре основных типа особых экономических зон: технико-внедренческие, промышленно-производственные, портовые и туристско-рекреационные. Эти зоны являются инструментами государственной политики, направленными на интеграцию инновационных технологий и повышение конкурентоспособности национальной экономики. Расширение промышленного производства в стратегически важных секторах имеет решающее значение для обеспечения устойчивого социально-экономического развития страны. В условиях геополитической нестабильности и санкционного давления со стороны недружественных государств отечественные производители демонстрируют впечатляющую адаптивность и активно заполняют вакантные рыночные позиции. Правительство Российской Федерации определило приоритетные направления стратегической политики, ориентированные на стимулирование инвестиций и привлечение частного капитала в проекты, способствующие достижению технологической самодостаточности. Ключевые отрасли включают аэрокосмическую, автомобильную, фармацевтическую, энергетическую, электронную и другие высокотехнологичные отрасли, которые являются катализаторами инноваций и повышают конкурентоспособность российской экономики на мировом рынке. Реализация проектов в этих секторах предполагает не только создание новых производств, но и внедрение передовых научных достижений, что способствует построению устойчивой модели экономического развития [1].

Важным элементом государственной поддержки является создание благоприятных условий для реализации инвестиционных проектов, включая меры по улучшению инвестиционного климата и предоставлению льготных условий для предпринимательства, особенно в регионах. Кремниевая долина представляет собой выдающийся пример успешного функционирования особой экономической зоны. Зона охватывает территорию площадью около 40 000 гектаров, включающую более двадцати урбанизированных территорий, три крупных образовательных центра и свыше семи тысяч предприятий. Примечательно, что в данном контексте государственная поддержка составляет лишь 10 % от общего объема привлеченных инвестиций, что свидетельствует о высокой степени самоорганизации и привлекательности региона для частного капитала. Согласно данным Росстата, в октябре 2024 года зафиксирован рост промышленного производства в России на 4,8 % по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. В более глобальном контексте, за период с января по октябрь 2024 года совокупный объем промышленного производства продемонстрировал прирост на 4,4 %, что отражает устойчивую тенденцию к экономическому росту и развитию. Предполагается не только окупаемость данных инвестиций в установленные сроки, но и обеспечение значительного экономического эффекта, а также способствование повышению качества жизни населения Самарской области. Однако, несмотря на наличие налоговых преференций, направленных на стимулирование инвестиционной активности, эффективность функционирования ОЭЗ за последние шесть лет демонстрирует тенденцию к снижению [2].

В Стратегии экономического развития Самарской области значительное внимание уделяется созданию и расширению специальных экономических зон технико-внедренческого и промышленно-производственного направлений. Эти зоны играют важную роль в стимулировании инноваций и модернизации промышленного сектора. Особенно перспективными в плане привлечения инвестиций и создания новых рабочих мест являются промышленно-производственная зона «Тольятти» и технопарк высоких технологий «Жигулевская долина». Промышленно-производственная зона «Тольятти», расположенная в Ставропольском районе Самарской области, охватывает территорию в 660 гектаров. На этой площади функционируют 17 предприятий, специализирующихся на автомобилестроении, машиностроении, производстве строительных материалов и товаров массового потребления. Общий объем вложений в проект составляет 7,2 миллиарда рублей, из которых уже освоено 1,6 миллиарда рублей. Планируется, что зона станет важным драйвером промышленного развития региона, способствуя повышению конкурентоспособности региональной экономики. Основная цель создания ОЭЗ «Тольятти» заключается в формировании условий для устойчивого развития промышленного комплекса региона. Таким образом, проект ОЭЗ является важным элементом государственной политики, направленной на повышение эффективности использования бюджетных средств и диверсификацию экономической структуры региона. Особая экономическая зона «Тольятти» расположена в северо-западной части Самарской области, в непосредственной близости от производственной площадки ОАО «АвтоВАЗ» – основного предприятия города и одного из крупнейших автопроизводителей России. Данное географическое положение обеспечивает ОЭЗ доступ к развитой инфраструктуре и значительным трудовым ресурсам, что является важным фактором для привлечения инвесторов и реализации инвестиционных проектов. Проект ОЭЗ «Тольятти» обладает рядом предпосылок, которые делают его перспективным с точки зрения социально-экономического развития региона. К числу таких предпосылок можно отнести значительный промышленный потенциал Самарской области, высокий уровень инвестиционной привлекательности региона, развитую транспортную и логистическую инфраструктуру, а также наличие квалифицированных трудовых ресурсов. Все эти факторы способствуют созданию благоприятных условий для реализации инновационных проектов и привлечения инвестиций в различные отрасли экономики.

Перспективы расширения Особой экономической зоны (ОЭЗ) в Самарской области представляются весьма многообещающими. В ближайшие годы прогнозируется ряд ключевых инициатив, направленных на оптимизацию и развитие данной экономической территории. Кроме того, важным аспектом развития ОЭЗ станет интеграция с цифровыми платформами. Внедрение современных технологий управления, таких как автоматизация производственных процессов и цифровая логистика, позволит повысить эффективность операционной деятельности резидентов, оптимизировать логистические цепочки и улучшить качество предоставляемых услуг. Влияние ОЭЗ России на экономическое развитие в условиях международных санкций представляет собой актуальную тему для исследования, требующую детального анализа и разработки комплексной стратегии. В условиях трансформации внешнеторговых отношений, где основными партнёрами России становятся Китай, Иран и Турция, перспективы данного подхода остаются неопределёнными. Эти страны активно расширяют своё присутствие на российском рынке, что усиливает конкуренцию в секторе экспорта готовой продукции. Уровень инвестиционной привлекательности российских ОЭЗ остаётся относительно низким. За последние 17 лет общий объём привлечённых инвестиций составил 1,78 трлн рублей (около 1,6 млрд долларов США ежегодно). Это значительно меньше, чем объём прямых иностранных инвестиций, поступающих в особые экономиче-

ские зоны Китая до мирового финансового кризиса, и более чем в десять раз. Кроме того, за этот же период в российских ОЭЗ было создано 56 700 рабочих мест, что существенно уступает показателям Китая, где в 2006 году в пяти старейших зонах было занято 15 млн человек.

Многие особые экономические зоны в Российской Федерации расположены в регионах, сталкивающихся со значительными экономическими трудностями, что негативно сказывается на их общей эффективности. По оценкам правительства, почти треть этих зон не внесла существенного вклада в достижение целей устойчивого развития страны. Первоначальная стратегия создания ОЭЗ была направлена на сокращение экономического неравенства между регионами, что привело к их широкому распространению по всей стране, зачастую в районах с ограниченной доступностью рабочей силы и квалифицированных кадров. Вследствие этого вклад российских ОЭЗ в валовой внутренний продукт (ВВП) остается относительно скромным и значительно ниже уровня, наблюдаемого в Китайской Народной Республике. Для повышения эффективности ОЭЗ необходима стратегическая переоценка их организационной структуры и нормативно-правовой среды, возможно, с опорой на успешный опыт Китая. Ключевым аспектом этой трансформации должна стать более тесная интеграция ОЭЗ в более широкие планы экономического развития страны, что, вероятно, приведет к существенному увеличению их вклада в ВВП.

Практическое приложение результатов. Первоочередной задачей является следование принципам стратегии в области устойчивого развития особой экономической зоны «Тольятти» до 2035 года, учитывающей текущее состояние и уникальные характеристики территории. Оптимизация инфраструктурного обеспечения в создании благоприятных условий, анализ «узких мест» в транспортной доступности и логистических системах, а также разработка комплексных планов по их устранению, направлены на создание комфортной и функциональной среды для хозяйственной деятельности. Привлечение инвестиций в инфраструктурные проекты станет катализатором для достижения этих целей [5]. Улучшение качества жизни работников предприятий ОЭЗ предполагает создание развитой социальной инфраструктуры и культурно-досуговых объектов. Реализация программ по привлечению и удержанию высококвалифицированных специалистов, включая улучшение жилищных условий, является стратегически важным направлением.

Вывод. В условиях глобализации и изменения геополитической обстановки, федеральные и региональные органы власти, ответственные за развитие территорий, должны адаптировать свои стратегии к новым экономическим реалиям России. В частности, в условиях санкций и сужения внутреннего спроса на продукцию, необходимо не усиливать, а напротив, минимизировать конкуренцию в промышленном секторе через внедрение механизмов государственной поддержки и стимулирования инновационной деятельности. Проект Особой экономической зоны (ОЭЗ) «Тольятти» представляет собой ключевой стратегический инструмент, направленный на повышение экономического потенциала региона, улучшение его инвестиционной привлекательности и повышение качества жизни населения Самарской области. Реализация данного проекта способствует экономической диверсификации, повышению эффективности использования бюджетных ресурсов и созданию новых рабочих мест, что, в свою очередь, обеспечивает устойчивое социально-экономическое развитие региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Черкасов Р. А. Перспективы развития особых экономических зон в Самарском регионе // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-osobyh-ekonomicheskikh-zon-v-samarskom-regione>
- 2 Арцытов Н. А., Григорьев А. С., Ковельский В. В. Развитие промышленных парков как драйвера промышленного роста в самарской области // Вестник Академии знаний. 2025. № 3 (68). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-industrialnyh-parkov-kak-drayvera-promyshlennogo-rosta-v-samarskoy-oblasti>
- 3 Быкова Н. Н. Влияние свободных экономических зон на экономический потенциал муниципальных образований // Экономика и социум. 2014. № 1–1 (10). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-svobodnyh-ekonomicheskikh-zon-na-ekonomicheskii-potentsial-munitsipalnyh-obrazovaniy>
- 4 Халимендик В. Б. Эффективность особых экономических зон для социально-экономического развития региона // ЭПП. 2025. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-osobyh-ekonomicheskikh-zon-dlya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-regiona>
- 5 Азенков О. Ю., Козлов В. В., Одионов С. В. Перспективы особых экономических зон в России сегодня // Образование и право. 2023. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-osobyh-ekonomicheskikh-zon-v-rossii-segodnya>
- 6 Стратегия АО «ОЭЗ ППТ «Тольятти» в области устойчивого развития до 2035 года. URL: <https://oeztlr.ru/uploads/2025/9/Презентация%20Стратегия%20АО%20ОЭЗ%20ППТ%20Тольятти%20в%20области%20устойчивого%20развития%20до%202035%20года.pdf>

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ

Е. А. Герасимова, А. Е. Туманова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В современном мире, в условиях развития экономики наибольшую популярность приобретает инновационная деятельность предприятий. Сейчас технологический прогресс и рыночные изменения быстро позволяют повышать эффективность производства.

Актуальность данной статьи заключается в том, что инновационная деятельность становится ключевой, так как их внедрение является условием устойчивого развития. В условиях экономического кризиса и нестабильного развития, инновации помогают предприятиям укреплять свои позиции.

Понятие «инновация» представляет собой широкую и сложную категорию, к определению которой существует множество подходов. Основные из них, необходимые для практической инновационной деятельности.

Существует несколько классификаций инноваций. Наиболее распространены следующие шесть типов:

1. По характеру новизны.
2. По масштабу инновационного потенциала.
3. По отношению к предыдущим разработкам.
4. По способу реализации.
5. По особенностям процесса внедрения.
6. По источнику происхождения.

Инновационный процесс – это поэтапное преобразование новшества в продукт включающее в себя этапы фундаментальных, прикладных исследований, конструкторских разработок, маркетинга, производства.

На этапе инновационного цикла необходимо:

1. Собирают данные о технологических изменениях, на рынках и инновациях, поступающих из отделов НИОКР и маркетинговых служб. Определять потенциальные риски и их влияние на результаты производства и внедрения нововведений.

2. Собрать и проанализировать информацию о целевых рынках и возможных вариантах их развития, которые имеют отношение к нововведениям.

Освоение и подготовка производства. Прототип преобразуется в промышленно воспроизводимый продукт. Организация подготавливает производственные мощности, адаптирует документацию, обучает персонал, разрабатывает технологические карты, проводит тестовые партии, устраняет критические сбои.

Завершение цикла. Любая инновация рано или поздно достигает предела своей эффективности. Тогда возникает необходимость в обновлении, реинкарнации идеи или её трансформации в новый формат.

Инновации (внедрение новых технологий) могут положительно влиять на производительность труда. Это обусловлено тем, что изменения в техническом оснащении, технологиях, структуре управления влияют на объем выпускаемой продукции, что в свою очередь, стимулирует рост производительности.

Однако влияние инноваций на производительность труда не всегда однозначно. В экономической литературе существуют противоположные точки зрения: некоторые учёные признают, что инновации – непереносимое условие повышения производительности труда, другие – что влияние инноваций нередко бывает незначительным на фоне прочих факторов и отрицательным.

Экономический эффект от инновационной деятельности – это превышение доходов от её реализации над затратами на её осуществление. Он проявляется в увеличении экономической эффективности работы компании, рациональном использовании ресурсов, увеличении экономических ценностей, росте рыночной стоимости и динамике прибыли.

Экономический эффект инновационной деятельности имеет двойственную природу в зависимости от сферы проявления.

1. Результат в промышленном секторе – образуется при применении научно-технических решений в процедурах производства компании. Влияние достигнуто с помощью повышения эффективности работы, рост количества выпуска при тех же издержках производства и сокращение затрат на выпуск продукции.

2. Влияние на потребительском рынке – формируется благодаря выпуску и рыночным продажам.

Новаторская деятельность сочетается с разными препятствиями и вероятностью негативных последствий неясность и требование немалые денежные вклады.

Важные вопросы в этой сфере содержат в себе:

1. Нежелательные купли продажи и несформировавшееся состояние. К примеру: интенсивное соперничество и нестабильная потребность на современные предложения населения.
2. Недостаток обученных работников, способные предложить и улучшать действующие системы.
3. Отсутствие чёткой системы измерения и оценки рисков у малых предприятий, что приводит к недооценке многих рисков.

Повышение эффективности инноваций может осуществляться на уровне предприятия и через государственное регулирование.

На уровне государства пути повышения эффективности, следующие:

- организовывать государственно–частное партнерство;
- стимулировать инновационную деятельность;
- содействовать развитию инновационной инфраструктуры.

На уровне предприятия:

- сокращать сроки внедрения технологий;
- использовать ресурсы внешней среды.

Подводя итог, можно сказать, что инновационная деятельность играет важную роль для создания новых услуг, производительность труда, а также улучшению качества; деятельность является неотъемлемой частью предприятий и экономического роста; реализация инноваций требует наличие соответствующих ресурсов для создания развития экономики и повышение благосостояния населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Иващенко Н. Экономика инноваций: учебник. Москва: Экономический факультет МГУ, 2016. 81 с.
- 2 Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и Экологический менеджмент». Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2023. 130 с.
- 3 Основы инновационного менеджмента: учебное пособие / под ред. В.В. Коссова. Москва: Изд-во МГУ, 2013. 250 с.
- 4 Современные научные исследования и инновации: электронный научно-практический журнал. 2023. № 1. URL: <https://web.snauka.ru/archive>
- 5 Шамсутдинова Э. Э. Понятие и сущность инновационной деятельности // Экономика и социум. 2019. Т. 12, № 1. С. 4.

УДК 338

СТРАТЕГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫМИ ПОТОКАМИ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ КАК ЭЛЕМЕНТ УКРЕПЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ И КОНСТИТУЦИОННОГО ПРАВОПОРЯДКА

Д. В. Грекова, Ю. В. Веселова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В наше время информационные технологии играют очень важную роль в жизни общества. Благодаря их развитию мы можем общаться с людьми, не выходя из дома, делиться информацией, и быть в центре мировых новостей. Но насколько это безопасно? Можем ли мы доверять всему, что видим на экране?

К сожалению, совместно безграничными возможностями получения информации мы получили огромный поток дезинформации. Фейковые новости искажают факты, что стало почти нормой в современном мире. Спекуляции стали маскироваться под достоверные репортажи, для того чтобы заставить нас поверить в ложь и поспешить распространить ее дальше.

Стоит заметить, что современная экономическая система все больше зависит от цифровой системы, где соц.сети стали одними из ключевых элементов формирования экономического поведения потребителя. Их влияние уже давно вышло за рамки коммуникационной площадки, став катализатором многих процессов в экономике. В условиях распространения фейковой политики в нашем мире особую актуальность приобретает феномен «информационное домино». Информационное домино – процесс запуска цепочки реакций возникающие из-за одного действия. Пример в результате целенаправленного выброса

ложных данных наблюдения обвал рыночных индексов и обесценивание активов, что в свою очередь отражается на экономической ситуации не только компаний, но и государства в целом.

Задача данной статьи – проанализировать и предложить комплекс методов управления потоками информации, направленных на укрепление национальной экономики и обеспечение конституционных прав.

Основная часть. Начнем данный раздел с понятия фейковые новости (от англ. «fake news» – поддельные, фальшивые новости). Под этим определением мы понимаем заведомо ложную или сильно искаженную информацию, которая вводит в заблуждение целевую аудиторию. Фейковую информацию можно разделить на типы по степени отклонения информации от правды, по достоверности источников и цели создания. Но так же стоит помнить о важности разграничения принципиально разных категорий – фактическое утверждение и оценочное суждение. Термин фейк применяется для информации, претендующую на новость с содержанием проверяемых утверждений, которые умышленно искажены. В свою очередь оценочное суждение является выражением личной позицией, то есть субъективным мнением, которое нельзя проверить на предмет истинности или ложности. Важно отметить, что даже крайне субъективное, спорное или этически сомнительное мнение не является фейковой информацией, поскольку право выражение своей точки зрения остаётся неотъемлемой частью права личности. Это различие и делает проблему фальсификации довольно острой, поскольку фейки намерено маскируются под оценочное суждение или достоверные факты.

Рассмотрим влияние фальсифицированной информации на экономические процессы и институты. Цифровая система охватывает все современные сферы жизни, породила феномен: информационные потоки, которые в свою очередь стали катализатором роста экономики, но так же стало каналом для целенаправленных атак на его устойчивость, стабильность. Распространение фейков стало одной из основных проблем медиа пространства, которое трансформировалось в экономический риск [1].



Рис. 1. Классификация фейковых новостей

На рисунке 2, мы можем наблюдать исследования израильской компании SNEQ и университета Балтимора, по структуре глобального ущерба от фейковых новостей. Самый крупный сегмент диаграммы, занимает ровно половина круга (50 %), будет отведен под падение стоимости рыночных акций, которые оценивается в 39 млрд долларов. Следующая по значимости финансовая дезинформация – 17 млрд (22 %). Два равных по размеру сегмента (12 %) обозначают ущерб от дезинформации в сфере здравоохранения и потери от подрыва репутации компаний, что составило в сумме 18 млрд долларов. Небольшой сегмент 4 % – обеспечения безопасности платформ 3 млрд долларов, и около 0,5 % [2].

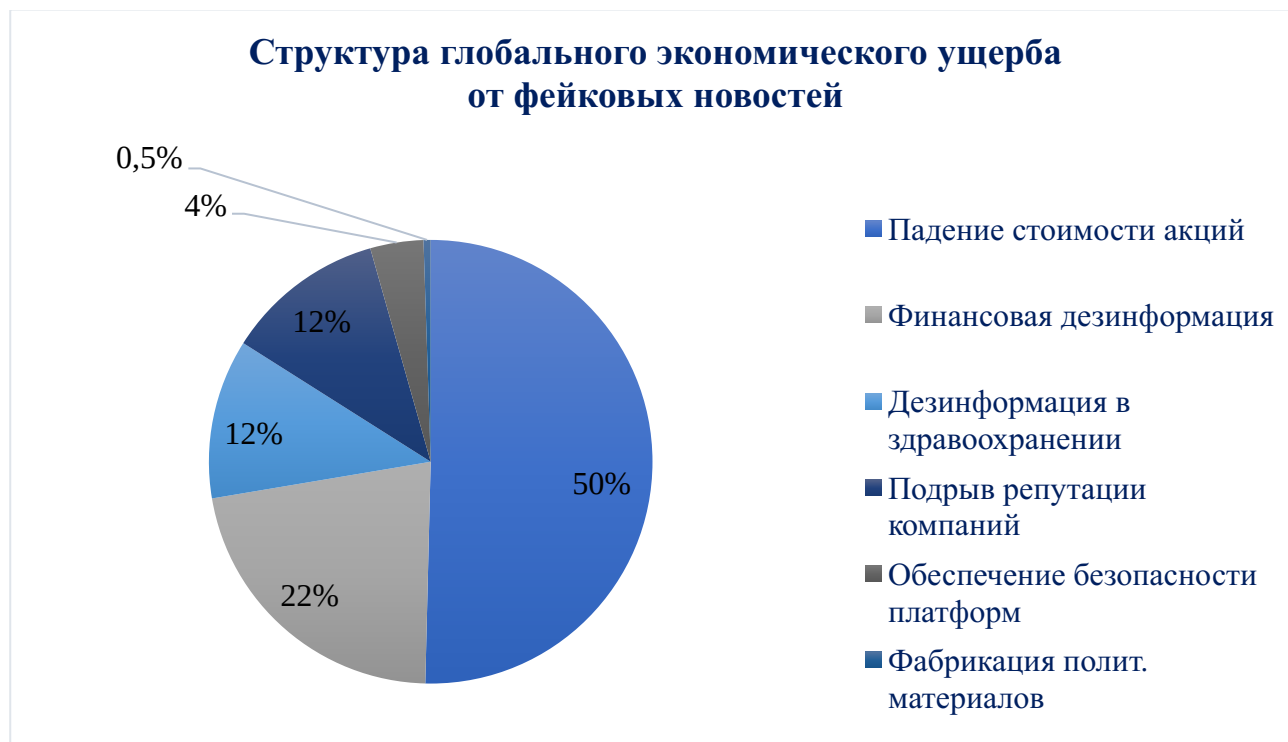


Рис. 2. Круговая диаграмма «Структура глобального экономического ущерба от фейковых новостей»

Диаграмма наглядно демонстрирует, что основная тяжесть экономических потерь приходится на финансовый рынок, в то же время все остальные сферы несут сопоставимый, но значительно меньший ущерб.

Рассмотрим несколько примеров влияния дезинформации на финансовый рынок:

Прямое воздействие на финансовый рынок и компании в целом.

В 2009 году было опубликовано ложное сообщение о смерти ген. Директора AT&T.

Сообщение о смерти генерального директора создало мгновенно информационный шок, спровоцировав панику среди институциональных и частных инвесторов. Системный сбой заключался в том, что рынок, не имея возможности мгновенно верифицировать информацию, начали оценивать гипотетические риски, связанные со сменой руководителя. Последствия: падение курса акций, потеря заинтересованных клиентов.

В 2016 году был распространен фейк о компании PepsiCo. В данном случае механизм был более сложным. Падение стоимости акций стало не прямым, а производственным шоком. Сначала фейк ударил по потребительскому спросу, что в свою очередь привело к пересмотру прогнозов по выручке и в целом прибыли компании. Последствия: упадок потребительского настроения на 35 %, тенденция употребления продукта упала на 20 %, так же распространение данного фейка повлияло на стоимость акций.

По данным примерам мы можем с делать вывод, финансовая подсистема демонстрирует высочайшую чувствительность к любым сигналам повышающем неопределённость, причем реакция может быть разнообразной: немедленной (как в 1 примере), так и запаздывающей (пример 2) [3].

Угрозы конституционному правопорядку порождаемые деструктивными информационными потоками. Фейковые информационные потоки в социальных сетях представляет собой угрозой не только экономической, но и правовой стабильности государства, на прямую подрывая конституционный правопорядок, к которым, в свою очередь, относятся верховенство суда, легитимность власти, гарантия прав и свобод человека [4].

Например: целенаправленное и массовое распространение новостей дискредитирующие органы гос. власти, судебную систему, правоохранительные органы и избирательный процесс, который введет к разрушению легитимности в глазах населения. Легитимность – это фундамент, на котором держится способность обеспечения законности в государстве. Зачастую механизмом реализации становится распространение информации о «коррупционности власти», дискредитация конкретных решений и действий власти или формирование убеждения о несправедливой работе судебного аппарата.

Пример: Компания по дискредитации избирательного процесса в Южной Корее. Проигравший выборы кандидат Мина Кёнука распространил фейковую информацию о теории фальсификации выборов через китайские чипы в сканерах для голосования, подрывая основу демократического строя,

то есть легитимность избирательной процедуры [5]. Но в данном случае Южная Корея показал правильно выстроенную стратегию по работе опровержением фейковой информации, данная бездоказательная теория была разрушена в течении суток после ее обнародования. Верховный суд выполнил ключевую задачу по функции защиты правопорядка. Эта работа напрямую влияет на стабильность государства, как политическую, так и экономическую .

Создание параллельной системы «кризисной коммуникации» дезориентирующее население в условиях ЧС.

В условия чрезвычайной ситуации доверие к официальным источникам информации критически важно. Деструктивные (фейковые) потоки информации создают часто паническую картину реальности, мешая властям эффективно управлять кризисом и оказывать помощь. Механизм реализации: распространение фейковой информации, которая преувеличивает масштабы катастрофы или число жертв, а также дискредитация рекомендаций официальных органов.

Пример: Пандемия COVID–19, массовое распространение фейков о том, что вирус не существует, вакцина содержит микрочипы, или что больницы пустые, а статистика смертности сфальсифицирована. Что приводит к отказу от соблюдения карантинных мер и вакцинации, саботирование усилий государства по защите здоровья граждан и противодействию национальной угрозе, что подрывает выполнение ст. 41 Конституции РФ .

Таким образом можно сделать вывод, фейковые информационные потоки осуществляют целенаправленный саботаж основ конституционного строя : легитимности, общественный порядок, безопасность граждан. Без эффективного противодействия этим угрозам теряется суть правопорядка как системы. Данная проблема требует создания комплекса мер противодействия.

Модель стратегического управления информационными потоками.

Принципы стратегического управления

1. Законность и защита прав граждан.

Принцип законности и защиты прав граждан очень сложный аспект, баланс между свободой слова и ответственности за распространение ложной информации является фундаментальным для стратегического управления правовым государством. Суть данного принципа заключается в создании действительной системы, где власть ограничена правами, а права человека заканчиваются там, где начинаются права другого. Этот баланс мы можем отследить в статьях основных законодательных актов.

Основа свободы слова статья 29 Конституции РФ. Она гарантирует каждому право свободно искать, производить и передавать информацию законным способом. То есть в открытом обществе мы можем вести дискуссии, критиковать и формировать общественное мнение. Однако мы не должны забывать, что осуществление прав и свобод человека не должно нарушаться (часть 3, статья 17 Конституции РФ) Именно из этого принципа необходимо устанавливать ответственность за злоупотребление свободой слова [6].

Стратегическое управление также должно создавать правовое поле, где все конституционные нормы работают одновременно [7]. Уголовный кодекс РФ содержит ряд статей, которые служат барьерами против наиболее опасных форм злоупотребления свободой. Например: статья 128.1 УК. РФ «Клевета» предусматривает наказание за распространение заведомо ложных сведений, порочащих честь и достоинство другого лица. Эта норма в первую очередь защищает нематериальное благо – репутацию. Более широкий контекст статья 207.1 УК. РФ « Публичное распространение заведомо ложной информации об обстоятельствах, представляющих угрозу жизни и безопасности граждан» направлен на защиту уже не только частного, но и общего интереса – общественного порядка и спокойствия гражданского общества [8].

Кодекс об административных правонарушениях РФ занимает промежуточное положение, регулируя поступки, которые менее опасны, чем преступления, но также требуют правового вмешательства. Пример: статья 13.15 КоАП РФ «Злоупотребление свободой массовой информации» является одним из ключевых инструментов в борьбе с дезинформацией. Она предусматривает ответственность за онлайн платформ для распространения фейковой информации, под видом достоверной [9]. Эта статья демонстрирует попытку законодателя найти некий баланс, возлагая ответственность не за любую ложную информацию, а лишь за ту что является заведомо ложной и повлекла за собой реальный вред.

Можно сделать вывод, что стратегическое управление в этой сфере не сводится к простому запрету, его задача выстроить систему, где конституционная гарантия свободы слова остается незыблемой, но при этом через конкретные статьи обеспечивается защита других ценностей: свобод, прав и общественного порядка. Но эффективность такого управления снижается в современном мире , основной проблемой является изменение природы распространения информации, делая традиционные правовые механизмы запоздалыми и менее эффективными. Скорость, масштаб и анонимность, присущие интернет-коммуникациям создают среду в которой фейковые новости не просто распространяются, а вирусно тиражируются, опережая попытки ее опровергнуть или привлечь к ответственности виновных лиц [10].

Это ситуация требует переосмысления не только стратегии управления, но и законных актов, смещая фокус только с мер запрета на создания более устойчивой и работающей информационной системы.

Комплекс мер и рекомендаций для создания информационной системы.

Меры для государственных органов .

Создания центра мониторинга и анализа информационных услуг. Первоочередная задача не жесткая цензура, а обеспечения ситуации осведомленности и координации.

Функции:

Мониторинг в режиме онлайн: Отслеживание информационного поля для выявления не только фейков, но и координированных кампаний дезинформации.

Аналитика и прогнозирование.

Создания единой платформы для сбора данных.

Экстренное оповещение: система быстрого реагирования (Пример ложное сообщение о ЧС или АНВ(акт незаконного вмешательства))

Публичная отчетность: регулярная публикация открытых отчетов за определенный период времени.

Формирование общественного иммунитета к дезинформации.

Государство выступает в роле партнера в развитии данного иммунитета. Основной задачей данного метода является внедрение образовательной программы медиаграмотности и цифровой гигиены (интеграция с учебными заведениями, общественными кампаниями). Так же внедрения обучения в профессиональных организациях, как курсы повышения квалификации [11].

Заключение.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том что стратегическое управление информационными потоками в соц.сетях является необходимым элементом укрепления национальной экономики и общественного порядка.

В отношении природы угрозы было установлено, что фейковые новости представляют собой не просто случайную дезинформацию, а целенаправленный инструмент воздействия, который умышленно искажает поток информации делая ее более выгодным, а порой маскируют фейки под оценочное суждения. Это делает их особенно опасными, так как сложно выявить и начать противодействие.

В экономической сфере была наглядно продемонстрирована причина–следственная связь между распространением дезинформации и реальными экономическим ущербом. Так же было выявлено, что экономическая система обладает высокой чувствительностью к таким сигналам, реагируя немедленным обвалом, так и с запаздывающим, но не менее разрушительным эффектом.

В области разработки механизмов противодействия предложена модель стратегического управления, основанная на принципе баланса между свободой и ответственностью за распространение лжи. В качестве решения предложен комплекс мер, включающих создание центра мониторинга и анализа информационных угроз и системное формирование общественного иммунитета к дезинформации через внедрение образовательных программ по медиаграмотности и цифровой гигиене.

Стратегическое управление информационными потоками – это активное, сбалансированное воздействие, ключевым элементом которого выступает национальная безопасность. Оно направленно не на жесткую цензуру, а на устойчивой информационной среды для обеспечения экономических интересов государства и бизнеса, так и прав человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Об утверждении Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года: Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208 (ред. от 11.12.2023) // Собрание законодательства РФ. 2017. № 20. Ст. 2902.
- 2 Фейковые новости наносят мировой экономике ущерб в \$ 78 млрд ежегодно//Myseldon. 2023. 26 сент. URL: <https://myseldon.com/ru/news/index/220849472>
- 3 Амехина, А. В. Оценка внедрения цифровых технологий в экономику / А. В. Амехина, Ю. В. Веселова, М. Н. Харитонов // Экономика инфраструктурных преобразований: проблемы и перспективы развития : Материалы X Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 30 ноября 2023 года. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2024. С. 21–23. EDN ETXNGJ
- 4 Манойло А. В. «Фейковые новости» как угроза национальной безопасности и инструмент информационного управления // Вестник Московского университета. Серия 12. Политические науки. 2019. №2. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/feykovye-novosti-kak-ugroza-natsionalnoy-bezopasnosti-i-instrument-informatsionnogo-upravleniya>
- 5 Пешков Д. А. Кампании по дискредитации результатов выборов: сравнение на примере США и Республики Корея // Кореистика в России: направление и развитие. 2023. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kampanii-po-diskreditatsii-rezultatov-vyborov-sravnenie-na-primere-ssha-i-respubliki-koreya-1>

- 6 Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/constitution>
- 7 Смотрицкая И. И. Государственное управление в условиях развития цифровой экономики: стратегические вызовы и риски // ЭТАП. 2018. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvennoe-upravlenie-v-usloviyah-razvitiya-tsifrovoy-ekonomiki-strategicheskie-vyzovy-i-riski>
- 8 Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 г. № 63-ФЗ (ред. от 24.02.2024) // Собрание законодательства РФ. 1996 [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/10108000/?ysclid=mj48z0en3g533311251>
- 9 Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 N 195-ФЗ (ред. от 31.07.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 06.09.2025) [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/12125267/?ysclid=mj48zu4jir142537643>
- 10 Карцхия А. А., Макаренко Г. И. Правовые аспекты современной кибербезопасности и противодействия киберпреступности // Вопросы кибербезопасности. 2023. №1 (53). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pravovye-aspekty-sovremennoy-kiberbezopasnosti-i-protivodeystviya-kiberprestupnosti> (дата обращения: 13.10.2025).
- 11 Мальцева Н.Н., Новак М. В. Медиаграмотность, безопасность и социализация личности в цифровом пространстве: обзор отечественной и зарубежной аналитики // Научный результат. Социальные и гуманитарные исследования. 2023. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mediagramotnost-bezopasnost-i-sotsializatsiya-lichnosti-v-tsifrovom-prostranstve-obzor-otechestvennoy-i-zarubezhnoy-analitiki>

УДК 656.621/626

РОЛЬ РЕЧНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ОРГАНОВ СТАТИСТИКИ СТАТИСТИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ

И. А. Гришанин, Н. Г. Павлова

Волжский государственный университет водного транспорта

Введение. Речные информационные системы (РИС) выступают важным элементом в сфере управления внутренним водным транспортом. Создание и внедрение РИС реализует ставит перед собой основные задачи: возможность планирования и организации мультимодальных перевозок, повышения уровня безопасности судоходства, оптимизация перевозочного и перегрузочного процесса путем вовлечения в РИС всех его заинтересованных участников.

В процесс создания, развития и внедрения РИС вовлечены различные компании.

РИС от ООО «Морские и речные информационные системы» направлена на повышение безопасности движения на внутренних водных путях и акваториях портов в целях предотвращения аварийных ситуаций и минимизации их последствий; предоставление информации о движении судов для мониторинга безопасности; повышение эффективности движения водного транспорта; формирование информационной платформы для накопления, хранения и обработки оперативной информации по всем объектам воднотранспортной системы. Компания создала, внедрила и продолжает работу над серией уникальных интерактивных атласов, предназначенных для капитанов и владельцев маломерных судов. РИС включает в себя подсистему Автоматизированного водпоста, предназначенного для круглосуточного сбора данных с датчиков и их передачи по каналам GSM, для всего судоходства за дамбой в районе С.-Петербурга.

АО «НПП Салют» разработало свою систему, обеспечивающую безопасность судоходства на ВВП. В РИС обновляется информация по состоянию объектов водного пути, ограничениях на отдельных участках пути и возникающих проблемах. РИС предназначена для взаимодействия бассейновых администраций пути и судовладельцев, предоставляя возможность получения актуальной оперативной информации.

Кроме того, в пяти бассейновых администраций внутренних водных путей начала функционировать Автоматическая идентификационная система (АИС) от разработчика морских решений Sitronics КТ (входит в Sitronics Group) для контроля движения речных судов и предотвращения аварийных ситуаций [1].

В состав информационных сервисов (подсистем) РИС включена информационная поддержка статистики. Т. о., разрабатываемые системы вышеназванными компаниями, ставя своей главной задачей регулирование судоходства, учитывают потребность в сборе и обработке передаваемой участниками перевозочного процесса информации в целях формирования форм статистической отчетности в соответствии с законодательством Российской Федерации [2: 249].

Методы решения задачи. В настоящее время информация о перевозимых грузах и перегрузочным работам предоставляют Росморречфлоту юридические лица (кроме микропредприятий) всех ви-

дов экономической деятельности, независимо от формы собственности, осуществляющие перевозочную и перегрузочную деятельность на внутреннем водном транспорте на коммерческой основе а также юридические лица государственные учреждения, осуществляющие деятельность на внутреннем водном транспорте – ФГБУ Администрации бассейнов внутренних водных путей и «Канал имени Москвы», ФАУ «Российский Речной Регистр». Информация передается в виде разнообразных форм за разные отчетные периоды (квартал или год) в соответствии с Приказом Росстата от 03.02.2017 № 75 «Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральным агентством морского и речного транспорта федерального статистического наблюдения за деятельностью в сфере морского и внутреннего водного транспорта». Ежемесячно предприятия, осуществляющие перевозки грузов и пассажиров, представляют форму №1–река (Приказ Росстата от 31 августа 2017 г. № 564 «Об утверждении статистического инструментария для организации федерального статистического наблюдения за рыночными услугами, туризмом, транспортом и административными правонарушениями в сфере экономики») и информацию о тарифах на перевозки [3].

Ниже представлены фрагменты форм № 1–река (рис. 1) и № 11–ВТ (рис.2).

Раздел 1. Перевозки грузов внутренним водным транспортом

(с точностью до 0,1)

Наименование показателя	N строки	Единица измерения	Всего	в том числе сообщения:					
				В границах России	всего	Заграничное (международное)			
						в том числе:			
						экспорт	импорт	МИП	транзит
А	Б	В	4	5	6	7	8	9	10
Отправлено грузов - всего (сумма строк 120, 130, 140)	110	тыс т							
из них:									
судами смешанного (река-море) плавания	111	тыс т							
опасных грузов ¹	112	тыс т		X	X	X	X	X	X
Из строки 110 отправлено по видам грузов:									
Наливные грузы	120	тыс т							
из них:									
нефть	121	тыс т							
нефтепродукты	122	тыс т							
Лесные грузы в плотках	130	тыс т							
Сухогрузы (сумма строк 141 - 146, 148, 150 - 152)	140	тыс т							
в том числе:									
зерно и продукты перемола	141	тыс т							
комбикорма	142	тыс т							
уголь каменный, кокс	143	тыс т							
лесные грузы в судах	144	тыс т							
металлы черные	145	тыс т							
руда всякая	146	тыс т							
из нее железная и марганцевая	147	тыс т							
строительные грузы	148	тыс т							
из них добытые организациями внутреннего водного транспорта	149	тыс т					X	X	X
цемент	150	тыс т							
удобрения химические и минеральные	151	тыс т							
прочие грузы	152	тыс т							

Рис. 1. Форма № 1 –река – фрагмент

Субъекты и порты (пункты) Российской Федерации, иностранное государство		Наименование грузов отправления											Пассажиры, чел
отправления	назначения	Всего грузов, тыс т	в том числе:										
			нефть и нефтепродукты наливом	лесные грузы в плотках	сухогрузы	из них:							
зерно и продукты перемола	уголь каменный и кокс	лесные грузы в судах				металлы черные	строительные	удобрения химические и минеральные	прочие				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Рис. 1. Форма № 11–ВТ – фрагмент

Таким образом, формы статистической отчетности представляют собой итоговые укрупнённые данные за месяц или отчетный год без разрезов по конкретным датам или периодам, типам и видам судов, наименованиям грузов, пунктам отправления и назначения, что не позволяет осуществить глубокий анализ перевозок даже для одной судоходной компании. При этом в навигацию 2023 года деятельность в границах Волго-Балта осуществляли более 150 грузовых и пассажирских судоходных компаний [4].

Методом решения поставленной задачи является создание концепции единой РИС РФ, содержащей актуальную и достоверную базу данных по судам, грузам, линиям и рейсам, выполняемых речным флотом и другими видами транспорта в части мультимодальных перевозок, передаваемую в Росморречфлот в электронном виде в режиме on–line, а также предоставление возможности доступа к интересующей информации в рамках своей деятельности различных участников перевозочного и перегрузочного процесса на внутреннем водном транспорте.

Участники процесса:

1. ФАМРТ и другие органы государственной власти.
2. СК, ФБУ «БУ» (администрации бассейновых управлений пути).
3. Порты (погрузо-разгрузочные компании).
4. Гидросооружения.
5. Грузовладельцы.
6. Грузополучатели.
7. Обеспечивающие компании.
8. Заинтересованные юридические лица (НИИ, вузы и т.д.).

Создание единой РИС, содержащей подробную информацию о перевозках грузов и пассажиров, позволит проводить компетентным организациям глубокий и подробный анализ использования флота и портовых мощностей в РФ, рассчитывать эксплуатационные производственные и экономические показатели в различных срезах. Кроме того, РИС освободит судоходные компании от необходимости передачи дублирующих данных в бассейновые Администрации (ФБУ «БУ»).

Действующая в настоящее время технология взаимодействия судоходных компаний с ФБУ «БУ» включает в себя:

1. Компании ежедневно передают по соответствующим каналам связи информацию по отправленным рейсам и законченным рейсам в ФБУ «БУ». При этом структура данных должна позволять выявлять осуществляемые рейсы с пунктами отправления и назначения в границах действия разных ФБУ «БУ».
2. Переданная информация используется ФБУ «БУ» для расчета платы за услуги по использованию инфраструктуры ВВП в соответствии с Уставом.
3. Переданная информация может отражаться в ФБУ «БУ» в сокращенном виде (с учетом установленных требований по безопасности данных).
4. Данные по всем Компаниям собираются нарастающим итогом и передаются в органы государственной власти (ФАМРТ) на принятой регулярной основе (ежемесячно).
5. Данные передаются для анализа в подведомственные и уполномоченные организации.

Ниже приводится фрагмент информации по рейсам из ФБУ «Администрация Волжского бассейна внутренних водных путей», где в качестве пункта назначения укрупненно и формально указывается Онежское озеро (рис.3).

Вверх/вниз	Судно	Дата отправления	Пункт отправления	Пункт назначения	Дата прибытия	Груз	Количество груза
вверх	Смирнов Астафий (Ок	27.04.2019	Кинешма	Онежское озеро	28.04.2019	Лес круглый	1134
вверх	Новочеркасск	29.04.2019	Чебоксары	Онежское озеро	02.05.2019	Порожнем	
вверх	ОК-68	29.04.2019	40 год/ Октября (затон)	Онежское озеро	01.05.2019	Порожнем	
вверх	Алдан (Форвард Речф	29.04.2019	Калинина им/ затон	Онежское озеро	01.05.2019	Порожнем	

Рис. 3. Информация о рейсе

ФБУ «БУ», обеспечивая судоходство в зоне своей ответственности, не учитывают информацию о части рейса, выходящей за ее пределы. В данном случае, судоходство в границах Беломорско-Онежского бассейна лежит в зоне ответственности ФБУ «Администрация «Беломорканал». Кроме того, формирование таких данных осуществляется в ручном режиме, не дающем гарантий качества информации.

Данную проблему решает создаваемая отраслевым сообществом РИС, которая позволит на основании информации о рейсах формировать качественную базу для решения различных задач, в частности и для начисления платежей за использование водных путей в зоне своей ответственности.

Выводы. Информационная платформа РИС позволит формировать организациям, осуществляющим деятельность на внутреннем водном транспорте, отчетные формы для Федеральной службы государственной статистики в автоматическом режиме строго в установленные сроки и с определенной законодательством периодичностью, гарантируя при этом актуальность, достоверность и полностью передаваемой информации.

РИС предоставит возможность заинтересованным организациям в рамках своих полномочий осуществлять глубокий анализ самой деятельности и ее результатов, формировать предложения по повышению эффективности перевозочного процесса на внутреннем водном транспорте.

РИС предоставит грузоотправителям, грузополучателям, логистическим, транспортно-экспедиторским, агентским и брокерским компаниям основу для эффективного взаимодействия при поиске грузов и их транспортировке, позволит находить транспортные компании для мультимодальных перевозок, что приведет к дальнейшему развитию перспективных перевозок смешанными видами транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 URL: <https://morflot.gov.ru/novosti/lenta/rosmorrechflot-obespechIT-dopolnitel-nymi-bazovymi-stantsiyami-ais-pyat-basseinovykh-administratsii-vnutrennikh-vodnykh-putei/> (дата обращения 01.10.2025).
- 2 Уртминцев Ю.Н. «Речные информационные системы как фактор повышения эффективности работы внутреннего водного транспорта», Научные проблемы водного транспорта №80 (3), 2024.
- 3 Приказ Росстата от 20.10.2021 № 725 «Об утверждении формы федерального статистического наблюдения для организации федерального статистического наблюдения за тарифами на грузовые перевозки внутренним водным транспортом» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/403078335/?ysclid=mj49505vkl376625727>
- 4 URL: <https://portnews.ru/comments/3430/> (дата обращения 01.10.2025).

УДК 656.621/.626

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕЧНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

И. А. Гришанин, Н. Г. Павлова

Волжский государственный университет водного транспорта

Введение. Цифровизация управления транспортным комплексом, перевозками грузов и пассажиров различными видами транспорта является частью стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ [1]. Внедрение программного обеспечения (ПО) речной информационной системы (РИС) в бассейне европейской части России, намеченное на ближайшие годы, показывает результат реализации данной стратегической программы [2].

Тестирование программного продукта представляет собой один из обязательных этапов разработки программного обеспечения.

Тестирование позволяет проанализировать цифровой сервис РИС на качество, выражающееся в соответствии установленным к ней требованиям и дать адекватную оценку, представляющую потенциальным пользователям гарантии надежной, стабильной и адекватной работы сервиса, т.к. отсутствие тестирования делает качество ПО неопределенным. Качество в свою очередь отражает соответствие результатов работы заложенным критериям и достигается валидацией и верификацией на каждом этапе разработки.

Тестирование осуществляется в соответствии с Регламентом проведения тестирования ПО, содержащим цели, стратегию, вопросы организации процесса тестирования.

Главными целями тестирования РИС являются:

- обеспечение соответствия требованиям к пользовательскому интерфейсу и коду – позволяет проверить, насколько система соответствует стандартам, спецификациям, шаблонам проектирования, обеспечивая наличие дружественного интерфейса и пользовательских сценариев;
- обнаружение ошибок – позволяет выявить логические ошибки и ошибки выполнения в работе отдельных подсистем РИС, предотвращает программные сбои и обеспечивает надежную и корректную работу, стабильно возвращает ожидаемые результаты, таким образом обеспечивая гарантии качества программного продукта;
- повышение производительности – дает возможность оценки производительности ПО РИС, выявить проблемные места, замедляющие скорость работы программного комплекса.

В процессе выполнения тестирования учитывается ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010–2015 «Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов».

При проведении тестирования РИС следует учитывать отдельные аспекты:

- тестирование программного обеспечения может показывать не только наличие логических ошибок, допущенных при проектировании многофункциональной РИС, но и их отсутствие;
- исчерпывающее тестирование с учетом всех действий пользователей РИС, в т.ч. заранее некорректных, различных сочетаний ввода и вывода данных, работы оборудования выполнить невозможно;
- при многократном выполнении одних и тех же комплектов тестовых сценариев новые ошибки не будут обнаруживаться.

Методы решения задачи. При анализе качества разработанной РИС возникает необходимость в проведении следующих видов тестирования:

1. Функциональное тестирование. Данный вид подразумевает проверку правильности решения программным обеспечением пользовательских задач. Анализируется интерфейс прикладной программы: проверка входных данных, выполнение операций и проверка вывода; проверка взаимодействия с другими системами и компонентами программы и сервисами работы по различным сценариям использования; тестирование механизмов авторизации и аутентификации и прав доступа к различным сервисам; проверка правильности обработки исключений; проверка работы при повышенных нагрузках (пропускной способности и производительности); проверка меры безопасности, уязвимостей безопасности для предотвращения утечки данных или несанкционированного доступа; анализ стабильности и надежности работы приложения в связи с потенциальными атаками и нарушениями безопасности [3].

2. Тестирование производительности. Оценивает быстродействие программного обеспечения, способность работы в различных условиях, таких как одновременное максимальное количество разнообразных запросов к системе, обработка больших объемов информации, проблемы технических средств.

3. Интерфейсное и юзабилити тестирование. Тестирование и проверка взаимодействия системы с пользовательским интерфейсом, удобства работы с прикладной программой.

Цель функционального тестирования – убедиться, что продукт соответствует нужной функциональной спецификации. Оно игнорирует внутренние механизмы системы или ее компоненты, концентрируется исключительно на выходных данных, полученных в ответ на пользовательский или автоматический ввод данных.

Функциональное тестирование, определяя качество программного продукта, подразумевает проверку ключевых сценариев:

- позитивные сценарии – проверка реакции программы при вводе всех запрашиваемых данных и получении корректного результата;
- негативные сценарии – поведение программы на ввод или получении с судовых навигационных и других датчиков некорректных входных данных, их полное или частичное отсутствие.

Пример сценария функционального тестирования передаваемых с судна данных (параметров) при диспетчерском регулировании судов на внутренних водных путях в части валидации всех обязательных полей по нормативам, справочникам и прогнозным значениям в соответствии с «Порядком диспетчерского регулирования движения судов на внутренних водных путях РФ» [4] приведен в табл.

Таблица

Верификация передаваемых с судна данных

Параметр	Проверка
Дислокация судна	Соответствие ранее переданным данным с учетом факторов: характеристика участка водного пути, скорость течения, навигационная обстановка, техническая скорость движения судна, нормативы по грузо–разгрузочным работ, времени шлюзования, метеорологических условий
Название и классе судна, судовладелец, арендатор, габариты и техническое состояние судна, максимальная осадка, пункты отправления и назначения, род и количество груза, количество пассажиров	Допустимые, критические значения в соответствии проектом и особенностями судна
Установленные судну ограничения по ветро–волновому режиму и ледовым условиям плавания	Допустимые, критические значения в соответствии проектом и особенностями судна
Дата и время выхода судна в рейс из пункта отправления	Соответствие ранее переданным данным и соответствие рейсовому плану
Предполагаемое время прибытия в пункт назначения	Соответствие ранее переданным данным и соответствие рейсовому плану

В проверку данных о дислокации судна может быть заложен алгоритм расчета:

- по полученным данным по ранее выполненным рейсам данного судна – по средней скорости на текущем участке водного пути с учетом загрузки судна, путевых условий;
- по скорости движения судов данного проекта (с грузом и порожнем) и учетом внешних факторов.

Верификация переданных данных при сбоях в работе технических средств и невозможности передачи данных в автоматическом режиме становится особенно актуальной.

Вся передаваемая информация также подлежит проверке на допустимость отрицательных значений в числовых полях при их наличии, возможность скачивания и открытия загруженных файлов пользователем, почтовой функциональности системы.

Функциональное тестирование также подразумевает анализ совместимости различных информационных систем и технологий, используемых всеми субъектами взаимодействия (судоводители; операторы системы управления движением судов; диспетчеры портов и причалов, операторы терминалов, капитаны рейдов; администраторы шлюзов, мостов, переправ; администрация бассейна и ее филиалы; технические и аварийные службы; государственные контролирующие и административные органы; судоходные компании, судовладельцы, агенты, грузоотправители и грузополучатели), что сводится к проверке корректной работы сценариев поведения сервисов под различными браузерами, точности отображения шрифтов, рисунков, таблиц.

Проектирование РИС предусматривает использование системы управления базой данных и хранение информации в реляционной базе данных (БД).

Необходимость тестирования БД в рамках функционального тестирования обуславливается:

- наличием CRUD–операций (ввод, вывод, обновление, удаление записей по объектам (суда, грузы и пр.) и событиям (дислокация, шлюзование, операции погрузки/выгрузки и пр.);
- загрузкой данных из различных источников;
- наличием финансовой информации (тарифы, доходы и пр.);
- наличием клиентской и серверной части программного обеспечения, что требует соответствия данных на компьютере клиента с данными на сервере.
- наличием транзакций.

Выводы. Результаты функционального тестирования РИС позволяют:

1. Получить информацию о наличии и серьезности обнаруженных ошибок, их влиянии на работоспособность системы и своевременно их устранить.
2. Ликвидировать проблемы, связанные с несоответствием разрабатываемого ПО предъявляемым требованиям или требованиям к разработке.
3. Гарантировать получение и обработку валидных данных по судну и его дислокации, грузопотокам и линиям.
4. Снизить риски бизнеса различных участников перевозочного и перегрузочного процесса на внутреннем водном транспорте, связанных с качеством разработанного ПО.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение Правительства РФ от 3 ноября 2023 г. № 3097–р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 г.». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407851313/?ysclid=mj4972ux9x784263669>
- 2 URL: <https://portnews.ru/news/370230/> (дата обращения 01.10.2025)
- 3 URL: <https://rsv.ru/blog/funkczionalnoe-testirovanie-i-ego-rol-v-razrabotke-programmnogo-obespecheniya/> (дата обращения 01.10.2025)
- 4 Приказ Минтранса РФ от 1 марта 2010 г. N 47 «Об утверждении Порядка диспетчерского регулирования движения судов на внутренних водных путях Российской Федерации». URL: <https://base.garant.ru/198140/?ysclid=mj4989ts7r736807474>

УДК 656.078

ВОПРОСЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОСТОЧНОГО ПОЛИГОНА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

А. А. Елизарьева, Галбадрах Болд-Эрдэнэ, В. А. Оленцевич

Иркутский государственный университет путей сообщения

Введение. Модернизация транспортной инфраструктуры в России ставит акцент на устранение узких мест и повышение уровней пропускной и провозной способностей, что напрямую влияет на уровень доступности удалённых регионов и эффективность производства транспортно-логистических операций. Ключевыми проектами, способствующими данному процессу, являются: усиление автомагистрали М–12, развитие морских и речных портов Дальнего Востока, ликвидация лимитирующих участков на Байкало-Амурской и Транссибирской железнодорожных магистралях с развитием пропускных и провозных способностей до перспективных значений 2035 года. Данные элементы логи-

стической системы обеспечивают улучшение связности производителей продукции с ее потребителями, позволяют сократить сроки доставки грузов, что, в свою очередь, повышает экономическую эффективность и устойчивость логистических процессов [1, 2].

Транспортная логистика – важнейший элемент экономики, обеспечивающий эффективное перемещение товаров и услуг. Система логистики не ограничивается только физической транспортировкой товаров; эффективная транспортно-логистическая инфраструктура – это комплексное решение, включающее взаимодействие всех элементов системы. Подобный подход позволяет создать условия для конкурентоспособного снижения затрат и увеличения доходности всех участников транспортно-логистических процессов [1–5].

Проведенный анализ показал, что в послепандемный период российская железнодорожная транспортная логистика при работе на международных и внутреннем транспортном рынках сталкивается с трудностями, решение которых возможно путем применения только комплексного подхода.

Ключевая проблема – дефицит инфраструктурного комплекса, способного пропустить перспективный грузопоток на восточном направлении страны. Данные факторы способствуют завышению норм времени по доставке груза, приросту расходов на формирование логистических схем. Проблемы формирования оптимальной системы логистики на Восточном полигоне также вызваны:

- высокими затратами на организацию и реализацию перевозочного процесса в рамках работы полигона, которые сформированы высокой стоимостью необходимых материалов и топлива в регионах Сибири и дальнего Востока;
- отсутствием конкуренции со стороны других видов транспорта, по причине отсутствия или низкого качества инфраструктуры для их бесперебойной работы;
- бюрократией в системе организации и продвижения документооборота при работе на пограничных переходах и морских портах, что увеличивает время нахождения под технологическими операциями на данных пунктах;
- низкой квалификацией специалистов в сфере логистики, «просевшими» компетенциями, кадровым «голодом» по рабочим профессиям, сокращением, делегированием обязанностей, низким уровнем оплаты труда.

Выявлены проблемы показали, что с целью устранения «узких» мест транспортным компаниям и операторам, осуществляющим свою деятельность в рамках функционирования Восточного полигона необходимо не только проводить мероприятия по модернизации и расширению инфраструктурного комплекса, обновлению подвижного состава, но и широко внедрять цифровые форматы в перевозочную и логистическую деятельность.

Вопросы модернизации транспортной инфраструктуры.

Роль транспорта действительно высока вне зависимости от времени и общества в целом. Транспортная инфраструктура Восточного полигона железных дорог является ключевым элементов успешного развития современной рыночной среды. Железнодорожный транспорт занимает важное место в развитии промышленных корпораций, сельского хозяйства, горнодобывающей отрасли Сибири и Дальнего Востока страны. Учеными доказано, что любая компания, действующая на рынке, находится в тесном взаимодействии с внешней средой и во многом от нее зависит. Производитель получает необходимое сырье, комплектующие и материалы от поставщиков с использованием транспорта и его инфраструктуры, далее производя и поставляя готовую продукцию потребителю через транспортные компании и по их инфраструктуре. Формируя тем самым маршруты следования груза.



Рис. 1. Схема загруженности инфраструктуры с участками пропуска

Разработка оптимальных маршрутов транспортировки служит одним из ключевых принципов транспортной логистики, поскольку именно процесс формирования маршрута лежит в основе сроков доставки, определяет возможные риски повреждения груза, подвижного состава и транспортной инфраструктуры, оказывая тем самым значительное влияние на ее провозные и пропускные мощности. На рис. 1 представлена схема загруженности инфраструктурного комплекса Восточного полигона с учетом работы пограничных переходов, морских и речных портов из расчета на 1 млн вагонов.

Организация перевозочного процесса на восточном полигоне происходит в условиях увеличения объема перевозок, рост которых значительно превзошел планируемые ранее параметры. Дороги работают на пределе допустимых коэффициентов использования инфраструктуры [1, 3, 6].

Из рис. 1 и проведенного расчета можно утверждать, что лимитирующими участками являются:

- Мариинск – Боготол, коэффициент заполнения 1,08;
- Чернореченская – Бугач, коэффициент заполнения 1,09;
- Бугач – Красноярск, коэффициент заполнения 0,998;
- Красноярск–Северный – Красноярск–Восточный, коэффициент заполнения 0,94;
- Красноярск–Восточный – Уяр, коэффициент заполнения 1,02;
- Уяр – Заозерная, коэффициент заполнения 1,37;
- Заозерная – Канск–Енисейский, коэффициент заполнения 1,05;
- Канск–Енисейский – Юрты, коэффициент заполнения 0,99;
- Слюдянка I – Слюдянка II, коэффициент заполнения 1,11;
- Большой Луг – Слюдянка II, коэффициент заполнения 1,09;
- Лесная – Чита II, коэффициент заполнения 1,01;
- Ерофей Павлович – Уруша и Уруша – Штурм, коэффициент заполнения 1,20;
- Горелый – Сковородино, коэффициент заполнения 1,13;
- Сковородино – Магдагачи, коэффициент заполнения 1,1;
- Магдагачи – Ушумун, коэффициент заполнения 1,17;
- Белогорск II – Завитая, коэффициент заполнения 1,23;
- Буряя – Архара, коэффициент заполнения 1,00;
- Хабаровск II – Вяземская коэффициент заполнения 1,2;
- Вяземская – Бикин коэффициент заполнения 0,88;
- Бикин – Лучегорск коэффициент заполнения 0,78;
- Лучегорск – Дальнереченск I коэффициент заполнения 0,83;
- Дальнереченск I – Ружино коэффициент заполнения 0,94;
- Ружино – Сибирцево коэффициент заполнения 1;
- Сибирцево – Дубининский коэффициент заполнения 0,86;
- Дубининский – Уссурийск коэффициент заполнения 0,86;
- Барановский – Амурский Залив коэффициент заполнения 0,94;
- Амурский Залив – Угловая коэффициент заполнения 0,49;
- Угловая – Смоленниново коэффициент заполнения 0,92;
- Находка – Мыс Астафьева коэффициент заполнения 0,91.

Проведенный анализ показал, что ключевыми факторами, оказывающими влияние на вывоз груза с инфраструктурного комплекса Восточного полигона и ограничивающими его пропускные и провозные мощности стали:

- предоставление технологических «окон» для модернизации и сооружения новой инфраструктуры, реализации программ по оздоровлению основных фондов отдельных хозяйств;
- рост поставок на пограничные переходы Забайкальск и Наушки;
- нестабильная работа сервисных компаний по обслуживанию локомотивного парка и сторонних организаций по обслуживанию инфраструктуры и подвижного состава;
- потери, связанные с природно-климатическими условиями, в т. ч. ввиду неприема грузов морскими и речными портами.

В качестве положительных факторов, оказывающих влияние на прирост поездопотока отмечены: вождение грузовых поездов массой 7000 тонн и 8000 тонн; формирование соединенных и виртуально–сцепленных поездов. Программа модернизации транспортной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог охватывает большое количество объектов, включая критически важные транспортные узлы и ключевые маршруты, оптимальная работа которых способствует улучшению функционирования логистической цепи [1, 3, 4].

Важным компонентом модернизации инфраструктурного комплекса Восточного полигона железных дорог является создание транспортно-логистических центров, которые помогают оптимизировать процесс обработки грузов. Подобные центры не только облегчают взаимодействие между раз-

личными видами транспорта, но и способствуют развитию новых бизнес-моделей в логистике. Ожидается, что создание высокотехнологичных и интегрированных логистических платформ поможет увеличить гибкость и адаптивность транспортной сети к изменяющимся условиям на рынке [3–5].

К тому же, использование современных технологий, таких как цифровые комплексы управления движением, системы мониторинга продвижения и состояния грузопотоков, обеспечат улучшение уровня сервиса и безопасность доставок. Внедрение подобных технологий позволяет повысить управление цепочкой поставок и улучшить качество обслуживания клиентов. Применение искусственного интеллекта и автоматизации процессов производства будет способствовать более эффективной работе транспортной инфраструктуры, снижая вероятность ошибок и задержек [4–7].

Одним из важнейших аспектов модернизации является интеграция различных видов транспорта и услуг. Нарастанием терминально-складского потенциала и развитием мультимодальных перевозок возможно значительно снизить затраты на логистику и прирастить её качественные значения.

Не менее важным аспектом является активное сотрудничество государств и частного сектора, что позволит эффективно привлекать инвестиции в развитие транспортной инфраструктуры Восточного полигона. Государственные программы, направленные на финансирование и развитие транспортной системы, будут способствовать созданию благоприятных условий для ведения бизнеса и увеличения объема грузоперевозок [8–13].

Перспективы развития транспортно-логистической деятельности на Восточном полигоне связаны с возможностью внедрения комплексного подхода, который позволит интегрировать различные элементы логистических цепей России и стран Азии. Модернизация инфраструктуры, безусловно, является ключевым направлением, которое должно быть поддержано государственными инициативами. Упрощение законодательства и снижение бюрократических барьеров также могут значительно улучшить ситуацию в отрасли [2, 12, 13].

Образование и повышение квалификации специалистов в области логистики играют важную роль в развитии транспортной логистики. Необходимость создания образовательных программ, которые будут соответствовать современным требованиям рынка, становится все более актуальной. Это позволит подготовить квалифицированные кадры, способные эффективно решать задачи, стоящие перед транспортной отраслью [14–17].

Государственные инициативы в развитии транспорта в целом также могут оказать значительное влияние на улучшение ситуации в области транспортной логистики. Инвестиции в инфраструктуру, поддержка инновационных проектов и развитие партнерства между государством и частным сектором могут стать основой для создания эффективной и конкурентоспособной транспортной системы.

Заключение.

В представленной статье авторы доказали, что транспортная логистика на Восточном полигоне железных дорог имеет как серьезные проблемы, так и значительные перспективы для развития. Комплексный подход к решению существующих проблем, модернизация инфраструктурного комплекса, цифровизация перевозочной деятельности, повышение квалификации специалистов и активное участие государства в развитии транспортной отрасли могут привести к созданию эффективной логистической системы, способной удовлетворить потребности экономики и общества в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Российские железные дороги // ОАО «РЖД»: сайт. URL: <http://www.rzd.ru> (Дата обращения 10.08.2025).
- 2 Социально-экономические механизмы на транспорте : к 50-летию Иркутского государственного университета путей сообщения, 90-летию Департамента по организации, оплате и мотивации труда ОАО «РЖД» (ЦЗТ) и 120-летию Дорпрофжел : монография / [Н. А. Андреева, Н. А. Анисимова, Н. А. Афанасьева [и др.], под ред. М. В. Вихоревой : КриЖТ ИрГУПС. Красноярск : КриЖТ ИрГУПС, 2025. 236 с.
- 3 О перспективах развития железнодорожного транспорта : аналит. материалы к «Правительственному часу» в Государственной Думе 13 марта 2024 года / Белозеров О.В. и др. URL : https://parlib.duma.gov.ru/common/upload/document_pravchas/gh13032024_s.pdf (Дата обращения 12.10.2025).
- 4 Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27.11.2021 г. № 3363-р. Доступ из справ.-правов. системы КонсультантПлюс в локал.
- 5 Иванкова Л. Н., Иванов А. Н., Волкова С. Г. Формирование опорной сети транспортно-логистических комплексов // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. Москва, 2022. С. 177–183.
- 6 Гозбенко В. Е., Громышова С. С., Белоголов Ю. И. Анализ и исследование факторов, влияющих на безопасность движения // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы развития: сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции. Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. 2019. С. 149–155.

- 7 Добрынина Д. С., Власова А. Н., Оленцевич А. А., Белоголов Ю. И. Направления развития и совершенствования перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Доставка грузов «точно в срок» // Молодая наука Сибири. 2019. № 1 (3). С. 39–47.
- 8 Григорьева Н. Н., Асташков Н. П., Оленцевич В. А. Формирование новых принципов и моделей работы структурных подразделений отрасли в условиях внедрения цифровых технологий // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2020. № 1 (65). С. 156–165.
- 9 Ермоленко И. Ю., Морозов Д. В., Асташков Н. П. Влияние продольных нагрузок на безопасность движения при эксплуатации на горно-перевальных участках пути // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 2 (82). С. 104–111.
- 10 Динец Д. А., Сокольников М. А., Ломаченко С. С. Технологии и финансы: четвертый и пятый технологические уклады // Инновации и инвестиции. 2016. № 11. С. 2–8.
- 11 Бубнов В. А. Регион как объект управления в рыночной экономике // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2012. № 3 (43). С. 147–150.
- 12 Бубнов В. А. Проблемы развития Сибирского федерального округа в условиях перехода к инновационному развитию российской экономики // Вестник университета. 2011. № 15. С. 99–105.
- 13 Бубнов В. А. Методика определения экономической привлекательности региона на примере регионов сибирского федерального округа // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2010. № 6. С. 50–53.
- 14 Akhmetshin A. R., Suslov K. V., Astashkov N. P., Olentsevich V. A., Shtayger M. G., Karlina A. I. Development of the performance control algorithm of the blower motors of electric locomotives for various operating modes // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference: Actual Issues of Mechanical Engineering (AIME 2020). 2021. С. 012001.
- 15 Власова Н. В., Оленцевич В. А. Этапы формирования маркетинговой стратегии управления терминально-складским комплексом ОАО «Российские железные дороги» с целью достижения максимальных результатов продвижения транспортных услуг и привлечения клиентов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 2 (74). С. 163–174.
- 16 Власова Н. В., Оленцевич В. А., Асташков Н. П. Прогнозные значения обращений по наиболее прогрессивным каналам привлечения клиентов с учетом влияния транспортного рынка // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2021. № 4 (72). С. 169–178.
- 17 Иванкова Л. Н., Иванков А. Н., Фуфачева М. В. Учет задержек длинносоставных поездов под обгонами при выборе оптимальной этапности удлинения станционных путей // Железнодорожный транспорт. 2008. № 2. С. 24–26.
- 18 Сущность и функции транспортной логистики [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-funktsii-transportnoy-logistiki> (Дата обращения: 10.10.2025).
- 19 Логистика нестандартных решений [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. – 27.12.2023. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6424792> (Дата обращения: 10.10.2025).

УДК 658.78

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В СИСТЕМЕ ОПТОВОЙ ТОРГОВЛИ

С. С. Еремёнок¹, А. В. Глотко²

¹Сибирский государственный университет путей сообщения

²Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецовка

Введение. В современных условиях развития рынка и усиления конкуренции особую значимость приобретает эффективная организация логистической деятельности предприятия. Для компаний, специализирующихся на оптовой торговле скоропортящимися товарами, такими как цветы и растения, грамотное построение логистических процессов становится определяющим условием конкурентоспособности.

Материалы и методы. В современных условиях развития рыночной экономики и глобализации бизнеса вопросы эффективного распределения товаров приобретают особую актуальность. Система распределения товаров является одним из ключевых элементов логистической цепи, обеспечивающей бесперебойное движение продукции от производителя к конечному потребителю. От качества организации этой системы зависит не только успешность бизнеса, но и удовлетворенность потребителей, их лояльность и, как следствие, конкурентоспособность компании на рынке.

В структуру системы распределения входят: участники каналов, логистическая инфраструктура, управленческие процессы, информационные системы [1].

Принципы построения эффективных систем распределения [2]:

- гибкость системы распределения подразумевает её способность адаптироваться к изменениям спроса, рыночным трендам и внешним условиям;
- оптимизация издержек;
- скорость выполнения операций;
- надёжность системы обеспечивается за счет сохранности грузов – использование качественной упаковки и страхования, соблюдения сроков – резервирование транспорта и дублирование ключевых процессов, мониторинга рисков – прогнозирование и предотвращение сбоев.

Подробные исследования мы провели на базе московской средней компании (далее – Компания). Основным видом деятельности компании является оптовая торговля цветами и растениями. В рамках деятельности агентов по оптовой торговле цветами и растениями Компания выступает посредником между производителями и конечными потребителями, расширяя рынок сбыта и обеспечивая доступ к широкому ассортименту продукции. Компания располагает современными складскими помещениями, оснащенными системой контроля температуры и влажности, что позволяет создать оптимальные условия для хранения различных видов продукции. Логистическая система Компании представляет собой сложный механизм, включающий в себя управление потоками продукции от ведущих мировых производителей до конечных потребителей, организацию складского хозяйства, транспортировку и распределение товаров по всей территории России. Ассортимент Компании включает в себя следующую продукцию: срезанные цветы, горшечные цветы, товары для декора. Компания имеет склады в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Тюмени.

Анализ полученных результатов. Совершенствование распределительной сети Компании способствует повышению эффективности логистических операций, снижению издержек и обеспечению бесперебойных поставок. Для предложенного мероприятия будет рассмотрен вариант создания хаба в городе Иркутск. Преимущества выбора именно этого города для открытия нового РЦ заключается в следующем:

- в данную область доставляется больше продукции, чем в любой из соседних населенных пунктов,
- географическое положение. Иркутск находится в центре пересечения транспортных магистралей Сибири и Дальнего Востока. Является естественным транзитным узлом между западными и восточными регионами России,
- динамично развивающийся регион с растущим спросом на логистические услуги,
- развитая складская инфраструктура,
- приграничное расположение Иркутска. Расстояние до провинции Юньнань (крупнейший производитель цветов в Китае) существенно меньше, чем до других российских городов. Возможность организации прямых поставок из Китая.

Предложенное мероприятие имеет следующие преимущества:

- 1) реорганизация зон ответственности существующих РЦ: Иркутск – Дальний Восток и Восточная Сибирь; Новосибирск – Западная Сибирь и Урал;
- б) сокращение сроков и стоимости доставки для Дальнего Востока и Восточной Сибири,
- в) снижение риска порчи цветов за счет сокращения времени транспортировки,
- г) возможность организации мультимодальных перевозок.

Таким образом, Иркутск обладает уникальным набором преимуществ, которые делают его оптимальным выбором для создания нового распределительного хаба по сравнению с другими городами региона.

Оптимизация маршрутов доставки способствует снижению логистических издержек и повышению эффективности доставки за счет совершенствования маршрутной сети. В виду выбора Иркутска как нового РЦ появляется необходимость пересмотра маршрутов доставки для Восточной Сибири и Дальнего Востока. Для оптимизации маршрутов доставки будет предложен переход на железнодорожный вид транспорта и произведено сравнение его с другими видами транспорта.

Развитие мультимодального международного маршрута по направлению Китай – Россия способствует оптимизации логистических процессов и повышению конкурентоспособности торговых операций.

При выборе Иркутска как нового РЦ также учитывалось его пограничное расположение. Иркутск находится в выгодном географическом положении к двум крупным пограничным переходам: Наушки – Сухэ-Батор (Монголия) – Замин Ууд – Эрлян (КНР); Забайкальск – Маньчжурия (КНР).

Реализация разработанных мероприятий позволит создать современную, гибкую и эффективную логистическую систему, способную обеспечить бесперебойные поставки продукции с минимальными издержками и высоким уровнем сервиса. Особое внимание при внедрении следует уделить поэтапному характеру преобразований и обеспечению бесперебойности работы в переходный период.

Для обоснования выбора между арендой и покупкой склада необходимо провести комплексный анализ, учитывающий финансовые, операционные и стратегические факторы. В таблице 1 представлена структура исследования методики определения выбора между арендой и покупкой склада.

Таблица 1

Структура исследования методики определения выбора между арендой и покупкой склада

Параметр	Аренда	Покупка
Первоначальные затраты	Залог (3–6 мес. аренды)	Стоимость объекта + регистрация (10–15% от цены)
Ежемесячные расходы	Арендная плата, коммунальные услуги	Кредитные платежи, налоги, ремонт
Гибкость	Возможность смены локации	Привязка к объекту
Контроль над объектом	Ограниченный (требуется согласование изменений)	Полный (модернизация, перепланировка)
Риски	Рост арендной ставки, расторжение договора	Падение стоимости недвижимости, износ объекта

Выбор площади склада должен быть экономически и логистически обоснован. Выбор площади должен быть обоснован следующим образом: объем товарооборота, резерв под сезонность (пик продаж перед праздниками), холодильных камер (занимают 30% площади), зон приемки/отгрузки (15 % площади).

В таблице 2 представлен расчет требуемой площади на основе анализа грузопотоков и норм хранения цветочной продукции.

Таблица 2

Расчет требуемой площади на основе анализа грузопотоков и норм хранения цветочной продукции

Параметр	Значение	Расчет
Годовой грузооборот по ДФО и Восточной Сибири	26 600 тонн	Среднесуточный грузооборот – $26\,600 \text{ тонн/год} / 365 \text{ дней} = 73 \text{ тонн/день}$
Средний срок хранения	5 дней	Средний запас на складе – $73 \text{ тонн/день} \cdot 5 \text{ дней} = 365 \text{ тонн}$
Пиковый запас (праздники)	+50% к среднему запасу	$365 \text{ тонн} \cdot 1.5 = 546 \text{ тонн}$
Норма хранения	0,8 м ² /тону (с учетом проходов и зон обработки)	–
Требуемая площадь	440 м ²	$546 \text{ тонн} \times 0,8 \text{ м}^2/\text{тону}$
Резервная площадь	90 м ² (20%)	$440 \text{ м}^2 \cdot 0.2 = 90 \text{ м}^2$
Общая требуемая площадь	530 м ²	$440 \text{ м}^2 + 90 \text{ м}^2 = 530 \text{ м}^2$

На основании вычислений в таблице 2, представляется обоснованным открытие РЦ с суммарной площадью в 1 000 м².

Далее рассмотрим параметры открытия склада 1 000 м²: стоимость покупки 6 млн руб., арендная ставка – 3 млн руб./год, срок реализации проекта 10 лет, ставка дисконтирования – 12 % (средняя стоимость капитала компании).

Расчет первоначальных инвестиций при покупке склада представлен в таблице 3.

Таблица 3

Расчет первоначальных инвестиций

Статья затрат	Сумма, руб.
Стоимость склада	6 000 000
Холодильные установки	6 500 000
Стеллажи	7 000 000
Погрузочная техника	5 000 000
WMS–система	3 000 000
Ремонт и подготовка	6 000 000
Итого первоначальные инвестиции	33 500 000

Расчет ежегодных операционных расходов при покупке склада представлен в таблице 4.

Таблица 4

Расчет ежегодных операционных расходов при покупке склада

Статья затрат	Сумма, руб.
Амортизация	600 000
Налоги на имущество	302 500
Коммунальные платежи	500 000
Текущий ремонт	250 000
Охрана	1 000 000
Заработная плата персонала	3 000 000
Итого	5 652 500

Расчет ежегодных операционных расходов при аренде склада представлен в таблице 5.

Таблица 5

Расчет ежегодных операционных расходов при аренде склада

Статья затрат	Сумма, руб.
Арендная плата	3 000 000
Коммунальные платежи	500 000
Ремонт и обслуживание	300 000
Охрана	1 000 000
Заработная плата персонала	3 000 000
Итого	7 800 000

Таким образом, на основании проведенных расчетов, можно сделать вывод о значительных первоначальных инвестициях, необходимых для приобретения склада площадью 1 000 м², которые составляют 33,5 млн руб. При этом ежегодные операционные расходы при покупке склада оцениваются в 5,65 млн руб., включая амортизацию, налоги, коммунальные платежи и заработную плату персонала.

В альтернативном сценарии аренды склада, первоначальные инвестиции значительно сокращаются, однако ежегодные операционные расходы возрастают до 7,8 млн руб., что обусловлено включением арендной платы.

Амортизация склада составляет 600 тыс. руб. при стоимости склада 6 млн руб. и сроке амортизации 10 лет.

Амортизация оборудования:

- холодильные установки: $6\,500\,000 / 10 = 650\,000$ руб.,
- стеллажи: $7\,000\,000 / 10 = 700\,000$ руб.,
- погрузочная техника: $5\,000\,000 / 10 = 500\,000$ руб.,
- WMS-система: $3\,000\,000 / 5 = 600\,000$ руб. (предполагаемый срок службы 5 лет).

Итого амортизация оборудования составит: $650\,000 + 700\,000 + 500\,000 + 600\,000 = 2\,450\,000$ руб.

Среднегодовая стоимость имущества составит: $(6\,000\,000 + 6\,500\,000 + 7\,000\,000 + 5\,000\,000 + 3\,000\,000) / 2 = 13\,750\,000$ руб. Ставка налога = 2,2 %. Налог на имущество составит: $13\,750\,000 \cdot 0,022 = 302\,500$ руб.

На основании представленных данных проведем сравнительный анализ вариантов аренды и покупки склада площадью 1 000 м² для Компании и определим, какой вариант более выгоден. В таблице 6 представлен расчет расходов на 10-летний период.

Таблица 6

Расчет расходов на 10-летний период

Статьи расходов	Аренда, руб.	Покупка, руб.	Экономическая эффективность, руб.
Ежегодные расходы	7 800 000	5 650 000	21 500 000
Первоначальные инвестиции	–	33 500 000	33 500 000
Расходы с учетом 10 лет	78 000 000	90 000 000	12 000 000

Несмотря на то, что аренда в первые 10 лет, дешевле (разница в 12 млн руб.), покупка склада является стратегически более выгодным решением. Долгосрочная экономия (после 10 лет): при аренде ежегодные расходы продолжают бесконечно и растут (инфляция, повышение ставок), при покупке после 10 лет основные затраты – только обслуживание (коммунальные услуги, ремонт). Если арендная плата вырастет до 350 руб./м² (на 40 % за 10 лет), то с 11-го года аренда будет стоить 4 200 000 руб./год против 5 650 000 руб. при покупке. Приобретение складского комплекса рассматривает-

ся как инвестиция в недвижимое имущество, которое может быть реализовано в будущем (например, через 10 лет по рыночной стоимости). Также может служить обеспечением для получения кредитных средств. В случае роста стоимости недвижимости на 5 % в год, через 10 лет стоимость склада может составить около 9 800 тыс. руб. (вместо первоначальных шесть млн руб.).

Следующим преимуществом покупки РЦ является защита от рисков, связанных с арендой. При увеличении арендной ставки до 300 руб./м² (на 20 %) через пять лет годовые расходы возрастут до 3 600 тыс. руб., а за 10 лет составят 42 млн руб. (в отличие от 78 млн руб. по исходным расчетам).

Другим негативным фактором является прекращение арендного соглашения. Арендодатель имеет право не продлевать договор, что может привести к сбоям в логистической цепи.

Ежегодные амортизационные начисления, составляющие 600 тыс. руб., позволяют снизить размер налоговой базы, с которой рассчитывается налог на прибыль. В составе затрат также принимается во внимание налог на имущество, который составляет 302 500 руб. в год. В таблице 7 представлен расчет расходов на 15-летний период.

Таблица 7

Расчет расходов на 15-летний период

Параметр	Аренда, руб.	Покупка, руб.
Затраты за 15 лет	$7\,800\,000 \cdot 15 = 117\,000\,000$	$33\,500\,000 + (5\,650\,000 \cdot 15) = 118\,250\,000$
Продажа склада (15 лет)	–	+9 800 000 (рыночная стоимость)
Итого	117 000 000	108 450 000

Анализ затрат на аренду и покупку складского комплекса выявляет, что, несмотря на кажущуюся первоначальную привлекательность аренды, приобретение недвижимости в долгосрочной перспективе представляет собой более выгодное и стратегически обоснованное решение. Первоначальные инвестиции в покупку компенсируются рядом преимуществ, которые с годами становятся все более очевидными.

Таким образом, принимая во внимание все факторы, включая налоговые преимущества, стабильность затрат и возможность капитализации актива, приобретение складского комплекса представляется наиболее рациональным и перспективным выбором, обеспечивающим долгосрочную экономическую выгоду и устойчивость бизнеса.

В связи с реализацией плана по оптимизации структуры распределительных центров, а именно открытием нового РЦ в Иркутске, появилась возможность оптимизировать маршруты доставки в города Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Для определения оптимального вида транспортировки товара произведем сравнение трех видов транспорта с помощью анализа исходного множества критериев и альтернатив. За основу для расчетов будет выбран маршрут Иркутск – Владивосток. Транспортное средство будет выбрано исходя из требований к перевозке товара, а именно наличие холодильного оборудования.

Исследуем четыре альтернативы: А1 – железнодорожный, А2 – автомобильный, А3 – авиационный. Будем рассматривать следующие критерии: К1 – среднее время в пути, дни; К2 – средняя грузоподъемность, т; К3 – стоимость перевозки, тыс. руб.

Для того чтобы построить матрицу оптимизации по Парето, используем исходные данные критериев по каждой альтернативе из таблицы 8 [3].

Таблица 8

Исходные данные выбранных альтернатив по критериям

№ п/п	Критерии	Альтернативы		
		А1	А2	А3
1	К1	10	3	1
2	К2	40	23	20
3	К3	230 000	190 000	760 000

При оценивании альтернативных вариантов перевозки с позиции выбранных критериев используем прямое ранжирование. Ранги расставлены по моим предпочтениям от одного до трёх [4]. Исходные данные с использованием прямого ранжирования представлены в таблице 9.

Таблица 9

Ранжирование альтернатив

№ п/п	Критерии	Вес критерия, λ_j	Альтернативы		
			A1	A2	A3
1	K1	0,4	3	2	1
2	K2	0,3	1	2	3
3	K3	0,3	2	1	3

Для решения данной задачи используется аддитивный критерий оптимальности [5]. Проведем процедуру нормализацию критериев и представим её в таблице 10.

Таблица 10

Нормализация критериев

№ п/п	Критерии	Альтернативы		
		A1	A2	A3
1	K1	$1-3/3 = 0$	$1-2/3 = 0,4$	$1-1/3 = 0,7$
2	K2	$1-1/3 = 0,7$	$1-2/3 = 0,4$	$1-3/3 = 0$
3	K3	$1-2/3 = 0,4$	$1-1/3 = 0,7$	$1-3/3 = 0$

Рассчитаем значения аддитивного критерия оптимальности.

$$F1 = 0 \cdot 0,4 + 0,7 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,3 = 0,33,$$

$$F2 = 0,4 \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,3 + 0,7 \cdot 0,3 = 0,49,$$

$$F3 = 0,7 \cdot 0,4 + 0 \cdot 0,3 + 0 \cdot 0,3 = 0,28$$

Необходимо выбрать стратегию F2 (вариант № 2 – автомобильный), так как она соответствует наибольшему значению аддитивного критерия оптимальности.

На основании проведенного анализа, наиболее оптимальным вариантом представляется использование автомобильного транспорта, поскольку он превосходит железнодорожный и авиационный по большинству ключевых параметров.

Выводы: Итоговые результаты предложенных мероприятий по совершенствованию сети распределения Компании:

- снижение логистических затрат на 20–77 % для городов Дальнего Востока и Восточной Сибири;
- годовая экономия в размере 10 060 тыс. руб.;
- повышение качества хранения грузов за счет снижения загруженности складов;
- укрепление конкурентных позиций компании на рынке.

Реализация предложенных мероприятий позволит не только оптимизировать текущие логистические процессы, но и создать устойчивую систему для долгосрочного развития. Дальнейшие исследования могут быть направлены на внедрение цифровых технологий для мониторинга грузов и прогнозирования спроса, что дополнительно повысит эффективность логистической деятельности компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Левкин Г. Г., Куршакова Н. Б. Логистика сбыта и распределения: учебник для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2025. 268 с.
- 2 Тяпухин А. П. Логистика в 2 ч. Часть 2 : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Издательство Юрайт, 2025. 223 с.
- 3 Рубчинский А. А. Методы и модели принятия управленческих решений: учебник и практикум для вузов. Москва : Издательство Юрайт, 2025. 526 с.
- 4 Воронцовский А. В. Управление инвестициями: инвестиции и инвестиционные риски в реальном секторе экономики : учебник и практикум для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Издательство Юрайт, 2025. 407 с.
- 5 Певнева А. Г., Калинкина М. Е. Методы оптимизации-СПб: Университет ИТМО, 2020. 64 с.

РЕГУЛЯРНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ: ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВОЙ МОНИТОРИНГ

М. Д. Икромов

Ташкентский государственный транспортный университет

Введение. В условиях сезонных и суточных колебаний пассажиропотока, инфраструктурных ограничений и роста заторов обеспечение регулярности движения городских автобусных маршрутов становится важной научно-практической задачей. Снижение регулярности ведёт к увеличению времени ожидания, падению удовлетворённости пассажиров, неэффективному использованию провозной способности и ресурсов парка, а также к нестабильности топливно-энергетических затрат. Поэтому мониторинг показателей соблюдения расписания в режиме реального времени, научно обоснованное моделирование процесса опозданий и оптимизация управленческих параметров приобретают стратегическое значение.

В научной литературе применяются различные подходы к оценке регулярности: от моделей потоков и стохастических процессов (теория очередей) до агент-ориентированного имитационного моделирования. Распространённые критерии – повышение стабильности интервалов движения, сокращение времени ожидания, уменьшение дисперсии распределения опозданий; в практических системах используются визуальные панели мониторинга, интегрированные с данными GPS/секундомера, а также эвристические и метаэвристические методы настройки параметров расписаний (например, генетические алгоритмы). Однако часть существующих решений жёстко привязана к конкретным городским условиям, предлагает ограниченные возможности быстрой калибровки и гибкой интеграции в работу оператора. В данной работе предлагается восполнить этот пробел за счёт платформы, объединяющей имитационное моделирование регулярности с интерфейсом цифрового мониторинга в реальном времени, настраиваемой под эксплуатационные потребности и опирающейся на данные.

Общая цель исследования – на основе реального мониторинга и вероятностно-имитационного моделирования оценивать регулярность движения автобусных маршрутов, системно рассчитывать ключевые индикаторы (среднее опоздание, балльная оценка, доля дисциплины, коэффициент регулярности), а также поддерживать оптимизацию управленческих параметров (плановая длительность хода, распределение подвижного состава). Для достижения цели решаются задачи: (i) моделирование процесса опозданий на базе вероятностных распределений и его калибровка; (ii) формализация коэффициента регулярности (отношение «рейсы минус нерегулярные рейсы» к общему числу рейсов) и вспомогательных метрик; (iii) построение архитектуры приёма, хранения и визуализации данных в реальном времени; (iv) реализация отчётности по направлениям с фильтрацией/сортировкой и экспортом CSV; (v) проведение имитационных экспериментов по настройке параметров расписаний и оценка их результатов.

В контексте последних лет наблюдается активная цифровизация общественного транспорта: обмен открытыми данными, мониторинг в реальном времени, поэтапное обновление парка в соответствии с экологическими требованиями, внедрение «умных остановок» и интеграция электронных платёжных систем. Такая политико-технологическая повестка требует автоматизированного формирования управленческих показателей, необходимых для стабилизации регулярности и улучшения пассажирского опыта, а также оперативного принятия диспетчерских решений на основе данных. Предлагаемое решение – интеграция мониторинга в реальном времени, имитационной модели и аналитической отчётности в единой платформе – обосновано как эффективный инструмент повышения соблюдения расписаний и оптимизации использования ресурсов в городских автобусных сетях.

Методология: В данном разделе изложен единый подход к оценке регулярности движения городских автобусных маршрутов и поддержке управленческих решений: стохастико-имитационная модель, система индикаторов, поток данных и архитектура платформы, процедуры калибровки и экспериментального дизайна, а также краткая постановка оптимизационной задачи.

Основа имитационной модели (ИМ)

Опоздание D рассматривается как случайная величина, эволюция которой в дискретном времени для каждого рейса аппроксимируется рекуррентным соотношением:

$$D_{t+1} = \max\{0, D_t + X_t - R_t\}$$

где X_t – «случайная нагрузка», агрегирующая влияние заторов, циклов светофоров и пассажиропотока; R_t – плановый резерв/буфер в нормативной продолжительности хода между остановками. Распределение X_t – (например, гамма или логнормальное) подбирается по эмпирическим данным.

1. Переход от опоздания к баллу

Для оперативного мониторинга опоздание D проецируется в балльную шкалу S :

$$S = f(D) = \text{clip} \left[\frac{D}{2}, 1, 10 \right],$$

то есть чётные значения опоздания в диапазоне 2–20 минут переводятся в 1–10 баллов (соответствует реализации delayToScore).

2. Нерегулярные рейсы и коэффициент регулярности

Рейс считается нерегулярным при превышении порога θ :

$$I_t = \mathbf{1}\{D_t \geq \theta\}, \theta = \min(\text{демо})$$

Пусть за сутки по направлению выполнено T рейсов. Тогда коэффициент регулярности:

$$C = \frac{T - \sum_t I_t}{T}.$$

демонстрационном сценарии для каждого автобуса принимается $T_b = 6$ рейсов и $T = \sum_b I_b$ (см. computeRegularityByRoute).

3. Система индикаторов

- среднее опоздание: $\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_i D_i$
- средний балл: $\bar{S} = \frac{1}{N} \sum_i S_i$
- доля дисциплинированных (например, $D \leq 6$ мин): $p_{\leq 6} = \frac{1}{N} \sum_i \mathbf{1}\{D_i \leq 6\}$;
- доля нерегулярных ($D \geq \theta$): $p_{\geq \theta} = \frac{1}{N} \sum_i \mathbf{1}\{D_i \geq \theta\}$;
- минимальные/максимальные значения: $D_{\min}, D_{\max}$. Индикаторы агрегируются по маршрутам/автобусам/остановкам и визуализируются в панели мониторинга и отчётах.

4. Поток данных и архитектура

Источники: GPS/секундомер (реальное время) и ввод плановой продолжительности хода оператором. В демо-режиме вычисления и временное хранение выполняются на стороне браузера; в промышленной эксплуатации используются серверное хранилище временных рядов (TSDB) и потоковая обработка. Вычислительный слой обеспечивает преобразование $D \rightarrow S$, расчёт индикаторов и C , агрегации по маршрутам. Интерфейс включает: дашборд, отчёты по маршрутам (фильтры/сортировка), выгрузку CSV и таблицы регулярности. Предусмотрены интеграции с диспетчерскими системами, открытым API и “умными остановками”.

5. Калибровка и дизайн экспериментов

Параметры распределения X_t оцениваются по наблюдениям (MLE или согласование по ключевым метрикам). Проводятся сценарные испытания (час пик, рост плотности остановок, изменение циклов светофоров) и анализ чувствительности по θ, R_t, T_b . При необходимости пороговая схема сравнивается с перцентильными критериями.

6. Краткая постановка оптимизации

Пусть π – вектор управляемых параметров (плановая длительность хода, распределение подвижного состава). Целевая функция:

$$\max_{\pi} C(\pi) - \lambda_1 \text{Var}(H(\pi)) - \lambda_2 \text{Cost}(\pi),$$

где H – стохастический интервал между рейсами (headway), $\text{Cost}(\pi)$ – затраты парка/смен/энергоресурсов; λ_1, λ_2 – веса. Ограничения: вместимость парка, нормы смен, ПДД и требования к минимальному качеству сервиса.

Результаты

По итогам экспериментов получены следующие наблюдения. Среднее опоздание по маршрутам варьируется, что отражается в среднем балле: сегменты с низкими задержками стабильно попадают в диапазон 8–10 баллов, тогда как при росте задержек балльная оценка снижается. Доля дисциплины ($D \leq 6$ мин) заметно падает в часы пик; доля нерегулярных рейсов ($D \geq \theta, \theta = 8$ мин) при прочих равных условиях коррелирует с уменьшением коэффициента регулярности $C = (T - \sum I)/T$. В демо-настройке $T_b = 6$ (рейсов на автобус в сутки) увеличение доли нерегулярных поездок быстро снижает C ; рост T_b сглаживает дисперсию C за счёт усреднения, но не устраняет локальные всплески нерегулярности.

Параметрическая проверка показала, что умеренное увеличение буфера (плановой продолжительности хода) способно улучшить $\text{var } D$ и C на перегруженных направлениях; чрезмерное – удлиняет цикл и снижает пропускную способность. Временное перераспределение подвижного состава на проблемные маршруты повышает C в периоды пиковой нагрузки; при дефиците ресурсов эффект ограничен. Снижение порога θ (например, $8 \rightarrow 6$) ожидаемо увеличивает $p_{\geq \theta}$ и ускоряет падение C , что подчёркивает важность калибровки критерия под локальные условия.

Инструменты дашборда и отчётов (фильтрация/сортировка, CSV-экспорт) ускоряют выявление «лучших/худших» направлений. Ограничения демо: синтетические задержки (2–20 мин, чётные зна-

чения), укрупнение по остановкам, фиксированное T_b ; для практического внедрения требуется калибровка на реальных данных.

Полученные результаты подтверждают, что регулярность движения существенно зависит от специфики маршрутов и эксплуатационных параметров. В частности, различия в среднем опоздании и доле нерегулярных рейсов приводят к заметной вариации коэффициента регулярности C между направлениями; при этом в час пик наблюдается синхронное ухудшение доли дисциплины и падение C . Чувствительность к порогу θ (в демо $\theta = 8$ мин) ожидаемо высока: его снижение увеличивает число рейсов, классифицируемых как нерегулярные, и ускоряет уменьшение C , что подчёркивает необходимость калибровки порогов под локальные условия. Для участков с высокой вариативностью допускается использование перцентильного критерия как более адаптивной альтернативы фиксированному порогу. Моделирование показало, что умеренное увеличение буфера в плановой продолжительности хода (R_t) на перегруженных сегментах может улучшать как среднее опоздание, так и C , однако чрезмерное увеличение удлиняет цикл и снижает эффективную пропускную способность. Временное перераспределение подвижного состава на проблемные маршруты повышает C в пиковые интервалы, но эффект ограничен при дефиците ресурсов. В совокупности это подтверждает ценность оперативной поддержки решений на основе наблюдаемой динамики показателей. Практическая значимость инструментария дашборда и отчётов проявилась в быстрой идентификации «узких мест» и контроле воздействия управленческих мер (настройка R_t , перераспределение автобусов). Ограничения демонстрационного контура – синтетическое формирование задержек (2–20 мин, чётные значения), укрупнение по остановкам и фиксированное T_b – требуют последующей калибровки модели на реальных данных. В дальнейшем целесообразны детализированный учёт факторов на уровне остановок и сравнение схем порог/перцентиль для согласования качества сервиса с эксплуатационными затратами.

Заключение

В работе представлен единый подход к оценке и повышению регулярности движения городских автобусов, сочетающий имитационное моделирование с цифровым мониторингом в реальном времени. Показано, что ключевые метрики – среднее опоздание, доля дисциплины, доля нерегулярных рейсов и коэффициент регулярности C – чувствительны к порогу θ , буферу плановых времен хода и распределению подвижного состава. Демо–эксперименты подтвердили, что умеренная настройка буфера и временное перераспределение автобусов позволяют стабилизировать C , тогда как чрезмерные изменения снижают пропускную способность. Инструменты дашборда и отчётности ускоряют выявление проблемных направлений и поддержку диспетчерских решений.

В дальнейшем планируется калибровка модели на реальных данных, детализация на уровне остановок и сравнение пороговых и перцентильных критериев для согласования качества сервиса с эксплуатационными затратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Daganzo C. F. A headway-based approach to eliminate bus bunching: Systematic analysis and comparisons // Transportation Research Part B: Methodological. 2009. № 43 (10). P. 913–921.
- 2 Daganzo C. F., Pilachowski, J. Reducing bunching with bus-to-bus cooperation // Transportation Research Part B: Methodological. 2011. № 45 (1). P. 267–277.
- 3 Osuna E. E., Newell G. F. Control strategies for an idealized public transportation system // Transportation Science. 1972. № 6 (1). P. 52–72.
- 4 Eberlein X. J., Wilson N. H. M., Bernstein D. The holding problem with real-time information available // Transportation Science. 2001. № 35 (1). P. 1–18.
- 5 Bartholdi J. J., Eisenstein D. D. A self-coordinating bus route to resist bus bunching // Transportation Research Part B: Methodological. 2012. № 46 (4). P. 481–491.
- 6 Berrebi S. J., Watkins K. E., Laval J. A. A real-time bus dispatching policy to minimize passenger wait on high-frequency routes // Transportation Research Part B: Methodological. 2015. № 81. P. 377–389.
- 7 Delgado F., Muñoz J. C., Giesen R. Empirical analysis of the effects of passenger boarding time on the operation of high frequency bus services // Transportation Research Record. 2009. 2111 (1), P. 1–7.
- 8 Cats O., Larijani A. N., Ólafsdóttir S., Burghout W. Impacts of holding control strategies on transit performance: A simulation study // Transportation Research Record. 2011. 2216 (1). P. 51–60.
- 9 Ibarra-Rojas O. J., Delgado F., Giesen R., Muñoz J. C. Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review // Transportation Research Part B: Methodological. 2015. № 77. P. 38–75.
- 10 Vuchic V. R. Urban Transit: Operations, Planning, and Economics. John Wiley & Sons, 2005.
- 11 Ceder A. Public Transit Planning and Operation: Theory, Modeling and Practice. Elsevier, 2007.
- 12 Transportation Research Board. (2013/2023). Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM). TRB, National Academies.
- 13 Furth P. G., Hemily B., Muller T. H. J., Strathman, J. Using Archived AVL-APC Data to Improve Transit Performance and Management. TCRP Report 113, TRB. 2006.
- 14 van Oort N., van Nes R. Regularity analysis for optimizing urban transit network design // Public Transport. 2009. № 1 (2), P. 155–168.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ОАО «РЖД» В КОНТЕКСТЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОФИЛЬНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ

М. Ю. Карышев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Весь спектр мероприятий, отражающий общий масштаб деятельности ОАО «Российские железные дороги» в направлении своего инновационного развития и, главным образом, это касается аспектов внедряемых технологий, базируется на научно обоснованных приоритетах. Их широкий спектр определен в рамках особой Стратегии научно-технологического развития, разработанной российскими железнодорожниками на период до 2025 года и открывающий перспективные пути развития отрасли вплоть до 2030 года. В данном документе (он получил название «Белая книга») нашли свое отражение важнейшие идеи относительно развития национального железнодорожного транспорта – от расширения инфраструктуры до перевозочного процесса. Дорожная карта по достижению поставленных целей отчетливо формализовалась в целом ряде стратегических задач по 11 важнейшим проектам компании. Их основные параметры сформулированы в рамках Комплексной программы инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года. Это широкий набор предложений и механизмов их реализации, касающихся развития организационной структуры управления инновационной деятельностью компании.

Анализ достижений

Текущий год является финальным для ОАО «РЖД» в плане реализации принятой еще в 2020 году концепции инновационного развития компании, получившего статус Комплексной программы. Этот документ предполагает достижение высоко поставленных уровней развития компании и создал все необходимые предпосылки для разработки и утверждения очередного подобного документа, но уже с временным горизонтом планирования еще на пять лет вперед. В далеко идущих планах нашли свое отражение сформулированные на основе зафиксированных результатов, полученных в рамках проводимых специалистами компании исследований, целый ряд важных приоритетных задач инновационного развития, а также поставлены технологические ориентиры на период до 2030 года. За прошедший период были достигнуты значительные результаты, отмеченные в соответствующих отчетах компании в разрезе видов, типов и направлений инноваций; их создателей и исполнителей; количестве успешно внедренных инновационных проектов и суммах полученного экономического эффекта [1].

Оценка инновационной деятельности по сети железных дорог ОАО «РЖД» (а также и функциональных филиалов) по итогам достижений за 2024 год (результаты текущего, 2025 года, будут подведены, соответственно, в 2026 году) выявила двух безусловных лидеров: Куйбышевскую железную дорогу, а также структурное подразделение ОАО «РЖД» «Центральная дирекция моторвагонного подвижного состава». Помимо Куйбышевской, рейтинг внедрения инноваций возглавили Юго-Восточная и Восточно-Сибирская железные дороги. Среди функциональных центров (филиалов) в ряду первых оказались Центральная дирекция по тепловодоснабжению и Дирекция железнодорожных вокзалов.

Инновационное развитие железных дорог идет поступательными темпами за счет поиска и адаптации самых разнообразных перспективных разработок и идей, как из отрасли железнодорожного транспорта, так и транспорта вообще, а также из смежных и прочих отраслей. В РЖД приводят такую статистику: в за последние годы общее число внедренных инновационных решений достигло 363, из них 150 пришлось на 2024 год. Такая успешная реализация оказалась возможной благодаря эффективному распространению системного подхода к использованию инструментов разработанной на сети дорог комплексной программы поддержки транспортных инноваций. Этому способствует и уделяемое компанией большое внимание к решению приоритетных вопросов, возникающих в ситуации перманентного поиска и реализации проектов на основе запросов, осуществляемых структурными подразделениями. Это позволило только в 2024 году внедрить 23 решения актуальных задач в разрезе функциональных вертикалей управления перевозочными (и не только) процессами. Достойным примером здесь может служить Южно-Уральская железная дорога, успешно реализовавшая сложный инфраструктурный проект в области использования особого рода покрытий, изготавливаемых из термопластика, для оборудования платформ на пассажирских станциях. Это позволило существенно понизить градус проблемы в области износостойкости компонентов пассажирских платформ, испытывающих на себе, помимо климатических и техногенных факторов, еще и негативное воздействие фактора антропогенного, проявляющегося в форме вандализма. Аналогичным примером может быть расценен проект в духе цифровой трансформации от железнодорожников с Восточно-Сибирской дороги, в рамках которого удалось достичь серьезных результатов в вопросе обеспечения терморегуляции систем отопления электропоездов. На дороге силами производственного коллектива был разработан особый,

цифровой терморегулятор, и он столь хорошо показал себя, что его внедрение получило продолжение и на других дорогах сети. Бесспорный лидер 2025 года среди дорог сети в аспекте инновационного развития – Куйбышевская дорога. Здесь местным железным дорожникам при поддержке региональных властей (правительством области был выделен соответствующий грант) удалось воплотить в жизнь крупный перспективный проект по разработке программного обеспечения, позволяющего выявлять дефекты и неизбежные при эксплуатации повреждения в повсеместно применяемых на стальных магистралях железобетонных конструкций. Реализация проекта оказалась удачной – усовершенствование технологии на основе разработанного софта значительно повысило уровень точности оценок технического состояния разного рода сооружений из железобетона, и, более того, эта инновация уже нашла свое применение за пределами железнодорожной отрасли. Общие итоги работы дорог в инновационном направлении таковы, что за прошедший 2024 год в рамках отдельных железных дорог собственными силами было создано 100 и внедрено 87 объектов интеллектуальной собственности [2].

Вклад функциональных центров в составе РЖД был несколько ниже, если сравнивать его с результатами инновационной деятельности железных дорог, но тоже производит впечатление своими масштабами. В общем и целом, все филиалы по итогам 2024 года оказались способны реализовывать 159 проектов, ранее внесенных в перечень запланированных достижений в рамках среднесрочного (как правило, это временные горизонты от 1 года до 5 лет) плана, что стало итогом выполнения уже упоминавшейся выше разработанной в 2020 году программы развития компании на пятилетку вперед, что подчеркивает комплексный характер этого концептуального документа. Эффект от внедрения этих инноваций, если не принимать во внимание техническое улучшение, а говорить лишь об экономическом аспекте, сегодня оценивается в сумму более 2 млрд руб. и фактически превышает на 20 процентов тот порог, что был установлен руководством компании при разработке вышеупомянутой Комплексной программы. Немалую лепту в это достижение внесла Центральная дирекция инфраструктуры. Дирекция оказалась лидером в этом направлении инновационного развития: среди всех оцениваемых разработок, представленных филиалами РЖД, удельный вес решений этого подразделения компании оказался примерно равен 20 процентам (иными словами, каждое пятое решение инициировалось именно этим подразделением). В плане полученного экономического эффекта от инноваций первой среди равных стала Дирекция тяги, обеспечившая более трети от общего объема выявленной экономии ресурсов как результата внедрения инновационных решений.

Обсуждение перспектив и заключение

Инновационная активность ОАО «Российские железные дороги» высока. Достигнуты серьезные результаты к 2025 году и поставлены грандиозные планы на следующие пять лет, к году 2030–му. Согласно документу «Паспорт Комплексной программы инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года» в текущем 2025 году силами компании инициировано проведение «мозгового штурма» проблемы долгосрочного, иными словами, стратегического развития бизнес-процессов и решений в области технологий. В частности, активно проводятся: анализ долгосрочных прогнозов развития рынка транспортных и сопутствующих услуг в России и мире, изучаются особенности социально-экономических тенденций в общемировом и национальном масштабе [3]. Выявляются важные тренды (с горизонтом планирования до 2100 года) внедрения прорывных перспективных технологий, что позволит оказать существенное влияние на развитие железнодорожного транспорта вплоть до следующего, XXII столетия.

Таким образом, сегодня четко определены направления стратегического развития железнодорожного транспорта в нашей стране на основе сформулированных базовых принципов развития, отраженных в Транспортной стратегии РФ до 2030 года с прогнозов на период до 2035 года, Стратегических направлениях в области цифровой трансформации транспортной отрасли РФ до 2030 года и других важнейших законах, нормативных актах и стратегических правовых документах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Инновационное развитие и цифровая трансформация. Отчет ОАО «РЖД». URL: <https://sr2023.rzd.ru/ru/managerial-aspect/efficiency-improvement>
- 2 ОАО «РЖД» подвело итоги оценки инновационной деятельности среди дорог. WWW.GUDOK.RU. URL: <https://gudok.ru/content/amp/tekhnologii/innovatsii/1702492/>
- 3 Паспорт Комплексной программы инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года. URL: <https://company.rzd.ru/api/media/resources/2639930?action=download>

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЦЕПИ ПОСТАВОК И СЕТИ СКЛАДСКИХ КОМПЛЕКСОВ

К. Е. Ковалев, Д. С. Медведев

Петербургский государственный университет путей сообщения

Введение. Современные логистические системы характеризуются множеством взаимосвязанных элементов, а также нелинейностью процессов. Поэтому в таких сложных условиях необходим инструмент, который способен на адекватное описание и анализ управленческих решений. Применение математических методов моделирования в работе цепей поставок и складских комплексов позволяет исследовать проблему и найти наиболее оптимальное решение для нее.

Таким образом, актуальность темы исследования заключается в том что, математическая модель дает возможность исследовать, экспериментировать и улучшать процессы, связанные с управлением материальных потоков, запасами и маршрутизацией, что делает логистику более эффективной.

Целью данного исследования является проведение комплексного обзора и сравнительного анализа основных методов моделирования, которые могут применяться в логистической сфере. Особое внимание уделяется методам математического моделирования, а также сопоставлению аналитических и имитационных методов.

Понятие модель применяется во многих сферах деятельности человека, поэтому оно предполагает различные формы толкования. В контексте данного исследования будут рассмотрены такие модели, которые являются источником получения знания.

Под термином модель следует понимать объект, представленный в материальной или абстрактной форме, который замещает подлинный объект с целью его изучения. Таким образом, изучение модели дает возможность получить новые знания о моделируемом объекте.

Процесс, в ходе которого происходит построение и изучение модели, является сутью моделирования. Характерная особенность данного метода выражается в опосредованности познания, то есть отражения действительности, осуществляющейся через замещающий объект (модель), а не через оригинал [1: 3]. Следовательно, можно сказать, что исследователь помещает модель между собой и моделируемым объектом, используя ее в качестве ключевого элемента для анализа и выставления научных гипотез.

Использование методов моделирования в логистических системах можно обосновать тем, что для многих объектов, или проблем связанных с этими объектами, нет возможности прямого исследования, в связи с их сложной, многогранной системой и постоянной изменчивостью, а также прямое исследование объекта оригинала этой области может сопровождаться высокими затратами. Поэтому методы математического моделирования представляют собой мощный аппарат для анализа сложных, многокомпонентных логистических систем, который поможет добиться оптимальных управленческих решений.

Процесс моделирования состоит из этапов, включающих в себя построение модели, исследование модели, перенос знаний на оригинал, верификация и практическая реализация [2: 17].

На этапе построения модели исследователю необходимо иметь начальные знания о моделируемом объекте, чтобы создать его упрощенный образ. Ключевым требованием является воссоздание в модели ключевых черт объекта оригинала, которые наиболее важны с точки зрения поставленной цели исследования. Модель не эквивалентна моделируемому объекту, а сохраняет лишь отдельные его параметры, так как создание тождественной оригиналу модели вступает в логическое противоречие с определением оригинальности и экономически нецелесообразно. Следовательно, для одного объекта можно создать множество различных моделей, которые отражали бы его разные свойства.

Этап исследования направлен на проведение экспериментальной работы, в рамках которой модель выступает как самостоятельный объект изучения. В ходе поставленных экспериментов исследователь намеренно изменяет условия функционирования модели и наблюдает за ее поведением. По итогам исследования выявляется некоторое количество необходимых знаний.

Далее знания о модели, которые были получены на предыдущем этапе, переносятся на оригинальный объект. При этом, в связи с теми характеристиками объекта, которые не были отображены в модели, полученную информацию следует скорректировать. Правильным можно назвать лишь тот перенос результатов исследования модели, который непосредственно связан с параметрами оригинала.

Заключительным этапом моделирования является практическая проверка адекватности модели. Таким образом, полученная информация, которая прошла проверку, используется для преобразования объекта и выработки оптимальных управленческих решений.

Моделирование – это процесс, который подразумевает создание упрощенного образа (модели) существующей в действительности системы, с дальнейшим изучением его свойств и проведения экспериментальной работы, для того что бы перенести полученные сведения на моделируемый объект и предсказать его поведение. Исходя из основной цели моделирования, а именно прогнозирования поведения системы, можно обозначить ключевой вопрос этого процесса: «Что будет, если...?». Например, «что будет с временем доставки, если увеличиться общее количество автомобилей в организации?» [3: 98]. Таким образом, моделирование является полезным инструментом для изучения сложных логистических систем. Поэтому в таких логистических сферах, как работа складских комплексов и управление цепями поставок широкое применение имеют множество различных методов моделирования. При этом модель логистического процесса или системы может быть воссоздана как физически, так и абстрактно. Классификация моделей в логистических системах представлена на рисунке.

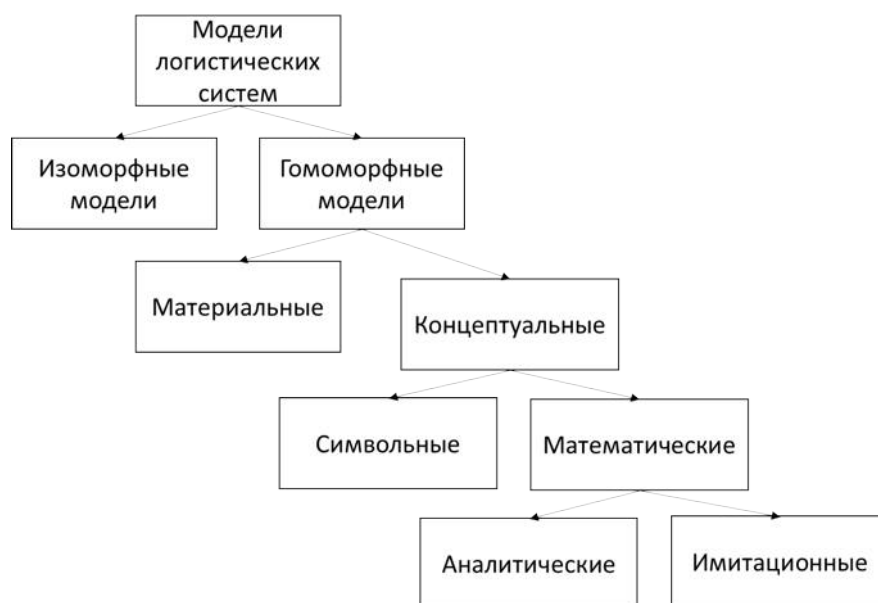


Рис. Классификация логистических моделей

Моделю логистических систем можно подразделить на два типа, а именно изоморфные и гомоморфные.

Изоморфные модели подразумевают полную копию моделируемого объекта с сохранением его свойств и особенностей. Следовательно, такие образы являются наиболее предпочтительными, так как результат эксперимента над моделью, можно без погрешности применять на оригинале. Однако, изоморфная модель не подходит для логистических систем из-за их сложности и постоянной изменчивости. Именно поэтому, можно сказать, что почти все модели, которые используются в логистических сферах, являются гомоморфными.

Гомоморфная модель подразумевает упрощенную копию моделируемого объекта, в которой сохраняются лишь те черты, которые важны в рамках конкретного исследования, в то время как другие аспекты образа игнорируются. Существует материальные и концептуальные гомоморфные модели. Материальные модели – это физические копии моделируемого объекта, которые воспроизводят его внешний вид и структуру, например, макет склада или транспортной сети. Такие модели имеют ограниченное применение в исследованиях, так как воспроизведение функциональных критериев оригинала часто дорого и негибко. Поэтому в логистических сферах чаще применяют концептуальную модель, представляющую абстрактный образ моделируемой системы, в котором описаны ее свойства и принципы ее работы.

Концептуальные модели можно подразделить на символьные и математические. Особенность символьных моделей в том, что они основаны на выстроенных определенным образом знаках и кодах, которые описывают оригинал. В таких моделях используют символы, которые имеют однозначное толкование для описания исследуемого процесса. Однако, данные, которые были получены в результате символьного моделирования сложно обрабатывать для последующего использования в логистических сферах деятельности. Именно поэтому, во многом, математические модели получили распространенное применение в таких логистических областях, как работа складских комплексов, управление цепями поставок и тому подобное.

Математическая модель в логистике представляет собой упрощенное описание моделируемой логистической структуры или процесса при помощи использования функций, уравнений, алгоритмов и так далее.

Математические модели можно подразделить на аналитические и имитационные.

Аналитическое моделирование основывается на том, что исследуемая система, а именно ее строение и поведение описывается математическими закономерностями. Проблема этого метода в том, что при его использовании допускается высокая степень абстрактности и в свою очередь упрощение воссоздаваемой модели. А также имеется трудность в проверке адекватности полученного результата исследования, так как поведение оригинального объекта заранее не определено.

К аналитическим методам математического моделирования относятся методы математической оптимизации, методы исследования операций.

Методы математической оптимизации представляют собой алгоритмы, решающие задачи по нахождению экстремума целевой функции при заданных ограничениях. Самой базовой и широко применяемой в этой области дисциплиной является линейное программирование, которое способно описать зависимость между переменными с помощью линейных равенств и неравенств для нахождения оптимального решения. Также важной дисциплиной в области математической оптимизации является дискретное программирование. В отличие от линейного программирования этот метод основывается на том, что переменные могут принимать только целые значения. С помощью этих методов возможно решать задачи по нахождению оптимального плана перевозок (транспортная задача), по распределению автомобилей по маршрутам (задача о назначениях), по размещению складов, по нахождению оптимальных маршрутов для транспортных средств (задача коммивояжера), по оптимизации места в контейнерах (задача по загрузке) и тому подобные.

Методы исследования операций используются для того, чтобы дать оценку организационной и управленческой деятельности в рамках ее эффективности. К ним относится теория графов, которая представляет собой сетевую модель из множества точек соединенных линиями. В рамках логистики теория графов позволяет перенести любую структуру цепи поставок в абстрактную, наглядную модель, в которой вершинами графа могут быть объекты цепи поставок (склады, поставщики, заводы), а линиями – транспортные маршруты. Также в метод исследования операций входят теория массового обслуживания, которая занимается организацией транспортного потока в логистике и метод прогнозирования, который позволяет на основе анализа данных исследуемого объекта создать математическую модель, описывающую его поведение в будущем. При помощи этих методов появляется возможность решать такие задачи как, например, расчет оптимального количества персонала на складе для минимизации времени простоя автотранспорта или прогнозирование спроса на продукцию.

Таким образом, аналитические методы математического моделирования позволяют найти оптимальное решение задач для относительно простых систем. С помощью этих методов, в рамках логистической практики, возможно быстро и относительно точно дать ответ для определенных стандартных логистических задач. Однако, аналитические методы часто требуют значительных допущений, что может отдалить модель от моделируемого объекта, также, можно сказать, что процесс работы системы не всегда очевиден из формулы. Поэтому для нелинейных систем, в которых имеется множество случайных факторов, создание аналитических моделей может быть вовсе невозможным.

Более универсальное значение имеет имитационное моделирование. Оно подразумевает компьютерное воспроизведение функционирования моделируемой системы. То есть на электронно-вычислительной машине создается имитация логистического процесса. Исследователь может изменять параметры в зависимости от цели исследования и изучать то, как логистический процесс будет менять свое поведение.

К имитационным методам математического моделирования можно отнести дискретно-событийное моделирование, метод системной динамики, агентное моделирование, метод Монте-Карло и так далее [4: 398]. Дискретно-событийное моделирование – это метод, который основывается на дискретном времени, то есть представлении переменных, изменяющихся во времени. Таким образом, каждое событие меняет состояние логистической системы. В контексте работы складских комплексов и управления цепями поставок этот метод помогает проанализировать перемещение и хранение товаров.

Агентное моделирование предполагает акцентирование внимания на объектах системы, в отличие от дискретно-событийного метода, который ориентирован на процессы. В роли агентов выступают участники логистического процесса, которые взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой по определенным правилам. Таким образом, агентное моделирование подразумевает то, что в нем устанавливаются параметры агентов (водителей, менеджеров, кладовщиков и т.д.) и определяется их поведение. Следовательно, можно сказать, что этот метод моделирует принятие решений, например, водитель может выбрать объездную дорогу из-за пробки.

Метод Монте–Карло представляет собой моделирование событий, которые сопряжены с неопределенной вероятностью. То есть это техника для определенных входных параметров, генерирующая случайные переменные, для принятия решения в условиях неопределенности.

Имитационный метод математического моделирования, как и аналитический, не дает точного ответа, однако позволяет протестировать множество различных сценариев, также помогает воссоздать логистическую систему в динамике. Благодаря этому методу возможно вести учет реальных факторов и подробно визуализировать моделируемую систему. Данный метод обладает определенной универсальностью, но создание такой модели возможно лишь при обладании определенными навыками и финансовыми ресурсами.

Заключение. В данной работе было проведено исследование, которое указывает на то, что для сложных систем с постоянной изменчивостью, таких как логистика, создание моделей является востребованным инструментом, так как моделирование помогает получить необходимую информацию для улучшения качеств исследуемой системы. Также было выявлено, что для задач в условиях неопределенности более подходящими являются аналитические модели, а для динамических условий, в которых существует логистика, более полезными являются имитационные модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Денисенко А. А. Организация системы транспортной логистики // Молодой ученый. 2018. С. 1–5.
- 2 Ковалев М. Н. Моделирование цепей поставок в промышленности // Экономика и управление народным хозяйством. 2013. С. 16–19.
- 3 Смирнова Е. А., Зуев А. В. Модели и методы управления цепями поставок // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2022. С. 95–100.
- 4 Шамис В. А., Мочалин С. М. Некоторые аспекты имитационного моделирования в логистике // Наука XXI века: опыт прошлого взгляд в будущее. Омск: 2015. С. 369.

УДК 004.93

ИНВЕСТИЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ ЧАСТНЫХ ИНВЕСТОРОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛАТИЛЬНОСТИ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ

А. А. Курышина, И. С. Илюхина, М. Н. Харитонов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современные финансовые рынки характеризуются высокой степенью неопределенности, а также динамичностью. Геополитические конфликты, технологические трансформации, обновление процентных ставок, колебания цен на сырьевые ресурсы создают условия постоянной волатильности. В этих обстоятельствах частные инвесторы сталкиваются с необходимостью пересмотра своих стратегий, сохраняя не только капитал, но и обеспечивая его рост.

Проблема управления инвестициями в условиях нестабильности является одной из центральных тем современной экономической науки. Рынки все чаще демонстрируют поведение, не поддающееся традиционным моделям ожидания. Поэтому доход, основанные на диверсификации, управлении рисками, приобретают особое значение.

Целью данной работы будет анализ особенности инвестиционных стратегий локальных инвесторов в условиях конъюнктуры финансовых рынков и определить основные подходы, обеспечивающие устойчивость инвестиционного портфеля в современных реалиях.

Волатильность отражает степень колебания цен на монетарные активы за конкретный период времени. Чем выше демпинг, тем сильнее изменяются цены, а значит выше будут неопределенность и риск. С одной стороны, создается угроза потери капитала, с другой – открытие возможности для получения прибыли на краткосрочных движениях.

Основными факторами роста волатильности на мировых рынках можно выделить:

1. Геополитическая нестабильность (приводит к значительным изменениям состояний инвесторов).
2. Сдвиг денежно–кредитной политики центральных банков (ставки ФРС, ЕЦБ, ЦБ РФ и др.).
3. Технологические скачки (влияние на оценку компаний и отраслей).
4. Информационные потоки и панические настроения на фоне социальных сетей.
5. Глобальные кризисы (пандемии, санкции, энергетические шоки).

Современная экономика характеризуется не цикличностью, а турбулентной динамикой, а значит,

что периоды роста и падения чередуются быстрее, чем раньше, но прогнозируемость поведения активов падает. В данных условиях традиционные долгосрочные стратегии без адаптации становятся менее эффективными.

Поведение частных инвесторов на волатильных предприятиях подвержено психологическим факторам. Согласно теории поведенческих финансов, решения акционеров нередко искажены эмоциями – страхом, жадностью, избыточной уверенностью. В условиях падения рынка они склонны к паническим продажам, фиксируя убытки. В периоды роста – к чрезмерному риску, покупая переоцененные активы. Действия приведут к обратному эффекту: низкая доходность при увеличенных шансах.

Для снижения влияния иррационального поведения, частным инвесторам рекомендуется воспользоваться структурированными методами и формализованными стратегиями. Это позволяет принимать решения, основываясь объективными параметрами (статистика, макроэкономические индикаторы, принципы управления капиталом, а не эмоциями).

Таблица

Сравнительная характеристика инвестиционных стратегий частных инвесторов условиях волатильности

Тип стратегии	Цель инвестора	Основные инструменты
Консервативная	Сохранение капитала, получение стабильного дохода	Государственные и корпоративные облигации, золото, дивидендные акции
Умеренная	Сбалансирование доходности, надежности	Комбинация ценных бумаг (примерно 50/50), фонды недвижимости, ETF
Агрессивная	Максимизация прибыли при принятии высокого риска	Криптовалюта, фьючерсы, опционы, венчурные проекты
Диверсифицированная (сбалансированная)	Снижение общего риска за счёт распределения банковских депозитов	Международные средства, валютные и товарные активы
Тематическая / ESG-стратегия	Инвестирование в устойчивые и социально-ответственные компании	Акции «зелёных» компаний, фонды ESG, энергоэффективные проекты
Автоматизированная	Исключение эмоционального фактора и повышение дисциплины	Робо-эдвайзеры, алгоритмические торговые системы
Инфляционно-защитная	Поддержание покупательной способности капитала	Металлы, сырьевые компании, недвижимость, дисконтные ставки с индексированными дивидендами

Для благополучного функционирования на нестабильных рынках частные вкладчики обращаются к ряду инструментов и способов, направленных на минимизацию убытков и прироста устойчивости портфеля:

1. Диверсификация. Классический формат управления рисками, включающий в себя распределение активов по отраслям, регионам. Шире трансформирование – меньше влияние отдельных ситуаций на совместный результат.
2. Хеджирование. Применение производных инструментов компенсирует возможные потери по ключевым позициям. Особенно актуально при инвестировании в волатильные рынки и иностранные патенты.
3. Инвестиции через биржевые фонды. ETF способствует вкладывать в широкий набор страховых резервов с минимизированием издержек. Снижает зависимость от компаний и минус концентрации.
4. Принципы стоимостного инвестирования (value investing). Ориентация на фундаментальные показатели бизнеса, а не на краткосрочные колебания цен, позволяя инвеститору сохранять рациональность в период финансовых потрясений.

Волатильность экономических рынков – неизбежное явление современной отрасли. Ключ к успеху – рациональное регулирование капитала, дисциплина и использование инструментов, позволяющих контролировать возможные опасности.

Эффективная ликвидная стратегия в условиях нестабильности обязана сочетать три принципа: гибкость, долгосрочную ориентацию и диверсификацию. Исключительно при таком аспекте инвестор способен сберечь устойчивость портфеля и создать стабильный рост собственности в долгосрочной перспективе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Барсуков Д. А. Поведенческие аспекты принятия инвестиционных решений частными инвесторами // Экономический анализ: теория и практика. 2022. № 9. С. 36–45.
- 2 Дьячкова Н. С. Поведенческие финансы: психология инвестора и рыночные аномалии. Москва: Экономика, 2021. 232 с.
- 3 Кудрявцев А. А. Волатильность финансовых рынков и адаптация частных инвесторов // Финансы и кредит. 2023. № 6 (876). С. 21–30.

- 4 Ли Д. Investment Strategies under Market Uncertainty: Behavioral and Quantitative Perspectives. London: Routledge, 2023. 183 p.
- 5 Porter M. E. Competitive Strategy and Investment Decisions in Dynamic Markets. New York: Free Press, 2022. 279 p.
- 6 Шапошников В. Н. Инвестиционный риск: диагностика, оценка и методы минимизации. Екатеринбург: УрФУ, 2022. 192 с.
- 7 ЮНЕСКО. Digital Transformation and Financial Literacy in Emerging Economies. Paris: UNESCO Press, 2023. 167 p.

УДК 004.93

РАЗВИТИЕ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ МИРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

А. А. Курышина, И. С. Илюхина, М. Н. Харитонов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Малый и средний бизнес(МСБ) всегда играет ключевую роль в формировании устойчивости экономической системы каждого государства, неоспоримый факт. Именно эта часть предпринимательской сферы предполагает гибкость национального производства, адаптацию к изменениям рыночной концепции, а также способствует созданию рабочих мест и инновационному развитию. В современных реалиях МСБ становится не только внутренним приоритетом стран, но и элементом конкурентоспособности в мире.

Ценообразование характеризуется высокой степенью интеграции, стремительными цифровыми изменениями и нестабильностью финансовых рынков. Данные факторы и создают новые возможности, и представляют глобальные вызовы для малого и среднего бизнеса. Без адаптирования к новым технологиям, становления внешнеэкономических связей и поиска путей уменьшения зависимости от глобальных кризисов, предприятию будет сложно держаться на плаву и противостоять конкуренции [5: 146].

Анализируя информацию и отчетность, можно выделить малый и средний бизнес, как основу финансового роста. По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в европейских и азиатских областях на долю МСД приходится 50–70 % рабочих мест и более половины совокупного внутреннего валового продукта. Структура формирует устойчивость национальных экономик, фирмы держатся, имея способность компенсации спада крупных корпораций в кризисных ситуациях [1: 175].

Основная сила заключается в гибкости бизнесов. Сравнивая с крупными компаниями, меньшие предприятия способны активно подстраиваться под изменение спроса, внедрять в работу новые тенденции и локальные колебания экономики, как и быть в тренде [2: 129]. Они стремительно участвуют в формировании инновационного потенциала, создавая новые продукты и услуги, формы обслуживания потребителей. В связи с этим масштаб этого бизнеса рассматривается так: катализатор изменений и промышленного прогресса [3: 173].

Современные тенденции мирового хозяйства определенно влияют на динамику формирования и развития малого и среднего бизнеса. Рассмотрим наиболее значительные факторы в табличной форме.

Таблица

Глобальные тенденции, влияющие на развитие МСБ

Название	Описание
Цифровизация и технологическая трансформация	Появление программных платформ, онлайн-торговли, автоматизации и ИИ открывает новые рынки, снижая барьерные входы. Одновременно с этим возникает необходимость в инвестициях, компетенциях и защиты данных, что является серьёзным вызовом для малого бизнеса.
Глобализация рынков	Благодаря открытости международных продаж, малые компании имеют ресурс выхода за пределы внутренних рынков. Экспорт услуг и товаров доступен в том числе микропредприятиям.
Политическая и экономическая нестабильность	Санкции, кризисы, логистические сбои и военные неурядицы порождают неопределенность, в особенности до предприятий, имеющих зависимость от импорта/внешнего спроса. Выживание в таких условиях = диверсификация поставок и гибкость бизнес-моделей.
Экологические и социальные стандарты	Предпринимательство сталкивается с важностью учитывать природную устойчивость, сокращать углеродный след и внедрять социально-ответственные практики. Это не только дополнительная нагрузка, но и шанс захватить новую нишу.

В наше время мировая экономика характеризуется активным переходом к цифровым границам, ускорением новейших процессов и усложнением глобальных цепочек поставок. Сталкиваясь с ранее неречисленными условиями, следует обдумать свои модели развития, ключевые из которых: инновационное обновление, сотрудничество, кооперация, развитие человеческого капитала и локализация [4; 205].

В долгосрочной перспективе именно малый и средний бизнес способен стать основой устойчивого и справедливого экономического роста. Он обеспечивает баланс между глобальными тенденциями и локальными интересами, создаёт рабочие места, развивает регионы и способствует социально-экономической стабильности. Поэтому укрепление МСБ – не просто экономическая задача, а стратегическое направление развития мирового хозяйства XXI века.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абрамова И. А. Малый и средний бизнес в системе современной мировой экономики: тенденции и вызовы глобализации. Москва: Научная книга, 2023. 175 с.
- 2 Воронов Д. С. Инновационные механизмы поддержки малого бизнеса в странах ОЭСР. Санкт-Петербург: СПбГУ, 2021. 129 с.
- 3 Кузнецов И. В. Глобальные тренды и перспективы развития МСП в условиях экономической турбулентности. Новосибирск: СибАК, 2024. 173 с.
- 4 Ли Чж. Small and Medium Enterprises in the Global Market: Challenges and Resilience Strategies. Singapore: World Scientific, 2022. 205 p.
- 5 ЮНЕСКО. Digital Transformation and Entrepreneurship in Developing Economies. Paris: UNESCO Press, 2023. 146 p.

УДК 331.08

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕШЕНИИ HR-ЗАДАЧ

П. А. Лазарева, О. В. Иванчина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Сегодня мир стремительно меняется под влиянием новейших цифровых технологий, и одна из областей, претерпевших значительные трансформации – сфера управления человеческими ресурсами. Современные реалии требуют быстрого реагирования на рыночные вызовы, оптимизации бизнес-процессов и повышения конкурентоспособности предприятий. Именно поэтому всё большее число компаний обращается к передовым инструментам, среди которых особое место занял искусственный интеллект (ИИ). Данная работа посвящена исследованию роли и влияния искусственного интеллекта на HR-задачи, выделяя положительные эффекты и выявляя потенциальные риски. Рассматриваются основные направления использования ИИ в HR-сфере. Анализируется практика крупных компаний, включая Сбер и Google, демонстрирующих высокий потенциал применения ИИ для повышения эффективности кадровой работы. Обосновывается важность этической составляющей использования технологий ИИ в управлении человеческими ресурсами, рассматриваются риски и преимущества такого подхода. Интеграция технологий ИИ в сферу HR открыла новые горизонты для улучшения многих процессов: начиная от автоматизированного поиска и отбора кандидатов, заканчивая поддержкой профессионального развития сотрудников и созданием благоприятных условий для их комфортного пребывания в компании. Преимущества, которые дает ИИ бизнесу:

- Быстрота обработки данных.
- Исключение субъективности выбора.
- Рациональное управление кадрами.

Алгоритмы ИИ наследуют скрытые предпочтения и предвзятости, заложенные разработчиками или сформировавшиеся на основе исторических данных; для точной работы ИИ необходим большой объём качественных данных, отсутствие которых замедляет внедрение и ухудшает результаты; сбор и хранение персональных данных сотрудников вызывают серьёзные этические и юридические вопросы. Искусственный интеллект становится всё более востребованным инструментом в управлении человеческими ресурсами. Компании стремятся оптимизировать процессы подбора персонала, повышения квалификации сотрудников и управления талантами благодаря технологиям машинного обучения и анализа больших данных. Рассмотрим наиболее интересные практики внедрения ИИ в HR среди отечественных и зарубежных компаний. Российские компании активно внедряют подобные системы.

Сбер, одна из крупнейших компаний, активно внедряет современные технологии и непосредственно ИИ, для оптимизации всех бизнес-процессов. Одной из ключевых разработок компании в

области HR стало создание собственной платформы для подбора персонала. Она предназначена для автоматизации ряда задач, традиционно выполняемых вручную, таких как сортировка резюме, проверка квалификации кандидатов и рекомендация лучших вариантов для каждой открытой вакансии. Платформа состоит из нескольких компонентов:

1. Модуль анализа резюме, где система самостоятельно считывает и классифицирует резюме, обращая внимание на образование, квалификацию, навыки и опыт кандидатов. Таким образом, рекрутеры могут сосредоточиться на рассмотрении наиболее перспективных резюме, соответствующих заявленным требованиям вакансии.
2. Аналитика, т.е. используя массивы данных, накопленных банком, платформа находит скрытые закономерности и зависимости, позволяющие глубже понять потребности подразделений и наилучшим образом подобрать подходящего специалиста.
3. Алгоритмы прогнозирования и рекомендации помимо непосредственной обработки данных, позволяют генерировать прогнозы относительно успешности кандидата на той или иной должности, исходя из предыдущего опыта аналогичных ситуаций и показателей эффективности сотрудников с похожими характеристиками.

Переход на AI-платформу принес банку ощутимые результаты:

- Значительное сокращение времени на подбор персонала. Ранее сотрудники отдела кадров тратили дни и даже недели на изучение сотен резюме, теперь процесс сократился до нескольких часов.
- Рост качества подбора кадров. Благодаря детальному анализу множества факторов и наличию обширной базы данных, увеличивается вероятность нахождения действительно подходящего кандидата.
- Минимизация влияния человеческого фактора. Автоматизированные системы снижают предвзятость, обусловленную личным восприятием рекрутера, создавая равные условия для всех кандидатов.

Однако важно отметить, что искусственный интеллект в Сбере пока не заменил полностью человеческий фактор в HR-функциях. Окончательное решение о приеме на работу остается за специалистами компании, а AI выступает лишь инструментом поддержки принятия решений. Внедрение инновационных подходов в области HR стало частью общей цифровой трансформации Сбера, позволив значительно повысить эффективность и прозрачность процессов подбора персонала [3].

За рубежом похожие технологии широко распространены. Например, компания Amazon большое внимание уделяет безопасности на рабочих местах и активно использует искусственный интеллект для анализа видеоданных с камер наблюдения. Это позволяет выявлять потенциальные опасности и нарушения правил безопасности, а также предупреждать несчастные случаи [4: 57].

За рубежом похожие технологии широко распространены. Международная корпорация Google давно осознала преимущества искусственного интеллекта и активно интегрировала его в разные аспекты своего HR-процесса. Компания успешно применяет технологии ИИ в сфере HR, автоматизируя обработку большого объема поступающих резюме. Специальный алгоритм машинного обучения проводит оценку кандидатов по множеству критериев, включая профессиональные навыки, образование и даже культурное соответствие корпоративному духу компании. Это позволило компании существенно повысить качество найма сотрудников и снизить риск упустить перспективных кадров.

Для облегчения процесса адаптации новых сотрудников Google разработала платформу «Google-to-be», где новички получают доступ ко всей важной информации о компании, правилам внутреннего распорядка и имеют возможность оперативно получать ответы на возникающие вопросы.

Эта платформа также оснащена встроенным помощником на основе ИИ, который может автоматически отвечать на частые вопросы новичков и помогать разобраться в корпоративных правилах и культурных особенностях компании. Такой подход уменьшает нагрузку на менеджеров по персоналу и упрощает переход сотрудников в новый рабочий ритм [2: 73].

Ниже представлена подробная сравнительная таблица применения искусственного интеллекта (ИИ) в управлении персоналом между российским Сбербанком и международной компанией Google.

Таблица

Применение искусственного интеллекта [составлено авторами]

№	Параметры	Сбербанк	Google
1	Степень внедрения ИИ	Высоко развита	Очень высокая
2	Объем используемого ИИ	Локальная инфраструктура	Глобальная цифровая платформа
3	Области применения:		
	Подбор персонала	+	+
	Оценка сотрудников	+	+
	Персонализация обучения	Ограничено	Широкая реализация

4	Совершенствование бизнес-процессов	Применяются отдельные элементы	Широкий охват и глубокое внедрение
5	Основные результаты	Повышенная эффективность подбора, уменьшение человеческих ошибок	Значительно улучшены процессы управления персоналом, высокая точность предиктивных моделей
6	Общая польза применения	Сокращение расходов, увеличение скорости и качества подбора	Рост продуктивности сотрудников, снижение оттока кадров, экономия ресурсов
7	Ключевые отличия	Фокус на локальных проектах, ограниченная масштабируемость	Ориентация на глобальные инициативы, высокий уровень интеграции и стандартизации

Из таблицы можно сделать вывод, что Google показывает намного большую интеграцию и активное использование ИИ в HR-задачах, тогда как Сбер сосредотачивается преимущественно на локальной инфраструктуре и местных проектах. Google обладает огромным количеством данных и возможностями для быстрого развертывания новых технологий, тогда как Сбер ограничивается национальной спецификой и наличием законодательных ограничений. Поскольку конкретные цифровые показатели зачастую являются конфиденциальной информацией компаний, будет приведен общий сравнительный анализ на основании известных фактов и публикаций.

Сбербанк активно внедряет технологии ИИ в разные сферы своей деятельности, включая HR-процессы. Например, компания использует интеллектуальные системы подбора персонала, оценки кандидатов и оптимизации рабочих процессов сотрудников. По состоянию на конец 2024 года, около 80 % рекрутинга проводится автоматически с использованием инструментов ИИ, согласно данным самого банка. Кроме того, внедрение голосовых помощников и чат-ботов позволило сократить затраты на обучение новых сотрудников примерно на 20 %, повысить эффективность найма и уменьшить количество ошибок при подборе кадров. Также сообщается, что благодаря внедрению ИИ-программ сократилось среднее время закрытия вакансии почти вдвое – с 40 до 22 дней.

Google также является лидером в применении ИИ-технологий внутри компании, особенно в HR-области. По различным оценкам, применение AI-решений позволяет компании экономить значительное количество ресурсов и достигать лучших результатов при поиске талантливых работников. Однако точные процентные показатели публично редко раскрываются. Согласно одному из исследований 2022 года, алгоритмы искусственного интеллекта помогли снизить число повторных собеседований примерно на 30 %. Также отмечено повышение точности подбора сотрудников на ключевые должности примерно на 15 % по сравнению с традиционными методами.

Хотя обе компании успешно используют возможности ИИ в HR-процессах, степень открытости показателей различается. Можно утверждать, что оба игрока рынка демонстрируют значительные успехи в автоматизации HR-задач и снижении затрат за счёт внедрения ИИ-технологий. Искусственный интеллект приносит огромные перемены в практику управления человеческими ресурсами, однако вместе с преимуществами возникают серьезные этические вопросы, требующие пристального внимания. Европейская комиссия выделила семь ключевых требований, которым должны следовать компании, разрабатывающие программы искусственного интеллекта, чтобы он мог считаться надежным. К ним относятся: осуществление надзора со стороны людей; техническая безопасность; конфиденциальность и обеспечение безопасности данных; прозрачность; разнообразие, недискриминация и справедливость; социальное и экологическое благополучие; подотчетность [1: 73].

Одна из ключевых этических дилемм связана с возможным возникновением непреднамеренных или скрытых форм дискриминации при использовании алгоритмов ИИ. Такие алгоритмы обучаются на исторических данных, которые могут содержать предвзятые представления о людях, основанные на расе, поле, возрасте, образовании или опыте работы. Если исходные данные содержат стереотипы или неравенство, ИИ может перенять и распространить их, усиливая существующие несправедливости. Необходимо уделять внимание разработке справедливых и прозрачных алгоритмов, регулярно проверять наборы данных на наличие искажений и избегать чрезмерной зависимости от чисто количественных метрик при оценке кандидатов. Часто ИИ решает сложные задачи путем использования «чёрных ящиков», т.е. отсутствия понятных критериев.

Искусственный интеллект уверенно входит в мир управления человеческими ресурсами, кардинально меняя привычный подход к решению задач HR. Автоматика и машинное обучение открывают совершенно новые горизонты для рекрутмента, оценки сотрудников, формирования корпоративной культуры и даже обучения персонала. Однако, несмотря на несомненные плюсы, нельзя забывать о

важности соблюдения этических стандартов и юридической обоснованности при внедрении таких технологий. Опыт российских и зарубежных компаний наглядно иллюстрирует преимущества применения ИИ в HR: от экономии времени и ресурсов до точного подбора персонала и индивидуальной оценки сотрудников. Вместе с тем встаёт целый ряд острых вопросов, затрагивающих конфиденциальность, справедливость и целостность трудовых отношений. Анализируя успешный опыт внедрения технологий искусственного интеллекта компаниями Сбербанк и Google, российским организациям хочется порекомендовать учитывать следующие моменты:

1. Интеграция ИИ должна происходить с учетом местных законодательных норм и уникальных культурных особенностей предприятий.
2. Выбор инструментов требует тщательной проверки на предмет соблюдения конфиденциальности персональных данных работников.
3. Наиболее эффективна комбинация современных технологических решений с человеческими компетенциями HR-специалистов, способствующая росту эффективности компании и укреплению лояльности сотрудников.

Вывод, который можно сделать в результате исследования сводится к пониманию, что сегодня мир находится на пороге революции в управлении персоналом, и своевременное понимание особенностей и угроз ИИ позволит грамотно реализовать этот мощный инструмент в интересах бизнеса и общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Щербакова О. В. Использование программ искусственного интеллекта при найме работников // Электронное приложение к Российскому юридическому журналу. 2021. № 3. С. 72–76. DOI 10.34076/22196838_2021_3_72. EDN UVIYUL.
- 2 Сувалова Т. В., Ашурбеков Р. А. Перспективы применения искусственного интеллекта в отечественных и зарубежных рекрутинговых компаниях // Управление персоналом и интеллектуальными ресурсами в России. 2018. Т. 7, № 6. С. 71–75. DOI 10.12737/article_5c17765624e826.76329373. EDN YWHMRV.
- 3 sber.pro [Электронный ресурс]. URL: <https://sber.pro/publication/ot-podbora-personala-do-kadrovogo-prognozirovaniya-kak-HR-otdeli-mogut-ispolzovat-ai-v-2025-godu/> (Дата обращения: 17.10.25)
- 4 Долгова М. А., Гончарова П. Т. Применение искусственного интеллекта в сфере управления персоналом // Молодой учёный : сборник статей VI Международной научно-практической конференции, Пенза, 23 апреля 2024 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2024. С. 56–58. EDN GRTLFC.

УКД 338.45

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТИХООКЕАНСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

С. В. Моисеева, Л. В. Гашкова, В. М. Самуйлов

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Для успешной разработки природных ресурсов Дальнего Востока и включения в экономические процессы Азиатско-Тихоокеанского региона необходимо создание передовой и производительной сети путей сообщения. Инициатива по строительству частной железнодорожной магистрали к Охотскому морю играет первостепенную роль в достижении этой важной цели.

Частная железнодорожная магистраль, известная как Тихоокеанская железная дорога (ТЖД), соединяет Эльгинское угольное месторождение в Якутии с портом Эльга, расположенным на северо-западном побережье Удской губы Охотского моря в Хабаровском крае. Эта линия служит продолжением железнодорожного пути Улак – Эльга и представляет собой третью значимую железнодорожную артерию Дальнего Востока, наряду с Транссибирской магистралью и БАМом. 4 сентября текущего года состоялось торжественное открытие Тихоокеанской железнодорожной магистрали, соединяющей Эльгинское угольное месторождение, расположенное в Якутии, с портом Эльга, находящимся в Хабаровском крае, а в сентябре этого же года было сообщено о планах по дальнейшему расширению железнодорожного пути в западном направлении, к Тунгусскому угольному бассейну, расположенному в Красноярском крае [1].

Расположенное в юго-восточной части Республики Саха (Якутия), Эльгинское угольное месторождение представляет собой крупнейший российский кластер коксующегося угля, чьи запасы, оцененные по стандартам JORC, превышают 2,2 миллиарда тонн. Разработка этого месторождения дала

мощный импульс масштабным инфраструктурным инициативам, в центре которых – возведение частной Тихоокеанской железной дороги, соединяющей Улак и Порт Эльга.

История железнодорожной линии Улак – Эльга – Порт Эльга представляет собой пример трансформации от государственных замыслов к реализации за счет частных инвестиций. Этот процесс отражает меняющиеся стратегии развития инфраструктурных проектов в Дальневосточном регионе России.

Месторождение было обнаружено в 1981 году, однако его активная эксплуатация началась в 2011 году с приходом частных инвесторов (сначала «Мечел», затем «А-Проперти»). Добыча ведется открытым способом, что обуславливает необходимость в развитой системе транспортной логистики. Инициатива создания железнодорожной ветки исходила от Министерства путей сообщения РФ в рамках государственной программы развития зоны Байкало-Амурской магистрали. Проект предусматривал строительство 315-километровой линии от станции Улак (БАМ) до Эльгинского угольного месторождения [2].

К 2002 году было проложено 60 км железнодорожных путей, возведено 30 мостовых сооружений и построено 120 км автомобильной дороги. Однако из-за значительного увеличения сметы проекта и сокращения финансирования из бюджета его реализация была приостановлена.

В 2007 году компания «Мечел» (под руководством Игоря Зюзина) приобрела 68,8 % акций компании «Эльгауголь» и объекты незавершенного строительства у РЖД за сумму в \$450 млн. «Мечел» разработал обновленный проект, исключающий строительство туннелей и минимизирующий количество мостов, с целью уменьшения общей стоимости и сокращения сроков реализации. Работы были возобновлены в 2008 году с привлечением подрядных организаций («Металлургшахтспецстрой», «Трансстрой»). К 2011 году было построено 209 км железнодорожных путей, а в 2012 году было открыто сквозное движение до Эльгинского месторождения (общая протяженность составила 321 км). Общая сумма затрат составила 40 млрд рублей. Было уложено 321 км путей и построено 76 мостов.

В апреле 2020 года компания «А-Проперти» (под управлением Альберта Авдоляна) приобрела 51 % акций Эльгинского комплекса у «Мечела» за 97 млрд рублей и выкупила оставшиеся 49 % у Газпромбанка за 45 млрд рублей. Новый собственник объявил о планах инвестировать 130 млрд рублей в развитие проекта и увеличить объемы добычи до 45 млн тонн в год к 2023 году. В 2024 году были завершены работы по укладке железнодорожных путей Тихоокеанской железной дороги. Порт Эльга, расположенный на мысе Манорский, начал принимать морские суда. Общий объем инвестиций «А-Проперти» в проект превысил 220 млрд рублей (включая строительство 11 обогатительных фабрик). Официальное открытие состоялось 4 сентября 2025 года в рамках Восточного экономического форума (ВЭФ) при участии президента РФ Владимира Путина [3].

Действующая железнодорожная линия Улак – Эльга обладает пропускной способностью до 30 миллионов тонн в год. Однако стремительный рост объемов добычи (с 5 млн тонн в 2018 году до 21 млн тонн в 2023 году) превысил пропускную способность БАМа и Транссибирской магистрали.

Подтвержденные запасы угля достигают 2,2 млрд тонн, характеризующегося высоким качеством – низким содержанием золы (от 21,7 % до 40,3 %) и высокой теплотой сгорания (от 6710 до 8680 ккал/кг). Это делает его востребованным сырьем для нужд металлургической промышленности и экспортных поставок в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР).

До 2022 года транспортировка угля осуществлялась через порты Приморского и Хабаровского краев, что увеличивало протяженность маршрута на 500–700 км и повышало логистические издержки. Это послужило стимулом для создания прямого выхода к Охотскому морю.

После приобретения месторождения в 2020 году компания инвестировала 130 млрд рублей в развитие инфраструктурных объектов, в том числе:

- Строительство Тихоокеанской железной дороги протяженностью 531 км (с учетом разъездов – 626 км).
- Создание морского порта Эльга на мысе Манорский с проектной мощностью 50 млн тонн угля в год.

На данный момент дорога и порт введены в эксплуатацию, что позволит сократить логистическое плечо на 50 % и обеспечить прямые экспортные поставки в страны АТР.

Новый транспортный путь позволит полностью отказаться от использования мощностей РЖД, обеспечив ежегодный экспорт до 50 млн тонн угля.

Реализация проекта привела к созданию 25 тысяч рабочих мест в Республике Саха (Якутия) и Хабаровском крае, стимулировала строительство аэропорта Эльга (открыт в 2023 году) и объектов социальной инфраструктуры [4].

В зоне тяготения новой железной дороги находятся 22 угольных и железорудных месторождения с общими запасами до 40 млрд тонн, что создает благоприятные условия для их будущего освоения.

Железнодорожная линия пролегает в зоне вечной мерзлоты, где зимой температура опускается до -65°C , а летом поднимается до $+40^{\circ}\text{C}$. Для обеспечения устойчивости железнодорожного полотна

применялись специализированные технологии укладки рельсошпальной решетки и балластировки, а для снижения негативного воздействия на окружающую среду использованы технологии, исключающие необходимость строительства тоннелей.

Проект порта Эльга разработан с учетом современных экологических стандартов, включая внедрение системы конвейерной перевалки угля (протяженностью 5 км) для минимизации пылеобразования.

Главный путь железной дороги занимает 531 км. Если учитывать все станции, разъезды и дополнительные ветки, полная длина путей достигает 626 км. Это делает данную дорогу крупнейшей частной железнодорожной линией на территории России. Ширина рельсовой колеи соответствует российскому стандарту – 1520 мм. Так же на дороге построено 76 мостов, в том числе сложные многопролетные конструкции, пересекающие горные реки (например, реку Джану), а на протяжении всей трассы расположены 18 разъездов, а также 3 станции, включая промежуточный пункт и припортовый терминал. Морской терминал, расположенный на мысе Манорский (Удская губа Охотского моря), обладает проектной мощностью перевалки 30 миллионов тонн угля в год с перспективой увеличения до 50 миллионов тонн к 2027 году. Порт имеет возможность принимать суда класса Panamax грузоподъемностью до 170 тыс. тонн [5].

В качестве системы управления и сигнализации используется микропроцессорная централизация (МПЦ) «Урал», обеспечивающая удаленное управление движением составов. Это способствует уменьшению штата сотрудников и повышению безопасности.

Тяговый состав включает в себя тепловозы модели 2ТЭ35А с мощностью 7300 кВт, специально разработанные для работы в условиях горного рельефа и экстремальных температур. Планируется эксплуатация 15 локомотивов и 1200 вагонов.

Кроме того, вдоль всей трассы развернута сеть спутниковой и GSM-связи для осуществления диспетчерского контроля. Для мониторинга строительства и перемещения поездов используются беспилотные летательные аппараты (дроны) и GPS-датчики.

Продолжительность строительства составила 3 года (2022–2025), что является рекордно коротким сроком для реализации проекта такого масштаба.

Общая стоимость проекта оценивается в 146,6 млрд рублей (первоначальная оценка составляла 97,1 млрд рублей). Финансирование осуществлялось полностью за счет частных инвестиций, предоставленных компанией «А–Проперти» Альберта Авдоляна.

Ожидается, что проект окупится в течение 7 лет за счет экспорта угля в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (Китай, Индию).

Возведение Тихоокеанской железной дороги (ТЖД), соединяющей Улак и Порт Эльга, стало возможным благодаря всесторонней помощи государства и непосредственному участию В.В. Путина в определении ключевых направлений развития восточных территорий страны. Рассмотрим основные проявления этого влияния подробнее.

В рамках Восточного экономического форума в 2024 году между правительствами Якутии и Хабаровского края, а также компанией «Порт Эльга» было достигнуто соглашение. Документ зафиксировал взаимные обязательства сторон по согласованию развития инфраструктуры, включая постройку железной дороги и порта, а также предоставление налоговых преференций и упрощение административных процессов.

Включение в стратегию развития Дальнего Востока: Проект был включен в общегосударственные программы, в частности, «Развитие транспортной системы России до 2030 года» и «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока». Это обеспечило ему высокий приоритет и доступ к средствам федерального бюджета (хотя основная часть финансирования привлекалась из частных источников). Поддержка через территории опережающего развития (ТОР): Портовый комплекс «Эльга» получил статус резидента ТОР «Хабаровск», что подразумевает налоговые каникулы (например, нулевая ставка налог на прибыль в течение первых пяти лет) и облегченный порядок землепользования [6].

Обсуждение на совещаниях по вопросам развития инфраструктуры (2022–2024 гг.): В.В. Путин неоднократно поднимал вопросы, касающиеся развития транспортной инфраструктуры восточных регионов России, на встречах с членами правительства. Например, в 2022 году он дал указание обеспечить оперативное подключение частных проектов к стратегически важным объектам (таким как БАМ и порты Охотского моря).

В своём выступлении на ВЭФ–2025 В.В. Путин подчеркнул, что ТЖД является «примером успешного взаимодействия бизнеса и государства», где частные инвестиции (в объеме 2 млрд. долларов) дополняются мерами государственного регулирования. Это демонстрирует модель, в которой предприниматели принимают на себя риски, а государство обеспечивает создание необходимой инфраструктуры и правовых условий.

Как отметил В.А. Штыров в одном из интервью, ещё в 2000-х годах В.В. Путин поддержал передачу «Якутугля» в собственность республики, что позволило приступить к освоению Эльгинского угольного месторождения. Это решение заложило основу для последующих частных инвестиций [7].

Фактическое воздействие государственной политики способствовало созданию благоприятной нормативно–правовой базы, а именно:

- Сокращение сроков экологической экспертизы: Период проведения экспертиз для ТЖД был сокращен с 18 до 6 месяцев благодаря включению проекта в список приоритетных.
- В качестве резидента ТОР «Хабаровск» проект получил возможность использовать упрощенные процедуры получения разрешений на строительство и землепользование.

Опосредованная роль через формирование государственной политики: Государственная стратегия, разработанная по инициативе В.В. Путина, акцентировала внимание на развитии инфраструктуры Дальнего Востока в качестве ответа на санкционное давление. Это включало в себя стимулирование экспортных логистических путей в обход традиционных маршрутов (например, через порты Приморского края), что напрямую связано с логистикой ТЖД.

Также правительство обеспечило взаимодействие между РЖД и частными операторами железной дороги. Например, несмотря на то, что ТЖД является частным проектом, её маршрут согласован с графиком движения поездов по БАМу во избежание конфликтов в области грузоперевозок.

Таким образом роль государства и лично В.В. Путина в реализации проекта ТЖД заключается в:

- Стратегическом планировании: Интеграция проекта в государственные программы развития Дальневосточного региона.
- Регуляторной поддержке: Создание преференциальных условий через ТОР и ускоренные процедуры.
- Формировании государственной идеологии: Акцент на государственно–частное партнерство как на модель для масштабных инфраструктурных проектов.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что Эльгинское месторождение стало ключевым фактором развития транспортной инфраструктуры на Дальнем Востоке. Благодаря инвестициям частного бизнеса создается новый логистический коридор, который не только обеспечит экспорт угля, но и откроет доступ к другим природным ресурсам региона. Этот проект служит примером успешного государственно–частного партнерства, где бизнес берет на себя риски масштабного строительства, а государство обеспечивает благоприятные условия для реализации таких проектов.

Трансформация проекта от государственных инициатив к частным инвестициям подтверждает идею о том, что крупные инфраструктурные задачи в Дальневосточном регионе более эффективно решаются при участии частного бизнеса. Привлечение частного капитала («Мечел», а затем «А–Проперти») обеспечило необходимое финансирование, ускорило темпы строительства и интегрировало всю логистическую цепочку – от добычи угля до его экспортных поставок через собственный морской порт. Все это стало решающим фактором в завершении строительства Тихоокеанской железной дороги Улак – Порт Эльга.

Завершение строительства железнодорожной магистрали Улак – Порт Эльга играет роль ускорителя в развитии южных районов Якутии и Хабаровского края. Данный проект, осуществленный за счет привлеченных частных инвестиций, не просто обеспечивает логистическую поддержку для крупного угольного бассейна, но и создает новую основу для заселения и экономического подъема на Дальнем Востоке, подготавливая почву для дальнейших исследований и освоения природных ресурсов региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Восточное обозрение: Ввод ТЖД в эксплуатацию <https://dvobozrenie.ru/news/tihookeanskaja-zheleznaja-doroga/> (дата обращения: 15.10.2025).
- 2 Планы «А–Проперти» по строительству ТЖД и порта – EastRussia: [Электронный ресурс] URL: <https://www.eastrussia.ru/material/guba-dlya-elgi/>
- 3 Приобретение «А–Проперти» Эльгинского месторождения – РБК: [Электронный ресурс] URL: <https://www.rbc.ru/business/08/06/2020/5edd50ee9a7947adf630ec8b> (дата обращения: 15.10.2025).
- 4 Завершено строительство первой очереди грузового терминала «Нижний Бестях» – EastRussia: [Электронный ресурс] URL: <https://www.eastrussia.ru/news/zaversheno-stroitelstvo-pervoy-ocheredi-gruzovogo-terminala-nizhniy-bestyakh/>
- 5 Эльгинское угольное месторождение: развитие, роль, перспективы // Ведомости недр. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/elginskoe-ugolnoe-mestorozhdenie-razvitie-rol-perspektivy-23941/> (дата обращения: 15.10.2025).
- 6 Запуск порта Эльга в 2025 году – EastRussia: [Электронный ресурс] URL: <https://www.eastrussia.ru/news/port-elga-zapustit-terminal-i-zheleznuyu-dorogu-v-2025-godu/> (дата обращения: 15.10.2025).
- 7 Интервью Вячеслава Штырова о роли Путина в становлении проекта. [Электронный ресурс] URL: <https://va-shtyrov.ru/actual/nashi-glavnye-proekty-vazhny-ne-tolko-dlya-dalnego-vostoka-no-i-dlya-vsej-rossii/> (дата обращения: 15.10.2025).

ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В. А. Оленцевич

Иркутский государственный университет путей сообщения

Введение. Особое значение успешного развития логистики на Восточном полигоне железных дорог занимает транспортная составляющая, поскольку именно она обеспечивает физическое перемещение грузов и оказывает прямое влияние на общие затраты и качество обслуживания пользователей транспортных услуг. Оптимизация транспортных систем и комплексов включает в себя анализ маршрутов следования грузов, степени загрузки транспортных средств, уровня исполнения графиков движения и ведения тарифной политики, что позволяет значительно повысить экономическую эффективность перевозочной деятельности. В условиях постоянно возрастающих требований к скорости продвижения транспортных потоков и надежности доставки, вопросы совершенствования транспортной логистики становятся особенно актуальными [1–4].

Структура логистических транспортных систем состоит из различных сложных компонентов, взаимодействие между которыми обеспечивает эффективные и безопасные грузоперевозки. Данные системы представляют собой комплекс организационных, технических и информационных процессов, обеспечивающих доставку товаров от производителя к потребителю. Ключевыми элементами систем являются: транспортная инфраструктура, логистические услуги и информационная поддержка. Задача систем состоит в оптимизации транспортных потоков с целью снижения эксплуатационных расходов, исключения непроизводительных затрат, минимизации негативного влияния на экологические и производственные процессы [4, 5].

В контексте современного мира выделяются транспортно-складские комплексы (ТСК), которые создают условия для интеграции хранения и транспортировки грузов, что позволяет оптимизировать систему управления товарными потоками и повысить эффективность производства транспортных операций, т. к. обеспечивают синергию между внешним и внутренним транспортом, что позволяет минимизировать время и расстояние, необходимые для обращения грузов [6].

Регионы формируют свои транспортно-логистические комплексы (ТЛК), направленные на оптимизацию грузоперевозочной деятельности, что также включает в себя инициативы по модернизации цепочек поставок и внедрению новых технологий. Перегруженность транспортной инфраструктуры – проблема, с которой сталкиваются многие страны, включая Россию. Существующие транспортные системы часто влияют на скорость доставки и, как следствие, на общий уровень сервиса в логистике. Модернизация и развитие инфраструктурного комплекса, включая транспортные магистрали, мостовые и складские сооружения, являются необходимыми условиями для преодоления данных проблем, повышения уровня надежности логистических систем и комплексов Восточного полигона железных дорог [6–9].

Транспортно-экспедиторская деятельность, играющая значимую роль в логистических системах, также сталкивается с вызовами, связанными с изменениями на рынке, потребностями клиентов и развитием технологий. Эффективность деятельности зависит от способности адаптироваться к новым экономическим и политическим условиям, внедрять инновационные технологии. Одной из актуальных мировых тенденций является оптимизация процессов путем автоматизации и использования технологий больших данных для мониторинга и управления грузопотоками [10].

При переходе российских транспортных компаний на работу в новых политических и социальных реалиях, наблюдается прирост не только объемов транспортных услуг и сервисов, но и их разнообразия и качества. Данная динамика позволила в значительной степени расширить возможности по созданию новых принципов функционирования российских логистических транспортных систем и сформировать эффективные финансово-экономические подходы к оснащению и географической расстановке транспортно-логистических центров на основе интеграции процессов хранения грузов, оптимизации процессов и времени их перевалки, применения цифровых форматов по управлению и организации грузопотоков. Именно данные задачи будут служить ключевыми параметрами при построении современной транспортной логистики на Восточном полигоне железных дорог, способствуя сокращению цепей поставок, стабилизируя сервисное обслуживание, повышая клиентоориентированность Холдинга ОАО «РЖД», завоевывая мировые транспортные рынки.

Вопросы формирования новых подходов к транспортной и экспедиционной деятельности на Восточном полигоне.

Процессы транспортного и экспедиционного обеспечения грузовых перевозок на Восточном полигоне железных дорог являются важными составляющими суммарной логистической цепочки восточного направления движения, от эффективного функционирования которых зависит скорость продвижения груза, уровни пропускных и провозных мощностей инфраструктурного комплекса, оборот подвижного состава, слаженность работы морских портов и пограничных переходов, эффективность товароперемещения не только внутри страны, но и на международном рынке. Анализ показывает, что тут многие пользователи грузовыми железнодорожными перевозками столкнулись с недостатком и несовершенством нормативно-правовой базы, что дестабилизируют работу экспедиторских компаний, приводит к снижению качества услуг.

Экспедиторские компании, основной задачей которых является закрепление, и успешная реализация деятельности именно в рамках международных транспортно-логистических рынков, сталкиваются с вызовами, связанными с несовершенством транспортной инфраструктуры, особенно при осуществлении мультимодальных перевозок. Техническое оснащение и технологии в сфере связи могут существенно повысить эффективность уровень ТЭД. Применение современных информационных технологий позволяет оптимизировать процессы доставки и снизить вероятность ошибок в расчетах, например, по стоимости предоставляемых услуг [4, 6, 11].

Актуальными остаются проблемы, связанные с полнотой данных и обоснованностью расчетов, что также влияет на финансовые результаты функционирования транспортно-логистических компаний. Не менее важна проблема координации взаимодействия между различными участниками цепочки поставок. Эффективное управление поставками требует налажки связей между производителями, транспортными компаниями и конечными потребителями. Недостаток прозрачности и согласованности часто приводит к задержкам и увеличению финансовых затрат [4, 12].

Оптимизация процессов требует развития инфраструктурного комплекса, улучшения механизмов взаимодействия между государственными и частными структурами в рамках Восточного полигона. Государственные инициативы, направленные на модернизацию транспортных коридоров, могут помочь решать накопившиеся проблемы. Однако для достижения стабильного прогресса необходимо также системное изменение в подходах к правовому регулированию ТЭД. Совершенствование нормативной базы, включая адаптацию к международным стандартам, является важным шагом для улучшения операционных процессов [4, 6, 8, 13].

Предполагается, что с развитием технологий и пересмотром подходов к управлению транспортной логистикой перспективы ТЭД в России значительно улучшатся. Участие представителей научного сообщества, способных проводить системный анализ и на основе полученных данных оптимизировать логистические процессы, повысит общую конкурентоспособность сектора на международной арене.

Проблемы российской транспортной логистики. Транспортная логистика в России сталкивается с множеством проблем, которые требуют системного подхода к их устранению. Одной из основных является значительная степень износа инфраструктурного комплекса, включая дороги и терминалы, что ведет к увеличению времени и стоимости перевозок. По данным исследований, устаревающий транспортный парк также усугубляет данную ситуацию, так как новые технологии и средства передвижения недоступны по причине ограничений, вызванных геополитической ситуацией [8, 14–18].

Отметим, что квалификация персонала эксплуатационных и ремонтных транспортных предприятий остается на достаточно низком уровне, что является следствием недостаточного образования и отсутствия мотиваций для сотрудников. Низкий уровень заработной платы, отсутствие должного обучения, дефицит кадров, все это приводит к неэффективному управлению и понижению производительности труда. Кадровый дефицит особенно остро ощущается на региональном уровне.

Кроме того, недостаток количества логистических хабов и разветвленной транспортной сети ограничивает возможности для оптимизации транспортных процессов, увеличивая затраты на доставку грузов. Это также влияет на конкурентоспособность российских товаров на международном рынке. Согласно данным [4, 12] по опросу грузоотправителей, многие из них часто сталкиваются с высоким уровнем бюрократии со стороны перевозчиков-монополистов в отдельных регионах Сибири и Дальнего Востока, отсутствием прозрачности в процессах формирования логистических цепочек доставки грузов и контейнеров.

Именно данные факторы стоят в основе необходимости принятия скорейшего управленческого решения по проведению комплексной транспортной реформы, которая позволит сформировать ключевые направления дальнейшего успешного развития не только ОАО «РЖД», но и прочих видов транспорта с учетом перспективности производственной и сырьевой баз страны. Определит направления модернизации инфраструктурного комплекса по видам транспорта, сформирует инвестицион-

ные программы с учетом потребностей социально-политических условий развития страны, позволит укрепить производственно-техническую базу транспортных предприятий, улучшит условия труда, приведет к росту заработной платы, увеличит подвижность населения, будет способствовать повышению благосостояния регионов Сибири и Дальнего Востока.

Все перечисленные вопросы не могут быть решены без учета основ и перспектив транспортной и складской логистики, поскольку именно они способствуют снижению производственных издержек, стабилизируют финансово-экономическую деятельность различных секторов экономики, сельского хозяйства, розничной торговли и пр.

Важно помнить, что транспорт становится связующим звеном между производителями и потребителями, и его эффективность влияет на доступность товаров и услуг для населения [8, 15].

Таким образом, для обеспечения устойчивого роста в сфере транспортной логистики необходимо целенаправленно работать над устранением перечисленных проблем, вкладывая средства и ресурсы в модернизацию, образование и повышение квалификации специалистов.

Перспективы развития транспортной логистики в России формируются под воздействием множества факторов, как внутренних, так и международных. Важность данной сферы определяется влиянием глобальной экономики и изменениями в международной политике. Например, сравнительное замедление экономического роста Китая и падение международного спроса на товары приводят к трансформациям на рынке транспортно-логистических услуг. Очевидно, что именно указанное позволит сформировать новые перспективы для усиления цепей поставок на восточном направлении, увеличит товарооборот между странами Азиатско-Тихоокеанского региона, позволит на более длительный период прописать логистические принципы работы Восточного полигона железных дорог, что в свою очередь приведет к стабилизации перевозочной деятельности на основе именно организационных принципов, исключив прирост глобальный инфраструктурного комплекса [3, 6, 7].

На фоне усиливающегося сотрудничества с азиатскими странами Россия формирует новые транспортные коридоры и логистические парки, что должно способствовать росту объемов грузоперевозок и улучшению инфраструктуры [2, 10, 16].

Деятельность крупных промышленно-сырьевых ассоциаций и экономических международных платформ, направленных на создание открытого диалога между участниками транспортной логистики и государственными органами, позволяет оперативно реагировать на изменения положения в транспортной отрасли [12].

Очевидно, что основной вектор эффективного развития железнодорожной транспортной системы в сегодняшних условиях разворота грузопотока на восток, который оголил ряд проблем с транспортной инфраструктурой Восточного полигона, должен быть направлен на расширение внутренней инфраструктуры железнодорожных станций, формирование инновационных программ управления логистическими процессами и методологических подходов к процессу скандирования груза, путем применения системного подхода.

Заключение.

Представленное научное исследование доказывает то, что именно транспортная логистика играет главную роль при обеспечении эффективной работы транспортных систем и комплексов Восточного полигона железных дорог, определяя их финансово-экономическую направленности в зависимости от колебания грузопотока.

Ее успешное развитие должно включать в себя реализацию комплекса мероприятий по планированию, организации и контролю движения материальных потоков, включая транспортировку, складирование и распределение грузов. Современные логистические системы должны быть четко ориентированы на минимизацию издержек и времени доставки при обеспечении высокого уровня сервиса, это требует внедрения инновационных методов оптимизации и цифровых технологий. Эффективное функционирование системы транспортной логистики в рамках Восточного полигона будет способствовать повышению конкурентоспособности предприятий и устойчивому развитию экономики в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аннамухаммедов Д. Ж. Транспортная логистика и модернизация инфраструктуры: аналитический обзор [Электронный ресурс] // Вестник науки. 2023. № 3 (60). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnaya-logistika-i-modernizatsiya-infrastruktury> (Дата обращения: 24.01.2025).
- 2 Файзрахманова Е. В., Оленцевич А. А., Микаилов Р. А. Совершенствование управления логистическими издержками предприятия // Актуальные вопросы современной экономики. 2021. № 1. С. 70–74.
- 3 Оленцевич В. А., Гозбенко В. Е. Задачи приспособления транспортной инфраструктуры к новым технологиям // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 189–190.
- 4 Российские железные дороги // ОАО «РЖД»: сайт. URL: <http://www.rzd.ru> (Дата обращения 10.08.2025).

- 5 Покровская О. Д., Мороз Ю. А., Касьянов И. В. Влияние санкций на развитие транспортной и складской логистики в России // Вестник транспорта. 2023. № 3. С. 10–12.
- 6 Социально-экономические механизмы на транспорте: к 50-летию Иркутского государственного университета путей сообщения, 90-летию Департамента по организации, оплате и мотивации труда ОАО «РЖД» (ЦЗТ) и 120-летию Дорпрофжел : монография / [Н. А. Андреянова, Н. А. Анисимова, Н. А. Афанасьева [и др.] ; под ред. М. В. Вихоревой : КРИЖТ ИрГУПС. Красноярск: КРИЖТ ИрГУПС, 2025. 236 с.
- 7 Булохова Т. А., Оленцевич В. А. Ключевые аспекты финансирования программ развития инфраструктурного комплекса ЕАЭС // Постсоветский материк. 2022. № 2 (34). С. 42–52.
- 8 Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 27.11.2021 г. № 3363-р. Доступ из справ.-правов. системы КонсультантПлюс в локал.
- 9 Власова Н. В., Оленцевич В.А. Этапы формирования маркетинговой стратегии управления терминально-складским комплексом ОАО «Российские железные дороги» с целью достижения максимальных результатов продвижения транспортных услуг и привлечения клиентов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2022. № 2 (74). С. 163–174.
- 10 О перспективах развития железнодорожного транспорта : аналит. материалы к «Правительственному часу» в Государственной Думе 13 марта 2024 года / Белозеров О.В. и др. URL : https://parlib.duma.gov.ru/common/upload/documentpravchas/gh13032024_s.pdf (Дата обращения 02.09.2025).
- 11 Состояние и развитие транспортной логистики в современных условиях [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-razvitie-transportnoy-logistiki-v-sovremennyh-usloviyah> (Дата обращения: 15.06.2025).
- 12 Обзор факторов, влияющих на развитие транспортно-логистической отрасли [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-faktorov-vliyayuschih-na-razvitie-transportno-logisticheskoy-otrasli> (Дата обращения: 15.06.2025).
- 13 Брытков В. С., Крылач А. И. Вопросы реализации принципа бесшовной логистики на восточном полигоне железных дорог // Актуальные проблемы транспорта в XXI веке. труды III Международной научно-практической конференции. Новокузнецк, 2024. С. 21–26.
- 14 Железнов Д. В., Никищенков С. А. Инновационная технология в организации железнодорожных контейнерных перевозок // Транспортное дело России. 2024. № 7. С. 101–103.
- 15 Сущность и функции транспортной логистики [Электронный ресурс] // CyberLeninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-i-funktsii-transportnoy-logistiki> (Дата обращения: 15.06.2025).
- 16 Логистика нестандартных решений [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. 27.12.2023. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6424792> (Дата обращения: 15.06.2025).
- 17 Иванкова Л. Н., Иванков А. Н., Волкова С. Г. Формирование опорной сети транспортно-логистических комплексов // Инновационные технологии на железнодорожном транспорте: сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. Москва, 2022. С. 177–183.
- 18 Файзрахманова Е. В., Игнатьева Е. И., Оленцевич А. А. Безбарьерная транспортная среда как средство повышения эффективности грузовых перевозок // Повышение управленческого, экономического, социального и инновационно-технического потенциала предприятий, отраслей и народно-хозяйственных комплексов. сборник статей XI Международной научно-практической конференции. Пенза, 2020. С. 210–213.

УДК 338.24:004.01

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ

Е. Р. Папиловская, А. Е. Туманова, Ю. В. Скибин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях цифровизации и глобализации информационные системы (ИС) стратегически важны для конкурентоспособности предприятий. Интегрированные в бизнес-процессы, ИС трансформируют взаимодействие с клиентами, поставщиками и партнерами, оптимизируют принятие решений и повышают эффективность. Поэтому изучение влияния ИС на конкурентоспособность – актуальная задача.

Основная часть. Под ИС на предприятии будем понимать совокупность взаимосвязанных программно-аппаратных комплексов и элементов для сбора, обработки, хранения и распространения информации в целях поддержки управления и автоматизации. Конкурентоспособность – это способность эффективно функционировать на рынке, предлагая востребованные товары/услуги и обеспечивая прибыльность. Информационные технологии будут рассмотрены как методы и средства реализации функций ИС.

В современном мире совокупность информационных систем – неотъемлемая часть бизнес-стратегии. Эффективное использование ИС дает конкурентные преимущества: снижение издержек,

повышение качества, улучшение обслуживания, ускорение принятия решений и расширение рынков. Однако инвестиции в ИТ не всегда гарантируют рост конкурентоспособности. Неправильный выбор, неэффективное внедрение и недостаточное обучение могут навредить [1].

Поэтому необходим комплексный анализ влияния ИС на конкурентоспособность предприятий, учитывающий специфику, отрасль и развитие технологий.

Цель работы – изучение влияния ИС на конкурентоспособность. Задачи: рассмотреть теоретические основы влияния ИС, привести примеры их использования в отраслях, провести практический анализ и сделать выводы.

В ходе исследования были рассмотрены теоретические основы влияния ИС на бизнес–процессы, классифицированы типы ИС и проанализированы механизмы их воздействия на деятельность предприятий. В таблице 1 показано как тип информационной системы, решаемые ею задачи, предметная область и степень автоматизации напрямую влияют на масштабность ее применения.

Таблица 1

Типы информационных систем и их масштабность применения

Характер решаемых задач	Тип домена	Предметная область	Степень автоматизации	Масштабность применения
Ориентированные на решение крупномасштабных задач вычислительного характера	Информационно–управляющие	Управление организацией	Автоматизированные	Персональные
Информационно–справочные	Управляющие	Телекоммуникационный	Автоматические	Для использования группой людей
Поддержки принятия решений	Мониторинг	Геоинформационные	Ручные	Корпоративные
Коммуникационные	Управление производством	Торговые	Интегрированные	Глобальные
Ориентированные на предоставление услуг	Управление доступом	Встроенные	Управляющие	Локальные
Неструктурированные	Коммерческие	Медицинские	Советующие	Плановые

Информационные системы (ИС) воздействуют на бизнес–процессы через автоматизацию рутинных задач, централизованное хранение данных и анализ результатов [2].

Рассмотрим отличие традиционных и современных подходов к управлению информационными системами (ИС) отличаются по разным критериям, которые касаются роли человека, методологии обработки данных, интеграционных возможностей и адаптивности.

Традиционные подходы, предполагают ручное управление задачами системного администрирования квалифицированными специалистами. К ним относят: роль человека, методология обработки данных, интеграционные обработки данных, адаптивность. К недостаткам отнесем требование значительных затратить времени и ресурсов и риск человеческой ошибки.

Также существуют, современные подходы, которые направлены на автоматизацию рутинных задач за счёт использования специализированного программного обеспечения [3, 5]. Приведем некоторые особенности (табл. 2).

Таблица 2

Особенности применения ИС для автоматизации рутинных задач

Факторы оценки применения ИС для автоматизации	Особенности и характеристика
Роль человека	в автоматизированных системах человек выступает, как стратег и надзиратель, определяющий правила, по которым работают алгоритмы
Методология обработки данных.	автоматизированные системы работают по принципу непрерывного мониторинга с проактивными действиями
Интеграционные возможности	автоматизированные решения создаются с учётом максимальной связности и взаимодействия.
Адаптивность	автоматизированные системы могут адаптироваться к новым типам задач, традиционные – требуют полного перепроектирования при существенном изменении требований. [4]
Недостатки	требует тщательного планирования и настройки; риск сбоев в работе системы при неправильной настройке

Рассмотрим примеры применения информационных систем в разных отраслях (табл. 3)

Таблица 3

Примеры применения информационных систем в разных отраслях экономика

Сфера деятельности	Информационная система	Суть информационной системы	Пример использования
Промышленность	MES	Отслеживание и контроль производства в реальном времени, оптимизация оборудования, управление запасами.	Машиностроительное предприятие сокращает простои, уменьшает брак и повышает эффективность производства.
	SCM	Координация и оптимизация всех этапов цепочки поставок.	Металлургический комбинат оптимизирует логистику и обеспечивает своевременное поступление ресурсов.
	CAD/CAM	Разработка и автоматизированное изготовление сложных изделий.	Авиастроительная компания сокращает время разработки, повышает точность и снижает себестоимость продукции.
	EAM	Управление жизненным циклом активов, эффективное использование, обслуживание и ремонт.	Энергетическая компания планирует ремонты, устраняет неисправности и продлевает срок службы оборудования.
Услуги	CRM	Сбор и анализ информации о клиентах, управление взаимодействием, улучшение обслуживания и лояльности.	Банк предлагает персонализированные продукты и услуги.
	FSM	Автоматизация управления выездным обслуживанием, планирование работ, отслеживание выполнения и контроль качества.	Компания по обслуживанию оборудования обеспечивает своевременное реагирование на заявки и оптимизирует маршруты.
	Booking Systems	Системы бронирования и резервирования используются в сфере туризма, гостиничном бизнесе, общественном питании и других отраслях для автоматизации процессов бронирования услуг, управления доступностью и оптимизации загрузки.	Гостиница внедряет систему онлайн-бронирования, позволяющую клиентам быстро и удобно забронировать номера, выбрать дополнительные услуги и оплатить заказ.
	LMS	Используются в образовательных учреждениях и корпоративных учебных центрах для управления учебными материалами, организации онлайн-обучения, отслеживания успеваемости и оценки знаний.	Университет внедряет LMS для обеспечения дистанционного обучения студентов, предоставления доступа к учебным материалам, проведения онлайн-тестирования и организации консультаций с преподавателями.

Торговля	RMS	Retail Management Systems автоматизируют процессы продаж, управления запасами, учета денежных средств и анализа данных о клиентах в розничной торговле.	Сеть супермаркетов внедряет RMS для автоматизации процессов учета товаров, управления ценами, проведения акций и анализа покупательского спроса
	WMS	WMS-системы позволяют автоматизировать процессы управления складом, оптимизировать размещение товаров, контролировать запасы и повышать эффективность работы складского персонала.	Оптовая компания внедряет WMS-систему для управления складом, обеспечивая автоматизацию процессов приемки, хранения, комплектации и отгрузки товаров, сокращая время обработки заказов и повышая точность учета запасов.
	E-commerce Platforms	E-commerce platforms обеспечивают возможность организации онлайн-продаж товаров и услуг, управления каталогом продукции, приема заказов и оплаты, а также обеспечения доставки.	Интернет-магазин использует e-commerce платформу для предоставления клиентам возможности выбора товаров, оформления заказов, оплаты онлайн и отслеживания статуса доставки.
	Loyalty Management Systems	Эти системы позволяют разрабатывать и реализовывать программы лояльности для клиентов, поощрять повторные покупки и укреплять взаимоотношения с покупателями.	Книжный магазин внедряет систему управления лояльностью, предлагая клиентам скидки, бонусы и персонализированные рекомендации на основе их покупательской истории.
IT-сектор	PMS	Project Management Systems позволяют планировать, организовывать, координировать и контролировать ход выполнения IT-проектов, управлять ресурсами, сроками и бюджетом.	Компания-разработчик программного обеспечения использует PMS для управления проектами по созданию новых приложений, отслеживания прогресса, управления задачами и обеспечения соблюдения сроков.
	ALM	ALM-системы охватывают все этапы жизненного цикла разработки программного обеспечения, от планирования и проектирования до тестирования и внедрения.	IT-компания использует ALM-систему для управления разработкой крупного программного продукта, обеспечивая взаимодействие между разработчиками, тестировщиками и другими участниками проекта, а также контроль качества кода и соответствие требованиям заказчика.

Сталкиваясь с вопросом о выборе информационных систем, люди часто руководствуются рекомендациями, которые включают в себя:

1. Анализ рисков – оценка угроз, определение уязвимостей в системах и их влияния на бизнес-процессы.
2. Разработка мер управления рисками – на основе полученных данных разрабатываются конкретные меры для устранения или минимизации угроз.
3. Внедрение и мониторинг – реализация предложенных мер защиты и постоянный мониторинг их эффективности.
4. Обучение сотрудников – обучение ключевым сотрудникам методам предотвращения рисков и правильным действиям в случае возникновения инцидентов.

На основе изучения опыта практического применения информационных систем различными организациями, мы разработали рекомендации по предварительному анализу предметной области и выборе ИС для эффективного применения:

1. Провести комплексный анализ архитектуры организации. Нужно определить ключевые бизнес-процессы, информационные потоки и области, требующие автоматизации.
2. Сформулировать требования к системе. Необходимо определить функциональные, технические и экономические требования к системе.
3. Для анализа рынка ИС провести комплексное исследование доступных решений, отобрать наиболее подходящие варианты с учетом потребностей организации, и составить сравнительную характеристику потенциальных систем.
4. Рассчитать затраты на внедрение каждого варианта, проанализировать ожидаемую отдачу от инвестиций и определить рентабельность вариантов решений.
5. Организовать пилотное внедрение выбранной системы, провести мониторинг работоспособности и оценить практическую эффективность.
6. Обучить персонал, а для этого разработать программу обучения, и обеспечить освоение всех функциональных возможностей системы.
7. Создать систему технической поддержки и обеспечить регулярное обновление и сопровождение системы.

Выводы по работе. В процессе проведенного анализа была выполнена комплексная работа по структурированию и категоризации информационных систем, определена роль каждой категории систем в общей информационной архитектуре предприятия. Особое внимание в исследовании уделено практической значимости внедрения информационных систем. Доказано, что грамотное использование ИС обеспечивает компании существенные конкурентные преимущества за счет оптимизации затрат и снижения издержек, улучшения клиентского сервиса. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода к выбору и внедрению ИС, учитывающего специфику деятельности предприятия, отраслевые особенности и динамику развития ИТ. В целом, полученные результаты подтверждают стратегическую значимость информационных систем в обеспечении конкурентоспособности предприятий в условиях современной цифровой экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Влияние цифровых технологий на конкурентоспособность организации / В. В. Драгуленко, А. Л. Золкин, Н. Н. Малова, Ю. В. Скибин // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. Т. 11, № 1 (154). С. 129–139. DOI 10.36871/ek.ur.p.r.2025.01.11.017. EDN MWPNGJ.
- 2 Машковец А. В. Современный научные исследования и инновации. 2024. № 1. С. 13–20
- 3 Мубинова Э. С. Сравнение традиционных методов анализа данных с современными подходами на основе искусственного интеллекта // Вестник науки. 2024. № 9 (78). Том 1. С. 163–167. ISSN 2712–8849
- 4 Сравнение традиционных и автоматизированных информационных технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://sky.pro/wiki/analytics/sravnenie-traditsionnyh-i-avtomatizirovannyh-informatsionnyh-tehnologij/> (дата обращения: 11.10.2025)
- 5 Цыдилина А. С., Скибин Ю. В. Цифровизация бизнес-процессов организации: возможности и угрозы // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 04 апреля 2025 года. Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. С. 168–171. EDN TEDTYX.

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. Р. Папиrowsкая, Е. А. Герасимова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях волатильной внешней среды экономическая устойчивость бизнеса приобретает первостепенное значение для обеспечения непрерывности операций, поддержания конкурентных позиций и стимулирования экономического прогресса страны.

Волатильность современной экономической среды, усиление глобальной конкуренции, а также периодически возникающие экономические кризисы, как, например, пандемия COVID-19 и геополитическая нестабильность, оказывают существенное влияние на деятельность предприятий. В этих условиях вопросы обеспечения и оценки экономической устойчивости приобретают особую актуальность. Неспособность предприятий адаптироваться к кризисным условиям может привести к снижению объемов производства, сокращению рабочих мест, ухудшению финансового состояния и, в итоге, к банкротству.

Кризис оказывает всестороннее негативное влияние на бизнес-процессы предприятия, проявляясь в следующих аспектах: падение спроса и объемов реализации, разрыв логистических связей, увеличение затрат, снижение финансовой устойчивости, обострение конкуренции, рост неопределенности и рисков, сокращение инвестиций и инновационной активности, кадровые сокращения и снижение оплаты труда, а также ухудшение психологического климата в коллективе.

В условиях кризиса оценка экономической устойчивости предприятия невозможна без анализа факторов внешней среды, которые оказывают прямое и косвенное воздействие на его деятельность, формируя возможности и ограничения. К ключевым факторам внешней среды, подлежащим учету, относятся макроэкономические, отраслевые, политико-правовые, социальные, технологические, экологические и международные аспекты.

Внешнюю среду анализируют с помощью таких инструментов, как PESTEL-анализ, SWOT-анализ и модель пяти сил Портера (анализ конкурентной структуры отрасли) [1].

Анализ внешней среды дает компании возможность:

- оценить, насколько сильно внешние факторы влияют на ее текущую операционную работу;
- обнаружить ключевые угрозы и перспективы, формирующиеся во внешнем окружении;
- создать набор сценариев для развития бизнеса в кризисных условиях;
- подобрать оптимальные стратегии для быстрой адаптации к новым реалиям;
- проанализировать общую устойчивость компании к внешним вызовам.

Кризисы – это серьезное испытание для любого бизнеса, которое требует выработки действенных мер для сохранения финансовой стабильности. Чтобы успешно пройти через кризис и обеспечить долгосрочное развитие, необходимо глубоко понимать его суть, типы, последствия для бизнес-процессов и учитывать внешний контекст. Оценка финансовой устойчивости компании – это комплексная задача, для решения которой необходим целый арсенал аналитических методов и инструментов. Далее рассмотрим три основных подхода к оценке экономической устойчивости, а именно:

1. Анализ финансовых показателей.
2. SWOT-анализ.
3. Использование моделей и индикаторов [2].

Анализ финансовых показателей является одним из наиболее часто используемых и объективных способов оценки экономической устойчивости предприятия. Этот метод основан на исследовании данных финансовой отчетности и позволяет оценить финансовое здоровье предприятия, его способность расплачиваться по своим обязательствам, прибыльность, ликвидность и зависимость от внешнего финансирования.

К ключевым группам финансовых показателей, которые применяют, оценивая экономическую устойчивость, относят показатели ликвидности, финансовой устойчивости, рентабельности и другие [3].

SWOT-анализ – это метод стратегического планирования, используемый для оценки текущего положения компании, проекта или идеи. Название представляет собой аббревиатуру от четырех ключевых элементов: сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. В качестве примера рассмотрим матрицу матрица SWOT-анализа для Сбера на 2023–2024 годы.

Матрица SWOT-анализа Сбера

Внутренняя среда	Strengths (Сильные стороны)	Weaknesses (Слабые стороны)
	S1. Доминирующая доля рынка и узнаваемость бренда: Крупнейший банк России по объему активов и капитализации. Бренд «Сбер» стал нарицательным.	W1. Высокие операционные издержки: Содержание разветвленной филиальной сети и большого штата сотрудников.
	S2. Мощная IT-платформа и экосистема: Собственные технологические решения, экосистема из десятков сервисов (от такси до доставки еды), что увеличивает лояльность клиентов.	W2. Бюрократизированность и низкая гибкость: Как крупная организация, Сбер может медленнее реагировать на изменения рынка по сравнению с небольшими финтехами.
	S3. Диверсифицированная база клиентов: Охват всех сегментов – от физических лиц и малого бизнеса до крупнейших корпораций.	W3. Зависимость от конъюнктуры российской экономики: Значительная часть бизнеса привязана к внутреннему рынку.
	S4. Широкая филиальная сеть: Наличие отделений даже в малых городах, что обеспечивает физическую доступность услуг.	W4. Негативное восприятие со стороны части клиентов: Ассоциации с «государственным банком», сложности с обслуживанием для старшего поколения в цифровых каналах.
	S5. Сильная аналитика и Big Data: Обширные данные о клиентах позволяют эффективно кросс-продавать продукты и оценивать риски.	
Внешняя среда	Opportunities (Возможности)	Threats (Угрозы)
	O1. Цифровизация экономики и рост спроса на онлайн-услуги: Возможность развивать экосистему, привлекать клиентов в смежных отраслях (медицина, образование).	T1. Ужесточение регуляторного давления: Повышение ключевой ставки, новые требования ЦБ РФ, санкционное давление, что ограничивает доходность и увеличивает затраты на контроль.
	O2. Развитие МСБ и предпринимательства: Возможность предлагать комплексные финансовые и нефинансовые сервисы для бизнеса.	T2. Высокая конкуренция на финансовом рынке: Агрессивный рост Тинькофф, ВТБ, Альфа-Банка и других игроков, особенно в сегменте digital.
	O3. Партнерство с государством в рамках нацпроектов: Участие в государственных программах льготного кредитования и цифровизации.	T3. Макроэкономические риски: Замедление экономического роста, инфляция, снижение реальных доходов населения, что ведет к росту просроченной задолженности.
	O4. Экспортный потенциал несырьевых компаний: Возможность развивать услуги по ВЭД и поддержке экспорта.	T4. Киберугрозы и риски ИБ: Как крупнейший финансовый институт, Сбер – одна из главных целей для хакерских атак.
	O5. Повышение финансовой грамотности населения: Рост интереса к инвестициям и новым финансовым продуктам.	T5. Технологическое отставание из-за ограничения доступа к иностранным IT-решениям: Сложности с заменой покинувших рынок вендоров.

На основе пересечений факторов можно сформулировать ключевые стратегические выводы:

- Поле S–O (Стратегии роста):
 - S2 + O1, O5: Активно продвигать экосистемные сервисы и инвестиционные продукты через мобильное приложение, используя свою технологическую мощь и аналитику.
 - S1 + O3: Закрепить за собой статус «банка для нацпроектов», предлагая государству и бизнесу комплексные решения.
- Поле W–O (Стратегии преодоления слабостей):
 - W2 + O1: Бороться с бюрократией за счет создания Agile-команд и упрощения внутренних процессов для быстрого запуска новых digital-продуктов.
 - W4 + O5: Использовать программы повышения финансовой грамотности для улучшения имиджа и «омоложения» аудитории.
- Поле S–T (Стратегии использования силы для нейтрализации угроз):
 - S2 + T2, T5: Противопоставить свою мощную IT-платформу и собственные разработки (например, базы данных «Рандеву») конкурентам и риску технологического отставания.
 - S1 + T3: Использовать масштаб и диверсифицированный портфель для абсорбирования макроэкономических шоков.
- Поле W–T (Оборонительные стратегии):
 - W1 + T1: Оптимизировать филиальную сеть, переводя рутинные операции в онлайн, чтобы снизить издержки в условиях ужесточения регуляторной среды.
 - W3 + T3: Ужесточить скоринг и управление рисками, чтобы минимизировать потери от потенциального роста просрочки.

Далее рассмотрим основные преимущества и недостатки, которые имеет данный метод анализа (таблица 2).

Таблица 2

Преимущества и недостатки SWOT-анализа

Преимущества	Недостатки
Простота и универсальность. Не требует сложного обучения или дорогостоящего ПО. Может быть применен к любой организации, продукту или проекту.	Риск субъективности и поверхностности. Результаты сильно зависят от знаний и мнений участников. Может порождать неконкретные, размытые формулировки (например, «плохая репутация»).
Структурирование информации. Помогает систематизировать разрозненные данные о внутренней и внешней среде в четкой и логичной структуре.	Отсутствие приоритезации. Метод не ранжирует факторы по важности или вероятности. Все факторы часто выглядят равнозначными.
Комплексный взгляд. Заставляет рассмотреть как внутренние (Сильные и Слабые стороны), так и внешние (Возможности и Угрозы) аспекты.	«Моментальный снимок» без динамики. Анализ отражает ситуацию на текущий момент и не учитывает, как она может измениться со временем.
Формирование стратегии. Служит отправной точкой для разработки стратегий, показывая, как использовать сильные стороны для захвата возможностей и нейтрализации угроз.	Не заменяет количественный анализ. Дает качественную, но не количественную оценку. Без цифр и метрик сложно принимать взвешенные решения.
Привлечение команды. Позволяет объединить разных специалистов для совместного обсуждения и выработки единого видения.	Возможность упустить ключевые факторы. Есть риск не выявить скрытые или неочевидные связи, которые могут быть обнаружены при использовании более сложных методов.

Для оценки экономической устойчивости предприятий могут использоваться различные экономико–математические модели и индикаторы, которые позволяют комплексно оценить финансовое состояние предприятия и прогнозировать его развитие в условиях кризиса.

Для этого часто используются модель Альтмана, которая с помощью финансовых показателей позволяет оценить вероятность банкротства предприятия; модель Таффлера, являющаяся альтернативной моделью оценки вероятности банкротства и разработанная для британских компаний; и интегральный показатель финансовой устойчивости, который рассчитывается на основе нескольких финансовых показателей и позволяет оценить уровень финансовой устойчивости предприятия в целом.

У анализа финансовых показателей так же есть свои преимущества и недостатки. Преимущества анализа финансовых показателей заключаются в объективности, сопоставимости и динамичности. Недостатки состоят в невозможности однозначно ответить о причинах угрозы потери финансовой устойчивости и неоднозначности коэффициентов ликвидности.

В кризисные времена привычные подходы к управлению и сложившиеся структуры часто перестают работать, а иногда и вредят. В условиях турбулентности внешней среды императивом выживания и устойчивого развития хозяйствующих субъектов выступает их способность к оперативной адаптации, структурной гибкости и внедрению инноваций. В данном контексте управление организационной культурой приобретает характер стратегической необходимости. Эффективная система антикризисного управления интегрирует в себя комплекс мер, включая:

- принятие решений в условиях временного дефицита;
- разработку сценарных планов действий в чрезвычайных ситуациях;
- реализацию системы комплексного управления рисками.

Доказано, что организационная культура выполняет стабилизирующую функцию в период кризисных явлений. Она формирует систему разделяемых ценностей, норм и поведенческих паттернов, детерминирующих отношение персонала к трудовой деятельности, характер внутренних коммуникаций и взаимодействие с внешними стейкхолдерами.

В фазе восстановления и последующего роста организационная культура выступает критически значимым ресурсом. Можно выделить следующие причинно-следственные связи, представленные в таблице 3.

Влияние организационной культуры на восстановление и рост компании

Тип организационной культуры	Причина (Воздействие культуры)	Следствие (Получаемый эффект)
Культура доверия и поддержки	Повышает уровень аффективной приверженности и трудовой мотивации персонала.	Создает лояльную и вовлеченную команду, готовую работать на общий результат.
Инновационно–ориентированная культура	Стимулирует генерацию новых идей и поиск нестандартных решений.	Обеспечивает адаптацию компании к изменяющимся условиям внешней среды.
Культура непрерывного обучения	Обеспечивает наращивание человеческого капитала и формирование адаптивных команд.	Повышает способность сотрудников к быстрому освоению новых компетенций.
Культура кооперации и коллаборации	Создает условия для эффективного обмена неявными знаниями.	Позволяет достигать синергетического эффекта при решении комплексных задач.
Культура корпоративной социальной ответственности (КСО)	Повышает репутационный капитал и инвестиционную привлекательность компании.	Укрепляет позиции компании в отношениях с ключевыми стейкхолдерами (клиенты, инвесторы, общество).

Формирование и поддержание позитивной корпоративной культуры в кризисные периоды требует от руководства демонстрации приверженности ценностям, регулярного общения с сотрудниками, проведения обучающих мероприятий и обеспечения благоприятных условий труда.

Эффективное управление и позитивная корпоративная культура являются ключевыми факторами обеспечения экономической устойчивости предприятий во время кризисов. С их помощью предприятие способно быстро адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды, мобилизовать ресурсы и обеспечить выживание и развитие в долгосрочной перспективе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Захаров В. Я., Хавин Д. В., Рудакова О. С., Захаров И. В., Блинов А. О. Антикризисное управление. Теория и практика. М.: Юнити–Дана, 2010.
- 2 Балабанова И. Т. Финансовый анализ и планирование хозяйственного субъекта: 2-е изд., доп. М.: Финансы и статистика, 2015.
- 3 Ковалёв В. В., Волкова О. Н. Анализ хозяйственной деятельности предприятия. М.: Проспект, 2010.
- 4 Минэкономразвития России. Электронный ресурс. URL: <https://www.economy.gov.ru/> (дата обращения: 15.09.2025).
- 5 Как оценить финансовую устойчивость компании: инструменты и методы. Электронный ресурс // Финансовый директор. URL: <https://www.fd.ru/articles/4019-kak-otsenit-finansovuyu-ustoychivost-kompanii> (дата обращения: 24.09.2025).

УДК 159.9

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТРАНСФОРМАЦИЮ КОМПЕТЕНЦИЙ ЛИЧНОСТИ

Е. Р. Папиловская, А. Е. Туманова, Т. М. Тарасова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современный этап общественного развития характеризуется глубокой интеграцией цифровых технологий во все сферы жизнедеятельности. Данный процесс оказывает детерминирующее влияние на трансформацию комплекса знаний, умений и навыков, необходимых личности для эффективного функционирования в новой социотехнической реальности. Актуальность темы обусловлена возрастающей ролью цифровых компетенций как критического ресурса для профессиональной реализации, социальной инклюзии и личностного развития в условиях цифровой экономики. Целью данной статьи является комплексный анализ влияния цифровизации на трансформацию компетенций человека. В рамках достижения поставленной цели решаются следующие задачи: раскрытие понятийного аппарата и структурных компонентов цифровых компетенций, классификация цифровых навыков и умений, анализ ключевых направлений трансформации компетенций под влиянием

цифровизации в профессиональной и образовательной средах, а также выявление роли непрерывного образования и новых технологий в развитии цифровых компетенций.

Основы цифровых компетенций

Цифровая трансформация предъявляет новые, повышенные требования к компетенциям индивида. Развитие цифровых компетенций становится императивом для успешной адаптации к динамично меняющимся условиям труда, образования и социальной коммуникации. Цифровые компетенции определяются как интегративный комплекс знаний, умений, навыков и установок, обеспечивающих эффективное, безопасное и критически осмысленное использование цифровых технологий для достижения целей в различных сферах деятельности. Данное понятие выходит за рамки простой технической грамотности и подразумевает способность к поиску, оценке, созданию и распространению информации, коммуникации, решению проблем и непрерывному обучению в цифровой среде.

Цифровые компетенции представляют собой многокомпонентную структуру. К ее ключевым элементам относятся информационная и медиаграмотность, то есть способность находить, критически оценивать, использовать и создавать информацию в цифровом формате; коммуникация и сотрудничество, подразумевающие эффективное взаимодействие и совместную деятельность с использованием цифровых инструментов; создание цифрового контента, включающее способность генерировать и редактировать контент в различных форматах; безопасность, означающая способность обеспечивать защиту личной информации и данных; решение проблем, то есть применение цифровых инструментов для решения практических задач; а также цифровое обучение и саморазвитие как способность к самостоятельному освоению новых знаний и компетенций в цифровой среде.

Цифровые компетенции могут быть классифицированы по нескольким основаниям. По уровню сложности их подразделяют на базовые, средние и продвинутые. Базовые предполагают владение основами работы с компьютером и интернетом, средние включают создание контента и работу с базами данных, а продвинутые охватывают программирование и анализ данных. По сфере применения выделяют профессиональные, образовательные и социальные навыки. По типу деятельности различают навыки информационные, коммуникативные, творческие и аналитические.

Влияние цифровизации на трансформацию компетенций

В контексте цифровой трансформации наблюдается повсеместный рост востребованности цифровых компетенций – комплекса знаний, навыков и способностей, необходимых для эффективного взаимодействия с современными технологиями, использования цифровых устройств и сервисов, а также адаптации к изменениям в цифровой среде. В условиях цифровой экономики требования к профессиональным навыкам претерпевают значительные изменения в различных секторах.

В сфере IT акцент смещается в сторону владения современными инструментами и методологиями разработки, такими как программирование на популярных языках, облачные технологии, работа с большими данными и машинное обучение. Параллельно возрастает значимость мягких навыков: коммуникации, командной работы и решения проблем. Трансформация в бизнесе характеризуется повышенным вниманием к мягким навыкам (soft skills), поскольку цифровая трансформация выстраивает новые модели взаимодействия между стейкхолдерами. Кроме того, возникает потребность в навыках решения междисциплинарных задач на стыке разных отраслей.

В системе образования интеграция цифровых технологий приводит к применению искусственного интеллекта и онлайн-платформ, что способствует интерактивности и персонализации обучения. Это влечет за собой пересмотр учебных программ и методик в сторону большей гибкости и модульности. В здравоохранении формирование цифровых компетенций у медицинских работников становится важным элементом во избежание снижения качества услуг и увеличения риска ошибок. Ключевое значение приобретают навыки управления медицинской информацией, использования систем поддержки принятия решений и анализа данных.

Непрерывное образование играет ключевую роль в развитии и поддержании актуальности цифровых компетенций. В образовательной системе это предполагает интеграцию формирования цифровых компетенций в профессиональные программы, активное использование цифровых средств обучения, таких как онлайн-курсы и электронные ресурсы, а также формирование метанавыков – умения учиться, планировать свое развитие и рефлексировать – на ранних этапах обучения.

Уровни развития цифровых компетенций

Развитие цифровых компетенций представляет собой непрерывный процесс, проходящий через несколько уровней – от начального до экспертного. Начальный уровень характеризуется минимальными знаниями и неуверенным использованием цифровых устройств, ограниченным пониманием принципов работы технологий и зависимостью от внешней помощи. На противоположном конце спектра находится экспертный уровень, для которого свойственны глубокие знания, способность самостоятельно решать сложные задачи, разрабатывать новые цифровые решения, критически оцени-

вать технологии и обучать других. Между этими полюсами располагаются базовый, средний и продвинутый уровни, каждый из которых отличается степенью уверенности, самостоятельности и глубины владения цифровыми инструментами.

Рассмотрим несколько примеров, показывающих как цифровые технологии не просто дополняют, а кардинально меняют структуру требований к знаниям, умениям и навыкам в различных профессиональных и социальных контекстах.

Ярким примером трансформации профессиональных компетенций является феномен «уберизации» труда, представленный такими платформами, как Яндекс.Такси, Delivery Club и другими сервисами по запросу. От работника в такой системе требуются не только узкопрофессиональные навыки (например, вождение автомобиля). Ключевыми становятся комплексные цифровые операционные компетенции, такие как, уверенное использование мобильного приложения, навигационных систем, интерфейсов онлайн-платежей и систем рейтинговой оценки. Параллельно критическую важность приобретают *soft skills*: клиентоориентированность, тайм-менеджмент, способность к самомаркетингу для поддержания высокого рейтинга, а также эмоциональный интеллект для разрешения конфликтных ситуаций с клиентами в отсутствие непосредственного руководства.

Еще одним примером является внедрение адаптивных образовательных платформ с элементами искусственного интеллекта (Учи.ру, Skyeng, Яндекс.Учебник) приводит к перераспределению профессиональных ролей. Учитель трансформируется из транслятора знаний в модератора учебного процесса и наставника. Его ключевыми компетенциями становятся способность работать с образовательными данными: анализировать цифровой след и прогресс каждого ученика, выявлять индивидуальные траектории обучения на основе данных платформы. Кроме того, педагог должен обладать методической цифровой грамотностью – умением гибко интегрировать цифровые инструменты в очный образовательный процесс и выстраивать гибридные форматы обучения. Со стороны обучающегося развивается компетенция цифровой учебной автономии: способность к самоорганизации в персонализированной среде, взаимодействию с интерфейсом платформы как образовательным инструментом и рефлексии на основе получаемой мгновенной обратной связи.

Массовый переход на телемедицинские консультации, акселерированный пандемией COVID–19, выявил новые требования к компетенциям как медицинских работников, так и пациентов. Исследования в области цифровой грамотности в здравоохранении, проводимые аналитическим центром НАФИ [5], показывают, что от врача теперь требуется не только клиническая экспертиза, но и компетенция цифровой коммуникации: умение проводить эффективный анамнез и устанавливать доверительный контакт через видео–канал, использовать специализированные телемедицинские платформы и электронные медицинские карты (ЭМК). Также необходимы навыки критической оценки данных, поступающих от пациентов с персональных трекеров. Для пациентов обязательными становятся компетенции здоровьесберегающей грамотности в цифровой среде: способность к поиску и верификации медицинской информации в интернете, точная текстуальная и вербальная формулировка симптомов, использование медицинских приложений и базовые знания цифровой гигиены для защиты конфиденциальности медицинских данных.

Повсеместная доступность инструментов аналитики (Яндекс.Метрика, Google Analytics, CRM–системы) трансформирует требования к сотрудникам даже в малом и среднем бизнесе. Согласно исследованиям «Навыки будущего» от Агентства стратегических инициатив и Сколково [6], от специалистов неметодических профилей (маркетологов, менеджеров по продажам) сегодня требуются базовые аналитические компетенции. К ним относятся: умение формулировать гипотезы и задачи для анализа, интерпретировать данные из автоматизированных отчетов (например, о поведенческих паттернах пользователей), планировать и проводить А/В–тестирования, а главное – принимать управленческие и маркетинговые решения, минимизируя зависимость на исключительно интуитивные подходы.

Распространение дезинформации и фейковых новостей в социальных сетях актуализировало развитие компетенций, выходящих за сугубо профессиональные рамки. Исследования в области цифровой компетентности, проведенные Г.У. Солдатовой [7], демонстрируют, что современный гражданин нуждается в развитой компетенции критического мышления и медиаграмотности. Это подразумевает сформированную способность к верификации источника информации, дискриминации фактов и мнений, идентификации манипулятивных техник, а также пониманию базовых принципов работы алгоритмов персональных рекомендаций в социальных медиа, что формирует более осознанную и критичную цифровую субъектность.

Роль развития цифровых компетенций

Искусственный интеллект играет значительную роль в развитии и применении цифровых компетенций. Его использование проявляется в анализе больших данных, персонализации образовательного процесса, поддержке принятия решений в бизнесе, автоматизации взаимодействия с пациентами в здраво-

охранении и оптимизации логистики и транспорта. Новые направления развития, связанные с внедрением цифровых технологий, активно формируются в таких сферах, как здравоохранение, медицина, организация труда и индустрия развлечений, создавая новые возможности для личности и общества.

Заключение

Таким образом, влияние цифровых технологий на трансформацию компетенций человека представляет собой сложный и многогранный процесс. Проведенный анализ позволяет констатировать, что цифровая грамотность эволюционировала в систему комплексных цифровых компетенций, выступающих необходимым условием успешной интеграции индивида в современную социально-экономическую среду. Наблюдаемая динамика изменений порождает новые требования к профессиональным и личностным навыкам, актуализирует необходимость непрерывного образования и открывает значительные перспективы для развития человека и общества в целом. Дальнейшее исследование данной темы видится в изучении специфики формирования цифровых компетенций в различных возрастных и профессиональных группах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Вербицкий А. А., Рыжова Н. И., Шилова О. Н. Цифровая дидактика: монография. Москва: РУСАЙНС, 2020. 272 с.
- 2 Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 N 1632-р (ред. от 24.04.2024) «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» // Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001201707310019> (дата обращения: 22.09.2025).
- 3 Солдатова Г. У., Жичкина А. Е. Цифровая компетентность личности: теоретическая модель и методы диагностики // Национальный психологический журнал. 2014. № 2 (14). С. 66–75.
- 4 Федоров А. В., Левицкая А. А., Чельшева И. В. Медиаобразование: история, теория и методика. Ростов-на-Дону: Изд-во Академии психологии и педагогики ЮФУ, 2019. 708 с.
- 5 Исследования цифровой грамотности. (2020–2023). Аналитический центр НАФИ. [Электронный ресурс]. URL: <https://nafi.ru/analytics/> (дата обращения: 22.09.2025).
- 6 Атлас новых профессий и исследования «Навыки будущего». (2018–2020). Агентство стратегических инициатив, Сколково. [Электронный ресурс]. URL: <https://asi.ru/future-skills/> (дата обращения: 22.09.2025).
- 7 Цифровая компетентность подростков и родителей. Результаты всероссийского исследования / Г. У. Солдатова, Т. А. Нестик, Е. И. Рассказова, Е. Ю. Зотова. М.: Фонд Развития Интернет, 2013. 144 с.

УДК 339.173

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ТУРИЗМА В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН

Н. С. Сарвинова, Д. Е. Тажибаев

Ташкентский государственный транспортный университет

Введение. Республика Каракалпакстан, расположенная на северо-западе Узбекистана, представляет собой уникальный регион с богатым историко-культурным и природным наследием. В последние годы туризм становится ключевым фактором социально-экономического развития региона, способствуя диверсификации экономики, созданию рабочих мест и сохранению культурного наследия [4]. Однако экологические вызовы, связанные с высыханием Аральского моря, и недостатки инфраструктуры требуют комплексного подхода к развитию отрасли [11]. Настоящая статья анализирует современное состояние туризма в Каракалпакстане на основе данных 2024–2025 годов, включая виды туризма, туристические объекты, инфраструктуру размещения и SWOT-анализ. Цель исследования – выявить потенциал и проблемы развития туризма для формулировки рекомендаций по оптимизации логистических процессов в отрасли [14].

Ключевые слова: туризм, Республика Каракалпакстан, социально-экономическое развитие, экотуризм, культурно-исторический туризм, Аральское море, SWOT-анализ, логистика в туризме, инфраструктура.

Основная часть. Географическое и демографическое положение Республики Каракалпакстан. Республика Каракалпакстан занимает площадь 166,6 тыс. км², что делает её крупнейшим регионом Узбекистана. Более 80 % территории – пустыни (Каракумы и Кызылкумы), а регион признан зоной экологического бедствия из-за высыхания Аральского моря. Население превышает 2 млн человек (по данным на I квартал 2025 г.), с преобладанием узбеков (40,4 %), каракалпаков (36,9 %) и казахов (15,44 %) [6]. Административно регион включает 16 районов и 1 город (Нукус). Границы с Казахста-

ном, Туркменистаном и соседними областями Узбекистана, а также наличие 2 аэропортов и международных транспортных коридоров, способствуют потенциалу для туризма [9].

В 2023–2024 гг. вклад туризма в ВВП региона вырос на 12 %, достигнув 5–7 % [2]. Отрасль создала более 15 тыс. рабочих мест в сфере гостеприимства, стимулируя развитие инфраструктуры и снижая зависимость от сельского хозяйства [6].

Виды туризма и туристические объекты. Анализ видов туризма в Каракалпакстане выявляет доминирование культурно-исторического, экологического, этнографического и гастрономического направлений. Регион насчитывает 135 археологических памятников, 23 архитектурных, 97 монументально-художественных и 42 достопримечательных места [1]. Распределение по районам представлено в таблице 1.

Таблица 1

Туристические объекты в масштабе районов (составлено на основе источника)

Район	Археологические памятники	Архитектурные памятники	Памятники монументального искусства	Достопримечательности
Муйнакский	6	1	6	1
Куниратский	38	1	7	4
Канликольский	1	0	5	1
Шуманайский	3	0	5	1
Ходжалинский	5	7	6	0
Город Нукус	2	0	15	7
Нукусский	4	0	4	3
Кегелинский	1	2	7	3
Чимбайский	2	1	6	5
Караузекский	7	2	4	6
Тахтакорпирский	9	0	1	2
Амударинский	6	1	7	1
Берунийский	16	5	4	2
Элликкалинский	21	1	10	5
Торткольский	14	2	10	1

Составлена автором на основе: [1]

Ключевые аттракции включают крепости Древнего Хорезма (Топрак-кала, объект ЮНЕСКО), музей им. И.В. Савицкого (100 тыс. экспонатов, посещаемость 200 тыс. человек в 2025 г.) [8] и «кладбище кораблей» в Муйнаке как объект «тёмного туризма» (50 тыс. посетителей ежегодно) [11]. Экотуризм фокусируется на плато Устюрт, Нижне-Амударьинском биосферном резервате (НАБР, 68 717 га) с богатой флорой (1000 видов) и фауной (498 видов позвоночных) [7]. Гастрономический туризм включает национальную кухню (бесбармак, рыба) и юртовые лагеря [12].

Социально-экономический вклад видов туризма отражен в таблице 2.

Таблица 2

Анализ ключевых аспектов туризма по видам и их социально-экономическому вкладу (2024–2025 гг.)

Аспект туризма	Ключевые ресурсы	Экономический вклад (2024–2025)	Социальные эффекты
Культурный/Археологический	Шелковый путь, крепости Хорезма	40% доходов, 10 000 рабочих мест	Сохранение традиций, образование
Экотуризм	НАБР, флора/фауна Устюрта	25% доходов, гранты МСОП	Консервация, локальные сообщества
Гастрономический/Этно	Кухня, юрты, фестивали	15% доходов, экспорт ремёсел	Женское предпринимательство
«Тёмный» туризм	Кладбище кораблей, Арал	20% доходов, фото-туры	Осведомлённость об экологии

Составлена автором на основе: [8]

Инфраструктура размещения. В республике функционируют 32 гостиницы (1308 мест), 35 хостелов (785 мест), 33 гостевых дома (246 мест) и 3 юрты (40 мест). Распределение по регионам показано в таблице 3.

Таблица 3

Анализ существующих отелей в Республике Каракалпакстан

Название региона	Отель		Хостел		Гостевой дом		Юрта	
	Количество комнат	Количество мест	Количество комнат	Количество мест	Количество комнат	Количество мест	Количество комнат	Количество мест
город Нукус	616	1060	155	375	65	135	10	40
Кунгоротский район	52	119	37	102	15	35	0	0
Торткульский район	22	47	14	34	8	20	10	30
Элликкалинский район	18	53	0	0	0	0	0	0
Амударьинский район	5	12	60	176	0	0	0	0
Ходжалинский район	0	0	5	20	2	8	0	0
Муйнакский район	0	0	80	316	18	50	15	70
Берунийский район	0	0	8	25	11	13	0	0
Тахтакупырский район	0	0	0	0	7	18	0	0

Составлена автором на основе: [8,9]

SWOT-анализ туристического потенциала. На основе опросов (50 туристов, 100 жителей, 30 специалистов) проведен SWOT-анализ (таблица 4).

Таблица 4.

SWOT-анализ туристического потенциала Республики Каракалпакстан

Сильные стороны (Strengths)	Слабые стороны (Weaknesses)
– Уникальные ландшафты (Аралкум, пустыни). – Музей Савицкого. – Развитый этно– и археологический туризм. – План развития на 2023–2026 гг. – Международное сотрудничество. – Транспортная инфраструктура. – Аутентичность.	– Недостаток качественных отелей. – Слабая логистика. – Ограниченный сервис. – Слабая реклама. – Недостаток гидов. – Экологические проблемы. – Ограниченные инвестиции.
Возможности (Opportunities)	Угрозы (Threats)
– Развитие экотуризма. – Новые маршруты. – Событийный туризм. – Привлечение инвестиций. – Гранты. – Увеличение расходов туристов. – Внутренний туризм.	– Экологические риски. – Климатические изменения. – Плохие отзывы. – Конкуренция с другими регионами. – Недостаток финансирования. – Глобальные кризисы.

Составлена автором на основе: [10,11,12,13,14]

SWOT-анализ подчеркивает необходимость улучшения логистики для реализации потенциала.

Вывод. Туризм в Каракалпакстане обладает значительным потенциалом для социально–экономического роста, с прогнозируемым вкладом 8 % в ВВП и 500 тыс. туристов в 2025 г. Ключевые направления – культурный, экологический и этнографический туризм – требуют инвестиций в инфраструктуру и логистику. Преодоление слабостей, таких как экологические проблемы и слабый сервис, позволит региону стать хабом устойчивого развития. Рекомендуются внедрение современных логистических методов для оптимизации туристических потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП–4068 от 19 декабря 2018 г. «О мерах по коренному совершенствованию деятельности в области охраны объектов материального культурного наследия». URL: <https://lex.uz/ru/docs/4113474> (дата обращения: 21.10.2025).

- 2 World Tourism Organization (UNWTO). Tourism Highlights 2023 Edition. Madrid: UNWTO, 2023. URL: <https://www.unwto.org/tourism-statistics/tourism-highlights> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для данных о вкладе туризма в экономику региона, включая рост на 12 % в ВВП Каракалпакстана за 2023–2024 гг.).
- 3 Красная книга Республики Узбекистан. Часть 1. Животные. Ташкент: Издательство «Чиназ», 2003. (Вторая редакция). URL: http://ozonit.ru/krasnaya_kniga/krasnaya_kniga_uzbekistan.php (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для данных о фауне Каракалпакстана, включая 63 вида в Красной книге).
- 4 Министерство туризма и культурного наследия Республики Узбекистан. Отчет о развитии туристического сектора в Республике Каракалпакстан за 2024 год и прогнозы на 2025 год. Ташкент: Министерство туризма и культурного наследия, 2024. URL: <https://karakalpakstan.travel/media-and-resources/> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для данных о прогнозируемом вкладе туризма в ВВП (8%) и ожидаемой посещаемости 500 тыс. туристов в 2025 г.).
- 5 UNESCO. Silk Roads: The Routes Network of Chang'an–Tianshan Corridor. Paris: UNESCO World Heritage Centre, 2018. URL: <https://whc.unesco.org/en/list/1442/> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для информации о крепостях Древнего Хорезма, включая Топрак-кала, как объектов ЮНЕСКО).
- 6 Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике. Статистический сборник: Туризм в Узбекистане 2023–2024. Ташкент: Госкомстат, 2024. URL: <https://stat.uz/uz/rasmiy-statistika/tourism> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для статистических данных о туристических потоках, числе рабочих мест (15 тыс. в сфере гостеприимства) и экономическом вкладе туризма в Каракалпакстане).
- 7 IUCN (Международный союз охраны природы). Conservation Outlook Assessment: Lower Amu Darya Biosphere Reserve. Gland: IUCN, 2023. URL: <https://www.iucn.org/resources/conservation-tools> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для данных о Нижне-Амударьинском биосферном резервате, включая рост популяции бухарского оленя и гранты на экотуризм).
- 8 Музей искусств имени И.В. Савицкого. Отчет о посещаемости и культурно-образовательной деятельности за 2024–2025 гг. Нукус: Музей Савицкого, 2025. URL: <https://savitskymuseum.org/reports/> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для данных о посещаемости музея (200 тыс. туристов в 2025 г.) и его вкладе в доходы от туризма).
- 9 Агентство по развитию туризма Республики Каракалпакстан. План устойчивого развития туризма на 2023–2026 годы. Нукус: Агентство по развитию туризма, 2023. URL: <https://karakalpakstan.travel/development-plans/> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для информации о стратегическом плане развития туризма в Каракалпакстане).
- 10 The Guardian. “The Louvre of the Desert: Savitsky Museum in Nukus.” 2023. URL: <https://www.theguardian.com/travel/2023/savitsky-museum-nukus> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для международного признания музея Савицкого).
- 11 Абдуллаев, К.Х., Иванов, А.В. Экологический туризм в условиях Аральского кризиса: возможности и вызовы. Журнал «Узбекистан: экономика и развитие», 2024, № 3, с. 45–52. URL: <https://uzjournalecon.uz/articles/2024/3/> (дата обращения: 21.10.2025). (Узбекский источник, анализирующий потенциал экотуризма в Каракалпакстане и влияние Аральского кризиса).
- 12 Ходжаев, Ш.М. Культурное наследие Каракалпакстана и его роль в развитии туризма. Ташкент: Издательство «Фан», 2023. 180 с. ISBN 978–9943–36–789–0. (Узбекский источник, посвященный культурно-историческому туризму региона).
- 13 UNDP Uzbekistan. Sustainable Tourism Development in Karakalpakstan: Project Report 2023. Tashkent: UNDP, 2023. URL: <https://www.undp.org/uzbekistan/publications/sustainable-tourism-karakalpakstan> (дата обращения: 21.10.2025). (Источник для данных о международном сотрудничестве в области устойчивого туризма).
- 14 Саидов, А.К. Логистика в туризме: современные подходы и региональные особенности. Ташкент: Журнал «Экономика и туризм», 2024, № 2, С. 12–20. URL: <https://econ-tourism.uz/2024/2/> (дата обращения: 21.10.2025). (Узбекский источник, анализирующий логистические аспекты туризма в Каракалпакстане).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОРМАТИВНО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БЮДЖЕТА РАСХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

М. О. Северова, М. А. Ромашева

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. В современных условиях большинство предприятий железнодорожной транспортной отрасли сталкиваются с отрицательной динамикой производственно-экономических показателей, что обусловлено различными факторами. За 9 месяцев 2025 года погрузка на сети железных дорог снизилась на 6,7 %, что связано в основном со снижением платежеспособного спроса в условиях ограниченного доступа к кредитным ресурсам для предпринимательской деятельности. Это также становится причиной снижения темпов развития в строительной отрасли, а также потребности в перевозках строительных материалов и продукции черной металлургии [1]. Данная тенденция свидетельствует о необходимости комплексного анализа факторов, влияющих на устойчивость и эффективность функционирования железнодорожной отрасли, а также разработки оперативных и стратегических подходов к минимизации негативных последствий волатильности внешней среды.

Компания РЖД вынуждена адаптироваться к динамике спроса на транспортные услуги, учитывая не только изменения объема, но и направления грузопотоков. Например, в 2025 году компания фиксирует падение погрузки хлебных грузов, а также угля на северо-запад в условиях снижения экспортных цен, и при этом рост экспорта в направлении Восточного полигона более чем на 5,6 % за счет грузов в контейнерах, черных металлов, угля, руды и удобрений [1]. Такая ситуация порождает существенные вызовы для инфраструктурного обеспечения железнодорожного транспорта, особенно в контексте возникновения значимых ограничений пропускной способности на отдельных маршрутах, которые требуют комплексного подхода к их преодолению.

Наряду с вышесказанным, следует отметить, что затраты предприятий инфраструктурного комплекса железнодорожного транспорта, где уровень расходов в основном определяется количеством обслуживаемых устройств и их техническим состоянием, слабо зависят от объема перевозок, как основного доходообразующего показателя транспорта. В связи с чем, предприятиям инфраструктурного комплекса необходимо формировать целевые параметры, исходя из необходимости достижения заданного уровня качества и надежности, имея целевые значения утвержденного бюджета затрат. Данный подход позволяет обеспечить устойчивое функционирование инфраструктуры и эффективное управление ресурсами, особенно в текущей ситуации ограниченности финансовых ресурсов.

Методы решения задачи.

Для эффективного управления крупнейшим транспортным холдингом ОАО «РЖД», критически важно использовать современные технологии планирования и бюджетирования затрат, для обеспечения центров принятия управленческих и финансовых решений достоверной информацией. Грамотно составленные бюджеты, учитывающие текущие экономические тенденции, могут послужить основой для оптимизации расходов и устойчивого экономического роста.

Сегодня многие крупные российские компании, включая железнодорожный транспорт, совершенствуют системы бюджетирования. В условиях ограниченных возможностей экономического роста из-за изменений в логистике и снижения эффективности инфраструктуры, учитывая значительную территориальную и технологическую дифференциацию условий работы, а также высокую социальную нагрузку и значительную роль в экономике страны, компании важно сосредоточиться на внутренних резервах управления операционными расходами [2].

Для обоснованного и точного планирования затрат предприятий инфраструктуры железных дорог, основной функцией которых является обеспечение функционирования устройств путем проведения их ремонта, обслуживания, технического оснащения и пр., ключевым фактором является формирование плана и учет объемных показателей в части выполнения всех видов работ связанных с текущим содержанием объектов. Ключевой проблемой обоснованного бюджетирования затрат здесь является сложность учета в текущем содержании устройств выходов их из строя, а также большая доля вероятностных работ связанных с устранением текущих отказов и браков, выявляемых путем визуальных осмотров и проверок с помощью средств диагностики. Таким образом, процесс планирования работ и затрат на их выполнение требует применения современных дифференцированных подходов.

Анализ полученных результатов. Формирование операционных бюджетов в подразделениях инфраструктурного комплекса компании «РЖД» основывается на принципах нормативно-целевого бюджетирования. Нормативно-целевой бюджет затрат – это бюджет, сформированный на основе нормируемых трудозатрат и норм расхода ресурсов по операциям. Он связывает параметры производственных бюджетов, планов, плановых цен и ненормируемых затрат [3]. При этом основной задачей структурного подразделения является детализация бюджета по производственным операциям в рамках целевых значений.

Учитывая сложную техническую и эксплуатационную природу железнодорожной инфраструктуры, в настоящее время применяется комплексный подход к формированию плана работ по ее техническому обслуживанию. С одной стороны существует планово-предупредительная система обслуживания, которая подразумевает выполнение определенных профилактических работ по истечении определенного времени (с установленной периодичностью) или по мере накопления износа (например, накопленного пропущенного тоннажа). В то же время существуют также срочные работы, направленные на выявление, устранение и предотвращение неисправностей, которые назначаются и выполняются по результатам натурных осмотров. Обе системы имеют большое значение для обеспечения надежности и безопасности транспортной инфраструктуры [4].

Проведенный анализ показал, что для предприятий инфраструктуры, в частности для структурных подразделений путевого комплекса, плановые виды работ в производственной программе занимают не самую существенную долю, поэтому основной задачей планирования потребности в ресурсах является определение объемов по неотложным и внеплановым работам, направленным на устранение отказов и браков. Таким образом для формирования бюджета затрат на указанные процессы можно применять следующие подходы для определения объемов работ по производственным операциям:

- Ретроспективный анализ, позволяющий оценить фактическую трудоемкость и ресурсоемкость аналогичных операций в прошедших периодах. Данный подход основан на систематизации исторических данных и выявлении закономерностей в динамике затрат, что обеспечивает высокую степень достоверности и обоснованности бюджетных расчетов [5].

- Сценарное планирование, направленное на прогнозирование затрат на основе разработанных гипотетических сценариев развития производственных процессов. Этот подход предполагает моделирование различных вариантов событий и их последствий, в зависимости от характеристик текущей ситуации, что позволяет учесть неопределенности и риски [6].

Оба метода обладают своими преимуществами и ограничениями, и их выбор зависит от специфики конкретного производственного процесса, уровня неопределенности и доступных ресурсов для проведения анализа. Таким образом, авторами была сформирована модель формирования плановых данных по статьям и процессам бюджета затрат в рамках нормативно-целевого подхода к планированию.



Рис. Формирование плановых данных по статьям и процессам бюджета затрат

Выводы. Для оптимизации затрат инфраструктурного комплекса железнодорожного транспорта, требуется внедрение современных дифференцированных подходов, основанных на принципах стратегического управления и системного анализа. Для инфраструктурных подразделений компании ключевым показателем производственной программы является техническая оснащенность и длительность жизненного цикла инфраструктурных объектов. Поэтому основной задачей обоснованного планирования затрат является определение объёмов по неотложным и внеплановым работам. В связи

с этим целесообразно применять сценарный подход и ретроспективные методы для планирования затрат. Выбор данных методов зависит от специфики конкретного производственного процесса, уровня неопределенности и доступных ресурсов для проведения анализа.

В условиях динамичной внешней среды и растущих требований к надёжности и эффективности железнодорожного транспорта, необходимо интегрировать передовые методы прогнозирования и моделирования в систему планирования затрат. Это позволит не только минимизировать финансовые риски, но и обеспечить устойчивое развитие инфраструктуры, соответствующее современным стандартам безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Компания ОАО «РЖД». URL: <https://company.rzd.ru/> (дата обращения: 15.10.2025).
- 2 Владимирова Т. А., Северова М. О., Тюнюкова Е. В. Механизмы синхронизации бюджета затрат и бюджета производства для предприятий транспортной инфраструктуры // Финансовый менеджмент. 2024. № 10. С. 87–94. EDN KLXGDG.
- 3 Распоряжение ОАО «РЖД» от 25 ноября 2020 г. № 2603/р «Об утверждении документов в области бюджетного управления» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/412779637/?ysclid=mj49kmrzb9516840319>
- 4 Ромашева М. А. Моделирование затрат на текущее содержание железнодорожного пути на основании дифференциации подходов к планированию работ // Математическое моделирование в транспортных системах (ММТС–2025) : материалы I Национальной науч.–практ. конф. (Новосибирск, 16–17 мая 2025 г.) / Сиб. гос. ун–т путей сообщения. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2025. С. 94–101.
- 5 Мачнев А. В. Методика ретроспективного анализа – элементарный инструмент предварительного обоснования сложных систем // Инновационная наука. 2021. №12–2. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 19.10.2025).
- 6 Маслихина В. Ю. Сценарное планирование развития пространственных социально-экономических систем: методические подходы // Региональная экономика: теория и практика. 2020. Т. 18, № 10(481). С. 1839–1868. DOI 10.24891/re.18.10.1839. EDN FVLZCO.

УДК 316.422.44

СОЦИАЛЬНЫЕ РИСКИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ГЕНЕЗИС СТРАХОВ И ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ

О. В. Тарасова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Он уже среди нас. Он подсказывает самый быстрый маршрут до дома, рекомендует фильм, который идеально подойдет для вечернего просмотра, и за секунды генерирует текст, на который у нас ушел бы час. Он наш цифровой помощник, наш эффективный коллега и, казалось бы, верный друг. Но в самый неожиданный момент этот «друг» проявляет другую сущность. Тот самый алгоритм, который предлагал нам музыку, теперь может принять нас за другого человека и отказать в кредите. Умный чат–бот, способный поддержать беседу, в следующую секунду порождает фейк, разрушающий чью–то репутацию. Искусственный интеллект (ИИ), обещавший избавить нас от рутины, одновременно вызывает у нас глухую, иррациональную, но настойчивую тревогу.

Почему же технология, призванная служить, вызывает у нас инстинктивный страх? Этот конфликт – не сценарий для голливудского блокбастера о восстании машин. Это наша новая повседневность, внутреннее противоречие, с которым сталкивается каждый, кто восхищается умным устройством и в то же время с опаской смотрит на камеру наблюдения с распознаванием лиц. Мы оказались в ловушке двойственного восприятия: мы видим в ИИ и инструмент невероятных возможностей, и угрозу нашему статусу, приватности и даже самому человеческому в нас.

Методы решения задачи

Основу методологии составляет системный анализ, который проявляется в построении детализированной карты конфликта «Человек–ИИ». Этот подход позволяет рассмотреть конфликт как сложную динамическую систему с взаимосвязанными элементами: участниками, предметом и объектом противостояния, причинами возникновения и стадиями развития. Системный подход дополняется структурно–функциональным анализом, который раскрывает место и роль ИИ в современном обществе – от практического инструмента до источника социальных угроз.

Важную роль в исследовании играет сравнительный анализ, позволяющий сопоставить позитивные и негативные аспекты влияния искусственного интеллекта, различные сферы его применения и противоре-

чивые общественные реакции на технологические innovations. Этот метод помогает выявить фундаментальную парадоксальность восприятия ИИ как «друга и врага» одновременно.

Эмпирическую базу работы обеспечивает статистический анализ, основанный на данных авторитетных международных исследований. Использование количественных показателей из отчетов Всемирного экономического форума, Eurobarometer и McKinsey придает теоретическим выводам доказательную силу и конкретность.

Анализ полученных результатов

Наиболее документированной и массовой является тревога, связанная с автоматизацией рабочих мест. Согласно отчету Всемирного экономического форума (2023), к 2027 году технологии создадут 69 млн новых рабочих мест, но уничтожат 83 млн, что приведет к чистому сокращению 14 млн рабочих мест [1]. Исследование McKinsey прогнозирует, что к 2030 году до 30 % рабочих задач в развитых странах будут автоматизированы, что потребует масштабного переобучения сотрудников [2]. В Европе Eurobarometer фиксирует, что 82 % граждан выступают за строгое регулирование ИИ для защиты прав человека [3]. ООН в докладе о цифровой этике призывает к развитию «алгоритмической грамотности» для снижения социальной напряженности [4].

Однако существуют примеры из реальной жизни, когда человек и ИИ уже сегодня вступают в конфликт (таблица 1).

Таблица 1

Примеры конфликтов человека и ИИ в жизни

Пример конфликта	Суть конфликта	Ключевой аспект конфликта
1. Смерть от беспилотного автомобиля Tesla (2016)	Водитель погиб, когда его Tesla в режиме автопилота не распознала грузовик, пересекавший дорогу. Система и водитель (который, по данным телеметрии, не следил за дорогой) не смогли предотвратить аварию.	Проблема распределения ответственности. Кто виноват: производитель за несовершенную систему, водитель за излишнее доверие технологии или законодатели, разрешившие использование не до конца доработанных систем? Это реальный конфликт на стыке жизни, смерти и ответственности за решения, которые принимает или не принимает ИИ.
2. Дискриминация при приеме на работу алгоритмами Amazon (2018)	Amazon разработала инструмент ИИ для сортировки резюме. Система научилась дискриминировать женщин, потому что была обучена на данных о найме за 10 лет, где большинство соискателей были мужчинами. Она автоматически понижала рейтинг резюме, содержащих слова «женский» (например, «капитан женской команды по плаванию»).	Воспроизведение человеческих предубеждений. Конфликт здесь – между стремлением к объективности и унаследованной алгоритмом человеческой предвзятостью. ИИ не создал конфликт с нуля, а усугубил и автоматизировал существующую в обществе проблему.
3. ChatGPT и академическое мошенничество	С появлением генеративных ИИ студенты массово начали использовать их для написания эссе и решения домашних заданий. Это поставило перед учебными заведениями сложный выбор: запрещать технологии, интегрировать их в учебный процесс или полностью менять подход к оценке знаний.	Конфликт в сфере образования и доверия. ИИ создал кризис легитимности: как теперь проверить, являются ли работы результатом обучения студента или генерации машиной? Это конфликт между инновацией и сохранением фундаментальных академических ценностей.
4. Голосовые помощники и нарушение приватности	Устройства вроде Amazon Alexa и Google Home постоянно записывают фрагменты разговоров для улучшения своих услуг. Неоднократно фиксировались случаи, когда они активировались случайно и записывали приватные беседы, которые потом прослушивались сотрудниками компаний.	Конфликт между удобством и конфиденциальностью. ИИ, призванный быть помощником, превращается в «подслушивающее устройство», создавая напряженность между пользователями и технологическими гигантами из-за использования личных данных.

Эти примеры демонстрируют, что конфликты между человеком и ИИ уже происходят в различных сферах: от транспорта и найма на работу до правосудия и информационной безопасности. Каждый случай подчеркивает необходимость разработки этических стандартов и нормативного регулирования технологий ИИ.

Практическое приложение результатов

Восприятие искусственного интеллекта как «друга» или «врага» является предметом активных общественных и академических дискуссий. Однако для его предметного анализа необходимо выйти за рамки эмоциональных оценок и перейти к структурному рассмотрению. Представленная ниже карта (таблица 2) конфликта «Человек–ИИ» декомпозирует данное противоречие на ключевые элемен-

ты, что позволяет перейти от общих рассуждений к конкретным параметрам для изучения и управления этим взаимодействием.

Таблица 2

Карта конфликта: «Человек–Искусственный Интеллект»

Элемент конфликта	Описание
Участники (Стороны)	Основные: • Человек / Человечество (как отдельные люди, профессиональные сообщества, общество в целом). • Искусственный интеллект (как технология, алгоритмы, а также его создатели и операторы – корпорации, государства). Косвенные: • Регуляторы (правительства, международные организации). • Гражданское общество (активисты, профсоюзы).
Предмет конфликта	Поверхностный: Конкуренция за рабочие места, ошибки алгоритмов, контроль над данными. Глубинный (истинный): 1. Борьба за агентность и контроль: Кто принимает ключевые решения, влияющие на жизнь человека и общества? 2. Переопределение ценности человека: Что значит быть человеком в мире, где машины превосходят нас в ряде интеллектуальных задач? 3. Конфликт ценностных систем: Рациональная, оптимизированная логика алгоритма и несовершенная, но содержащая мораль, эмоции и сострадание человеческая логика.
Объект конфликта	• Экономические ресурсы (рабочие места, капитал). • Власть и влияние (принятие решений, формирование повестки). • Данные (личная информация, цифровая идентичность). • Будущее (контроль над направлением технологического и социального развития).
Причины конфликта	Технологические: • Высокая скорость развития ИИ, опережающая способность общества к адаптации. • «Эффект черного ящика» – непрозрачность принятия решений сложными нейросетями. Социально–экономические: • Неравенство в распределении выгод и рисков от автоматизации. • Эрозия традиционных карьерных путей и социальных лифтов. Психологические: • Экзистенциальный страх быть замененным и утратить уникальность. • Когнитивный диссонанс от одновременной зависимости от ИИ и недоверия к нему.
Динамика и стадии	1. Латентная стадия: Научные дискуссии о потенциальных рисках, появление первых автоматизированных систем. 2. Стадия эскалации (Текущая фаза): • Массовая автоматизация рабочих мест. • Публичные скандалы с предвзятостью алгоритмов. • Дебаты о регулировании (например, Европейский AI Act). • Открытые письма экспертов с призывом к паузе разработки ИИ. 3. Возможные точки кризиса: Создание сильного ИИ (AGI), принятие жизненно важных решений автономными системами без контроля человека.
Социальный контекст	• Поляризация общества: Технооптимисты / техноскептики. • Культурный багаж: Влияние антиутопических нарративов (от «Франкенштейна» до «Матрицы»). • Глобальный масштаб: Конфликт не знает национальных границ, но проявляется по-разному в зависимости от уровня технологического развития и культурных особенностей страны.

Этот конфликт является асимметричным. Человечество проецирует на ИИ свои собственные страхи, атрибуты и намерения, в то время как ИИ (на текущем уровне) является лишь инструментом, отражающим цели своих создателей и данные, на которых он обучен. Таким образом, фундаментальный конфликт происходит не между человеком и машиной, а внутри человеческого общества – во круг целей, ценностей и этических рамок, которые мы закладываем в свои технологии.

Выводы

Парадокс восприятия искусственного интеллекта как «друга» и «врага» одновременно – не случайность, а закономерное следствие фундаментального столкновения между человеческой природой и созданной им технологической реальностью. Как демонстрирует карта конфликта, его корни лежат не в самой технологии, а в социальных, экономических и экзистенциальных уязвимостях человека.

Ключевой вывод заключается в том, что «конфликт с ИИ» является проекцией внутренних конфликтов самого человечества:

- Страх перед ИИ – это часто страх перед несправедливостью и ошибками системы, которую создали люди.
- Тревога о замене на работе – это симптом кризиса идентичности в мире, где традиционные модели успеха устаревают.
- Этические дилеммы («черный ящик», предвзятость алгоритмов) – это зеркало, в котором общество видит свои собственные нерешенные проблемы с дискриминацией и прозрачностью.

Таким образом, борьба с ИИ бессмысленна. Подлинная задача – сместить фокус с противостояния на управление. Будущее, в котором ИИ останется инструментом, а не угрозой, зависит от способности человечества:

1. Создать надежные правовые и этические рамки, регулирующие развитие и применение технологий.
2. Инвестировать в человеческий капитал: образование, переобучение, развитие «мягких навыков», где человек сохраняет преимущество.
3. Развивать алгоритмическую грамотность, чтобы страх перед «черным ящиком» уступил место пониманию и контролю.

В конечном счете ИИ не создает новых угроз – он обнажает и усиливает существующие в обществе проблемы. И именно их решение, а не борьба с технологиями, станет залогом того, что искусственный интеллект останется в роли помощника, а не превратится во врага. Наша судьба в эпоху ИИ определяется не мощностью алгоритмов, а нашей мудростью в их использовании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Будущее рабочих мест. Доклад 2023 года. The Future of Jobs Report 2023 / Всемирный экономический форум. 2023. URL: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2023.pdf (дата обращения: 15.10.2025).
- 2 Искусственный интеллект и автоматизация преобразуют рабочие силы. AI and automation will transform workforces / McKinsey Global Institute. 2023. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/ai-and-automation-will-transform-workforces> (дата обращения: 15.10.2025).
- 3 Специальный Евробарометр 3052: Искусственный интеллект. Special Eurobarometer 3052: Artificial Intelligence / Европейская комиссия. 2023. URL: <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/3052> (дата обращения: 15.10.2025).
- 4 Рекомендация ЮНЕСКО по этике искусственного интеллекта. UNESCO Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence / ООН. 2021. URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381200> (дата обращения: 15.10.2025).
- 5 Трагическая потеря. A Tragic Loss / Tesla Blog. 2016. URL: <https://www.tesla.com/blog/tragic-loss> (дата обращения: 15.10.2025).
- 6 Amazon свертывает секретный инструмент ИИ для найма из-за предвзятости против женщин. Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women / Reuters. 2018. URL: <https://www.reuters.com/article/idUSKCN1MK0AG/> (дата обращения: 15.10.2025).
- 7 Машинный предрассудок. Machine Bias / ProPublica. 2016. URL: <https://www.propublica.org/article/machine-bias-risk-assessments-in-criminal-sentencing> (дата обращения: 15.10.2025).
- 8 Изучая введение Тэй. Learning from Tay's introduction / Microsoft Blog. 2016. URL: <https://blogs.microsoft.com/blog/2016/03/25/learning-tays-introduction/> (дата обращения: 15.10.2025).
- 9 Отчет о искусственном интеллекте сейчас 2019. AI Now 2019 Report / AI Now Institute. 2019. URL: <https://ainowinstitute.org/publication/ai-now-2019-report> (дата обращения: 15.10.2025).
- 10 Исследование «Гендерные оттенки». Gender Shades / MIT Media Lab. 2018. URL: <http://gendershades.org/overview.html> (дата обращения: 15.10.2025).

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ КОМПЛЕКСНОЙ КОРПОРАТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Е. С. Трегубова, Ю. В. Веселова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современная бизнес-среда, формируется развитием цифровых технологий их внедрением и глобализацией. Привычные способы, используемые ранее, защиты корпоративных данных показывают низкую результативность. Объём угроз, в свою очередь, значительно расширился: от разовых кибератак к сложным кибероперациям. Эти обстоятельства диктуют необходимость разработать совершенно новые стратегии защиты. В статье рассматриваются современные инновационные методы и подходы, основанные на интеграции передовых технологий, включающих в себя искусственный интеллект, анализ больших данных и проактивные стратегии управления рисками. Этот комплекс мер формирует новую концепцию корпоративной безопасности, отличающуюся от традиционных методов.

Основная часть. В настоящее время, концепция корпоративной безопасности переживает период значительных изменений. Новый подход заключается не в пассивном реагировании на угрозы, а в активной системе защиты, снижающей риски и предотвращающей инциденты.

Данный подход предполагает полную интеграцию физической, цифровой и человеческого фактора в комплексную систему. Она должна не только отражать фактические атаки, но и заблаговременно выявлять потенциальные уязвимости, обеспечивая организацию устойчивостью к развивающимся кибер-угрозам.

Вследствие происходит формирования самого понятия «безопасность» как непрерывной, постоянно развивающейся системы (Security as a Process), что отлично от обычного фиксированного комплекса разрозненных средств [1]. Безопасность сегодня – это не только видеонаблюдение и межсетевые экраны (firewall), она представляется собой непрерывный процесс, где активная оценка угроз, внедрение упреждающих контрмер, непрерывный мониторинг и постоянная корректировка становятся неотъемлемыми составляющими.

Таблица

Роль технологий в архитектуре комплексных систем

Технология	Искусственный интеллект (AI)	Интернет вещей (IoT)	Большие данные (Big Data)	Облачные вычисления
Роль во внедрении	Анализирует данные, выявляет закономерности и принимает интеллектуальные решения	Собирает и передает данные с физических устройств, обеспечивая связь с цифровой средой	Обеспечивает хранение и обработку огромных объемов структурированных и неструктурированных данных	Предоставляет масштабируемые и гибкие вычислительные ресурсы для работы всех компонентов системы

Внедрение таких технологий укрепляет основу кибербезопасности, одновременно с этим открывая новые возможности для преобразования систем физической безопасности. Принципы проактивности, предиктивного анализа и автоматизации, ранее успешно зарекомендовавшие себя в цифровом мире, способны таким же образом изменить защиту физических активов и инфраструктуры.

Основой служат интеллектуальные системы видеонаблюдения (ИСВ). ИСВ на сегодняшний день вышли далеко за рамки простой фиксации происходящего [2]. Их главная особенность – анализ видеоряда в реальном времени с последующим анализом. Существует несколько подходов к реализации подобных систем. Оптимальным вариантом принято считать распределенные системы. Базовый анализ в них производится на самом устройстве, а более ресурсоемкие вычисления делегируются серверу.

ИСВ обладают большим количеством функций. От контроля периметра и подсчёта людей до отслеживания перемещений и распознавания автомобильных номеров. Это позволяет не только повысить безопасность, но и оказать прямое воздействие на экономические показатели [2].

Этот же принцип аналитического подхода и точной идентификации применяется в системах контроля доступа – биометрии. Современная биометрия переходит на бесконтактные технологии, что повышает уровень безопасности и пользовательский опыт в корпоративной среде. Система обеспечивает бесконтактную идентификацию сотрудников – по лицу, радужке глаза или походке.

Для важных объектов и данных используют мультимодальную биометрию, сопоставляющую несколько параметров. Такой подход практически исключает возможность несанкционированного доступа, поскольку злоумышленнику потребуется подделать несколько биометрических параметров. Мультимодальные системы повышают надежность защиты и обеспечивают высокую точность идентификации.

Внедряя систему биометрии так же, стоит пересмотреть методы управления корпоративной безопасностью. В условиях многократного роста интеллектуальных систем и объемов данных, технологическим решением принимается их централизация. Центр управления безопасностью (ЦУБ), использует в своей работе IoT [3]. Это позволяет объединить сразу несколько систем безопасности – в одну общую систему (платформу). В результате, создаётся «цифровой двойник» объекта, предназначенный для моделирования и выявления потенциальных угроз. С помощью этого, можно автоматизировать управление системами, обеспечивая централизованный контроль.

Объединение таких систем так же позволяет эффективно противостоять кибератакам. Например, при выявлении сетевой угрозы, система автоматически активирует многоуровневую защиту. Блокируется подозрительный IP – адрес на маршрутизаторе, после чего система изолирует скомпрометированные учётные записи и запускает детальный анализ трафика, для оценки причиненного ущерба. Автоматический анализ данных в свою очередь, позволяет сократить время обнаружения вредоносных ПО и своевременно устранить киберугрозы. Внедрение интеграции упрощает администрирование, повышает стабильность всей ИТ-системы и закрывает пробелы в безопасности. Формируется фундамент экосистемы безопасности, что позволяет интегрировать дополнительные компоненты.

Интеграция может реализовываться различными методами. Один из них – организация взаимодействий между системами. В таком случае, программа одной системы, получает информацию от другой, что позволяет ей заранее сконфигурировать ответ. Глубокая интеграция между системами достигается путём прямого соединения. Применяется для безопасного обмена данными между системами.

Эволюция современных киберугроз требует развития защитных механизмов. На первый план, выдвигаются технологии, способные к самообучению и прогнозированию. В таком контексте ИИ и ML формируют основу Security Operations Center (SOC), повышая его результативность. Благодаря внедрению платформ SOAR, команды безопасности могут перейти от ручных действий к проактивному, автоматизированному подходу. Система самостоятельно обрабатывает типовые угрозы, следуя заранее определенным сценариям. Это значительно ускоряет процесс, сокращая время реакции до секунд [4].

Поскольку традиционные сигнатурные методы оказываются менее эффективными против новых угроз, поведенческий анализ (UEBA) становится все более предпочтительным. Её ключевая задача – выявление целевых атак и инсайдерских угроз путём анализа статистики поведения и поиска отклонений от нормы. Система может заметить подозрительную активность, если сотрудник неожиданно обращается к конфиденциальным данным извне или массово скачивает файлы в нерабочее время. UEBA использует искусственный интеллект и машинное обучение, адаптируясь к изменениям в поведении и анализируя разнообразные данные: логи серверов и маршрутизаторов, записи систем контроля доступа, а также переписку в почте и мессенджерах.

Для дальнейшего развития комплексной системы защиты необходимо отказаться от устаревшей концепции. На смену существующей модели безопасности приходит подход, основанный на принципе нулевого доверия (Zero Trust) [5]. В рамках данного подхода предполагается, что любая точка сети может стать источником угрозы. Следовательно, каждый запрос на доступ к ресурсу, независимо от его отправителя, должен проходить строгую процедуру верификации. В реальных условиях это достигается путем тщательного разделения сети на мелкие, изолированные сегменты. Такая микросегментация ограничивает возможности злоумышленника для перемещения. Постоянная и строгая проверка подлинности каждого пользователя и устройства дополнительно повышает безопасность.

Ключевым элементом, без которого невозможно внедрение модели Zero Trust, являются передовые системы управления идентификацией и доступом (IAM) [5]. Модернизируется процесс аутентификации, система отказывается от простого логина и пароля в пользу адаптивных методов. Подход динамически оценивает риски сеансов, учитывая контекстные факторы: местоположение, устройство (и его безопасность), а также запрашиваемые данные. В зависимости от степени риска, система может автоматически запросить дополнительную проверку (многофакторную аутентификацию) или вообще ограничить доступ. При этом предоставляется контекстно-зависимый доступ с минимально необходимыми привилегиями для выполнения текущей задачи.

Ключевым элементом этой многогранной системы защиты является признание критически важных данных наивысшим активом компании и соответствующее сосредоточение усилий на их охране. Для защиты информации используются сквозное шифрование и токенизация. Эти методы трансформируют конфиденциальные данные в уникальные токены, лишённые смысловой нагрузки, что делает утечку данных практически бесполезной. Помимо стандартного отслеживания данных по шаблонам,

современные DLP-системы с ИИ теперь умеют «понимать» контекст и анализировать, как ведут себя пользователи. Это помогает им находить даже самые замаскированные угрозы, будь то действия сотрудников изнутри или спланированные атаки.

Несмотря на впечатляющие технологические достижения в области безопасности, человек остается самым непредсказуемым и трудным для управления элементом. Инновационные подходы к комплексной корпоративной защите активно внедряются в управление персоналом. Традиционные программы безопасности эволюционируют в проактивные и аналитические системы, ориентированные на работу с человеческим фактором. Нынешние тренинги по кибербезопасности (Security Awareness) больше не ограничиваются формальными инструкциями, активно применяются интерактивные методики [6]. Применение геймификации способствует повышению вовлеченности и эффективности обучения, делая процесс более привлекательным. В свою очередь, симуляции фишинговых атак предоставляют возможность практической отработки поведенческих сценариев в контролируемой среде. Это формирует устойчивые, автоматические реакции на попытки социальной инженерии.

Для повышения эффективности подхода внедряется мониторинг психологического климата. Это позволяет выявлять признаки нелояльности и потенциальные инсайдерские угрозы на ранних стадиях. Для оценки эффективности работы анализируются цифровые следы сотрудников (активность в системах, поведенческие модели). Целью является не тотальный контроль, а идентификация аномалий в поведении.

Инновации, как технологические, так и ориентированные на человека, генерируют гигантские объемы данных. Чтобы извлечь из них максимальную выгоду, нужен центральный аналитический хаб – «мозговой центр безопасности». Его функция заключается в анализировании информации и ее трансформации в управленческие решения. Основой для проактивной защиты становится Security Intelligence – практика сбора и анализа разведанных об угрозах [7]. В режиме реального времени собирается информация из открытых источников (OSINT), таких как хакерские форумы и базы уязвимостей, а также из закрытых промышленных каналов. Это позволяет заранее узнавать о готовящихся киберпреступниках тактиках, целевых атаках и уязвимостях.

Сами по себе разрозненные данные не несут особой ценности. Их истинный потенциал раскрывается благодаря визуализации и анализу больших данных. Продвинутое аналитическое инструменты объединяют и устанавливают взаимосвязи между событиями, поступающими из различных источников. Результат – интерактивные дашборды, наглядно показывающие оперативную картину безопасности, тренды и ключевые инциденты. Данное решение предоставляет техническому персоналу возможность оперативно выявить скрытые взаимосвязи между инцидентами. Это способствует принятию руководителями обоснованных стратегических и бюджетных решений, основанных на объективных данных и глубоком анализе.

Интеграция инновационных методик в систему комплексной корпоративной безопасности, сопряжена с рядом существенных вызовов. Среди них – значительные расходы на их запуск и обслуживание, сложности при сопряжении с унаследованной ИТ-инфраструктурой и острый дефицит специалистов, способных эффективно применять эти технологии. Использование поведенческой аналитики, биометрии и ИИ для наблюдения за сотрудниками и клиентами вызывает серьезные опасения по поводу конфиденциальности и чрезмерного контроля. Это обязывает компании строго соблюдать законодательство и разрабатывать прозрачные политики в отношении данных.

Несмотря на сложности, корпоративная безопасность движется в направлении полной технологической конвергенции. Кибербезопасность, физическая охрана и управление операционными рисками будут объединены в автоматизированные комплексы. Это приведет к появлению автономных систем безопасности, способных самостоятельно прогнозировать, выявлять и отражать угрозы, требуя минимального человеческого вмешательства. Однако уже сейчас появляется новая, критическая проблема: развитие квантовых вычислений. В перспективе это может сделать современные криптографические алгоритмы бесполезными, поэтому специалистам по безопасности необходимо уже сегодня готовиться к внедрению постквантовых стандартов шифрования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Mastering™ Network Security, Second Edition by Chris Brenton, Cameron Hunt, October 2002 [Electronic resource]. URL: https://www.oreilly.com/library/view/masteringtm-network-security/9780782141429/9780782141429_security_as_a_process.html (date of access: 27.09.2025).
- 2 Могилин К. А., Селищев В. А. Интеллектуальные системы видеонаблюдения в комплексах безопасности; [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-sistemy-videonablyudeniya-v-kompleksah-bezopasnosti/viewer> (дата обращения: 01.10.2025).
- 3 Пилипенко Н. Интернет вещей – а что это? [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/articles/149593/> (дата обращения: 01.10.2025).

- 4 What is a security operations center (SOC)? [Electronic resource]. URL: <https://www.microsoft.com/en-ca/security/business/security-101/what-is-a-security-operations-center-soc> (date of access: 02.10.2025).
- 5 Концепция безопасности Zero Trust: преимущества и принцип работы [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/zero-trust?ysclid=mgpght6vgn980205385> (дата обращения: 01.10.2025).
- 6 Каким навыкам практической ИБ (Security Awareness) нужно обучать сотрудников? / Ирина Тёркина [Электронный ресурс]. URL: https://www.anti-malware.ru/analytics/Technology_Analysis/Security-Awareness-2024?ysclid=mgpgk7pek313889154 (дата обращения: 05.10.2025).
- 7 Шабанов И. Что такое Security Intelligence и зачем это нужно? [Электронный ресурс]. URL: https://www.antimalware.ru/analytics/Technology_Analysis/Security_Intelligence?ysclid=mgpgmrzj3x155557581 (дата обращения: 09.10.2025).
- 8 Тимчук О. Г., Вихорева М. В., Веселова Ю. В. Ключевые риски цифровой трансформации бизнеса // Вопросы новой экономики. 2024. № 3 (71). С. 31–39. DOI 10.52170/1994-0556_2024_71_31. EDN NRFKWO. (дата обращения: 09.10.2025).

УДК 338.47

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЫНКА СКЛАДСКОЙ НЕДВИЖИМОСТИ РОССИИ

В. А. Хайтбаев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. События последних лет в области логистики повлекли существенные сбои в цепях поставок, что привело к осознанию имеющегося системного кризиса в сфере складской деятельности и места склада в цепи поставок. В этой связи современные тренды повышения эффективности складской деятельности в части автоматизации и роботизации крупных проектов в складской инфраструктуре наметившиеся к началу 2020 годов поставлены на паузу, что связано с макроэкономической неопределенностью и в первую очередь экономической, геополитической и деятельностью ЦБ РФ. При этом объективная информация в виде региональных отчетов о состоянии складской деятельности, в том числе вводом в эксплуатацию новых складских объектов показывает значительные инфраструктурные проблемы, как в части дефицита современных складских площадей, так и в части их равномерного размещения на территории государства.

Результаты исследования. В последние пять лет наметилась положительная тенденция роста рынка складской недвижимости с предварительной оценкой около 40 %. Только за неполный 2025 год рост складской недвижимости составил около 9 %. Эти изменения произошли главным образом за счет развития региональных складских систем России в ключевых хабах с существующим предложением более 1 млн кв. м и в развивающихся хабах с предложением менее 1 млн кв. м. Анализ 2023 г. показал рекордную величину удовлетворенного спроса на рынке складской недвижимости по показателям сумма купленных и арендованных складских площадей, которая составила 7,3 млн кв. м. В следующем году наблюдались высокие темпы удовлетворения спроса. В частности спрос за I–III кв. 2024 г. в целом в РФ был около 6,3 млн. кв. м, что больше этого же показателя прошлого года на 36 %. На регионы России пришлось не много более половины спроса (55 %). Статистика аналитиков IBC Real Estate по результатам 2024 года показала увеличение совокупного спроса, который достиг значения 7,5 млн кв. м. К концу следующего 2025 г. прогнозируется незначительная стабилизация спроса в основном ключевых игроков рынка и его снижение до 4,5–5 млн кв. м. (рисунок 1) [2].

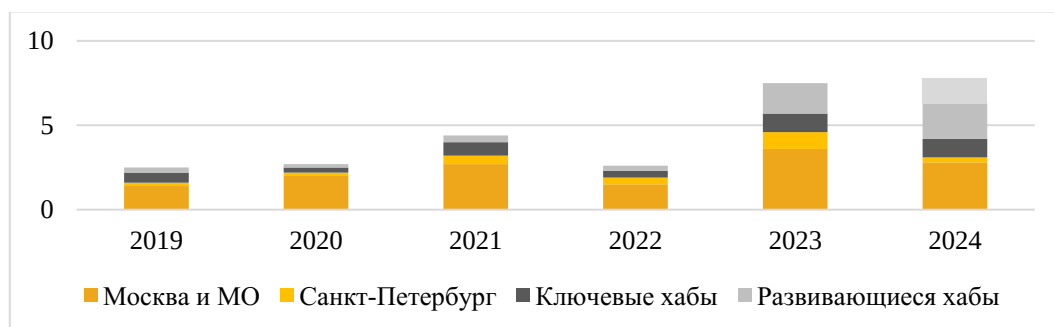


Рис. 1. Динамика спроса на склады типов А и В, млн. кв.м

результаты I–III кв. 2024 г. в части арендованных и купленных площадей в Московской области составили 2,8 млн кв. м, включая Москву, что превысило тот же показатель 2023 года на 15 %. Основными покупателями остаются онлайн-операторы, доля которых равна 42 %, или 1,2 млн кв. м. Текущие показатели являются максимальными и превысили годовые значения 2023 г. Тем не менее структура приобретенной недвижимости становится все более неравномерной. По прочим арендаторам наблюдается снижение темпов приобретений и расширения портфелей заказов. Очевидно, по мере увеличения своих заказов основные тенденции спроса в ближайшей перспективе приблизятся к оптимальным и обеспечат повышению эффективности логистики и обеспечат снижение спроса на складскую недвижимость в 2025 г. [1].

Кроме того, анализ трех первых кварталов 2024 г. показал уменьшение объемов купленных и арендованных складских площадей и составил 253 тыс. кв. м, (на 57 % меньше чем в 2023 г.) (рисунок 2) [2]. Свыше 78 % спроса относятся к договорам по аренде и субаренде складов, где 2 сделки заключил Ozon (50 тыс. кв. м) и 2 сделки Wildberries на новые объекты (36,5 тыс. кв. м). BTS–сделки составили только 14 % спроса (это 63 % в I–III кв. 2023 г.). За второй и четвертый квартал 2024 г. были заключены 3 договора по BTS–продаже объектов для компаний Proline (14,5 тыс. кв. м), «Вотоня» (12,4 тыс. кв. м) и «Газпромнефть» (11 тыс. кв. м). Спрос стал лучше сбалансированный по причине сохранения умеренного спроса со стороны традиционных игроков С–Петербурга: производителей (+24 % г/г) и логистических операторов (+11 % г/г).

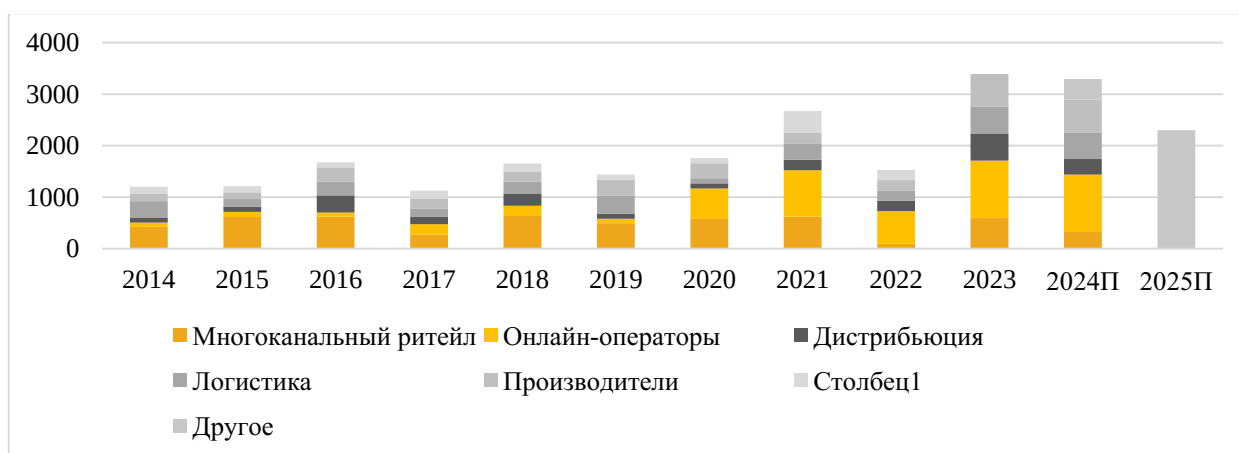


Рис. 2. Сумма купленных и арендованных площадей, классы А и В, тыс. кв. м

В наиболее значимых субъектах РФ, где объем существующего предложения превышает 1 млн кв. м., например, Екатеринбург, Новосибирск, Самара, Казань, Краснодар, Ростов–на–Дону и Воронеж – спрос составил 1109 тыс. кв. м, превысив в 2 раза не только показатели за аналогичный период прошлого года, но и в 1,2 раза совокупный годовой результат прошлого года. Основными драйверами регионально-го спроса остаются онлайн-операторы, занимающие 84 % спроса, чья доля с конца 2023 г. (таблица).

В остальных регионах страны, где величина предложения составляет менее 1 млн кв. м, спрос не только почти в 2 раза выше, чем в ключевых региональных хабах, но и сопоставим с уровнем в Московском регионе (2678 тыс. кв. м). С начала года реализовано 2,1 млн кв. м, что на 95 % больше объемов за аналогичный период прошлого года, а также на 17 % – совокупного годового результата прошлого года (1081 тыс. кв. м). Доля сделок в формате BTS достигла 91 % от общего объема спроса. Доля онлайн-ритейлеров в спросе приблизилась к новым максимальным показателям: 1846 тыс. кв. м (+56 % г/г), или 87 % спроса. Компания Ozon реализовала 981 тыс. кв.м,или 47 % спроса, «СберЛогистика» – 863 тыс. кв. м, или 41 % спроса, При этом пятью наиболее ривлекательными развивающимися региональными логистическими хабами по объему реализованного спроса стали Нижний Новгород (283 тыс. кв. м), Кемерово (275 тыс. кв. м), Уфа (165 тыс. кв. м),Омск (160 тыс. кв.м) и Владимир (137 тыс. кв. м).

Таблица

Рынок складской недвижимости России (итоги III квартал 2024 г)

Общий объем складских площадей	млн. кв. м
Россия в целом	55,1
Москва и МО	30,1
Санкт-Петербург	5,7
Ключевые хабы	10,0
Екатеринбург	2,3
Новосибирск	1,7
Самара	1,3
Казань	1,3
Краснодар	1,3
Ростов-на-Дону	1,2
Воронеж	1,0
Развивающиеся хабы*	9,2

Выводы. Проведенный анализ выявил предполагаемые точки роста инвестиционной привлекательности складских комплексов, не смотря на высокую ставку рефинансирования ЦБ РФ и желания инвесторов получить более высокую маржу. За первую половину 2024 г года объем инвестиций в складскую недвижимость, что показывает динамику ввода складов по кварталам (рисунок 3) [2], достиг рекордного уровня и составил 143 млрд. руб. Таким образом, при таких не благоприятных внешних условиях как для арендаторов, так и для инвесторов спрос на складскую недвижимость в целом можно оценить положительно, что дает основания и далее рассчитывать на увеличение спроса на объекты складской недвижимости.

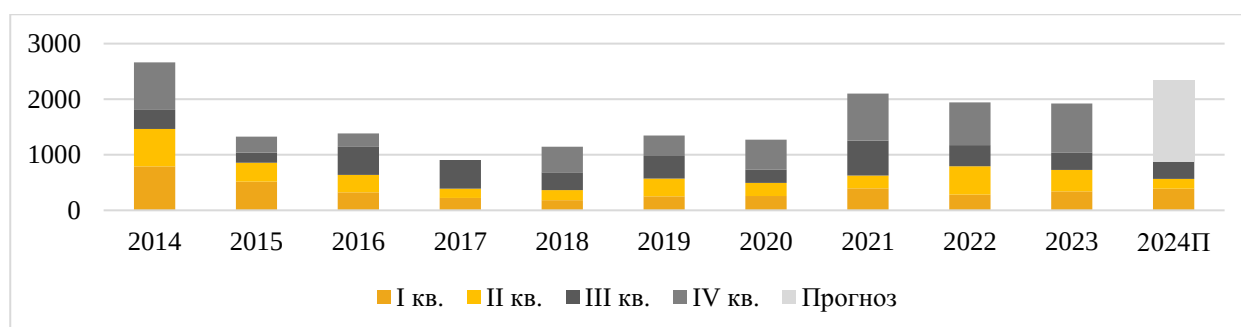


Рис. 3. Динамика нового ввода складов по кварталам, классы А и В, тыс. кв. м

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Складской рынок России: рекорды 2024 года. Логистика 360. Анализ рынка 2025. Выпуск №1, январь–февраль 2025.
- 2 Динамика спроса на склады классов А и В, млн. кв.м. [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. URL: <https://www.rosstat.gov.ru/> (дата последнего обращения 20.10.2025)

ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ РЫНКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК В РОССИИ

В. А. Хайтбаев

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. События прошедшего десятилетия, в особенности последних четырех лет показали достаточно изменчивую динамику рынка автомобильных перевозок связанную с началом политики санкционного давления на экономику РФ и далее беспрецедентного ее усиления на все без исключения социально–экономические институты государства [2]. В этих условия снижение темпов производства, уменьшение его объемов и номенклатуры выпускаемых промышленных товаров стали главной причиной снижения показателей грузоперевозок, в том числе и на автомобильном транспорте.

Поскольку, рынок этого сегмента занимает около 80 % в общей структуре грузоперевозок анализ, оценка и его влияние на другие отрасли экономики представляет несомненный интерес и значение для правильного восприятия текущей экономической ситуации и определения актуальных и очевидных трендов динамики промышленного производства и логистики.

Результаты исследования. Анализ 2014–2021 годов, где санкционное давление не было столь масштабным и многовекторным объемы грузоперевозок в целом показывали положительную динамику, что бы было отчасти следствием относительно стабильного макроэкономического положения, активной внешней торговли и устойчивых политико–дипломатических отношений с западными странами. Однако с 2022 года сложившаяся мировая экономическая политика определила новые, диаметрально противоположные тренды состояния промышленного производства РФ, в том числе и логистики включая грузоперевозки на автомобильном транспорте, которые характеризуются их значительным спадом.

В этой связи экономическая оценка результатов 2022 год в сравнении с 2021 годом является доказательством спада не только темпов экономического роста, но и в большей степени его ухудшения.

Вместе с тем, начиная с 2023 года стали очевидны рост промышленного производства, увеличение импорта из Китая и других стран юго–восточной Азии, розничного товарооборота, что сказалось на увеличении объема перевозки грузов за 2023 и 2024 годы. По данным Росстата в 2023 г. объем грузоперевозок опередил допандемийный уровень и составил около 8 млрд. т без учета трубопроводного транспорта.

В 2022–2023 гг. общий объем грузоперевозок, включая трубопроводный транспорт, показал также положительные значения на уровне 3% в связи с улучшением макроэкономической ситуации. В тоже время, по итогам 2024 г. прогнозировалось небольшое снижение в размере 1 % (год к году) динамики грузового товарооборота, обусловленное уменьшением железнодорожных перевозок [1]. Однако анализ динамики показывает ее незначительный рост (рис. 1).

Динамика объема грузоперевозок в РФ, млн т

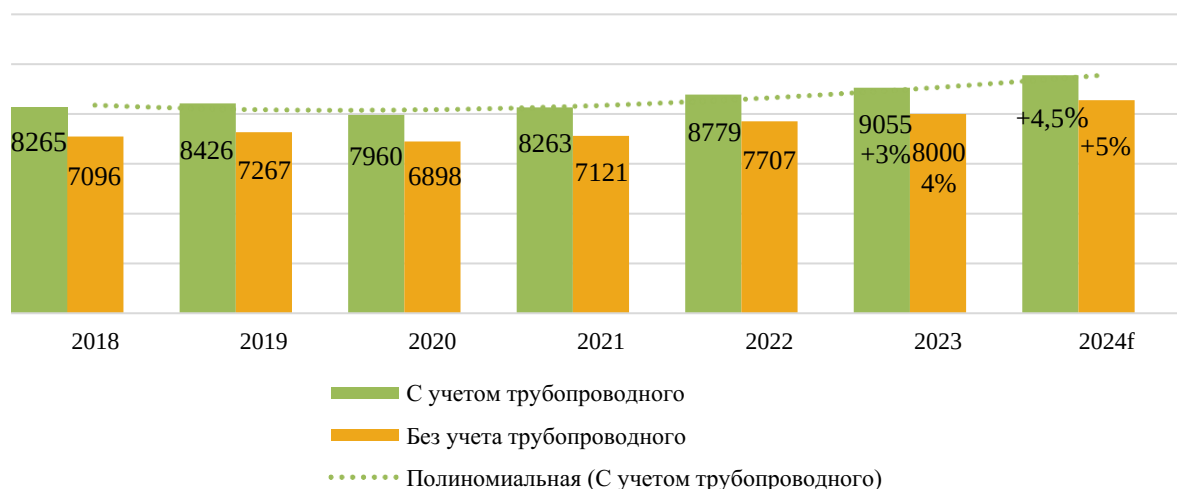


Рис. 1. Динамика объема грузоперевозок в РФ, млн.т

Вместе стем, анализ статистики коммерческих и некоммерческих грузоперевозок по малым перевозчикам использующие различные модели оказания услуг затруднен. По информации Росстата, в 2024 г. доля коммерческих перевозок составила около 48 %. Эта оценка формируется на основании

официально оформленных договоров между перевозчиками и грузовладельцами, без учета используемых теневых схем доставки.

В этом случае учитываются все железнодорожные, авиа, морские и внутренние водные перевозки. При учете коммерческих грузоперевозок автомобильным транспортом, как и в случае с остальными, учитываются только перевозки оформленные официально.

Очевидно, что некоммерческие грузоперевозки это транспортировка, которая совершается физическими или юридическими лицами без заключения договоров, при этом владелец груза или транспортного средства не получает финансовой выгоды. Вместе с тем, используемые на рынке автомобильных грузовых перевозок гибкие схемы транспортировки грузов говорят об обратном. Следовательно, в статистику некоммерческих перевозок Росстата попадают и неоформленные услуги по коммерческим перевозкам, что показано на рисунке 1. Динамика грузоперевозок без учета некоммерческих перевозок и неоформленных услуг по коммерческим перевозкам, показана на рисунке 2 [1].

Динамика объема грузоперевозок в РФ, млн т

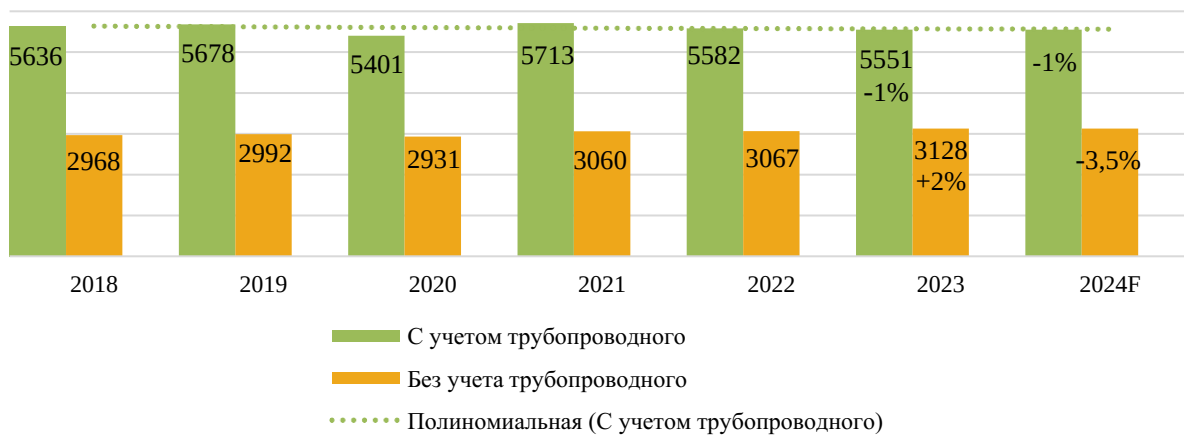


Рис. 2. Динамика грузоперевозок без учета некоммерческих перевозок и неоформленных услуг по коммерческим перевозкам

Указанная проблема учета объемов грузоперевозок не позволяет адекватно оценить объем совершаемой транспортной работы, что является одной из причин искажения основных макроэкономических показателей Росстатом.

На рынке автомобильных грузоперевозок работает большое количество транспортных компаний, функции которых по организации и осуществлению транспортировки могут выполнять, в том числе, структурные подразделения торгово-производственных организаций, 3PL-операторы или транспортные предприятия. Вне системы учета выполненной транспортной работы остаются частные перевозчики – небольшие транспортные компании, микроорганизации и индивидуальные предприниматели, составляющие около трети рынка и неподдающиеся оценке [3]. Рынок автомобильных грузоперевозок характеризуется невысокой долей официально оформленных коммерческих перевозок. Значительная часть грузов (63 %) перевозится самими предприятиями или частными перевозчиками, не учитываемые в статистике Росстата. Однако от года к году этот рынок постепенно выходит из тени, что подтверждается данными Росстата. За 5 лет доля коммерческих автоперевозок увеличилась с 29 до 37 %.

В последние годы, грузовладельцы стали чаще передавать задачи по транспортировке грузов коммерческим перевозчикам: закупать и обслуживать собственные транспортные средства становится экономически не целесообразно из-за роста затрат на закупку грузового транспорта. Стоимость транспортных средств за 2022–2023 гг. в среднем увеличилась на 40 %, а с начала 2024-го с ростом утилизационного сбора и лизинговых ставок выросла еще 12 %. Поэтому, в настоящее время собственные грузовые некоммерческие транспортные парки имеют, как правило, крупные производители, ритейлеры и маркетплейсы (рисунок 3).

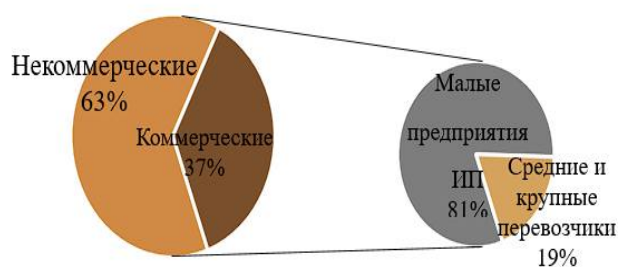


Рис. 3. Структура автомобильных грузовых перевозок за 2023 год

Вместе с тем, представляет несомненный интерес структура продаж нового грузового автотранспорта и уровень дефицита водителей грузового автотранспорта (рисунок 4, 5).

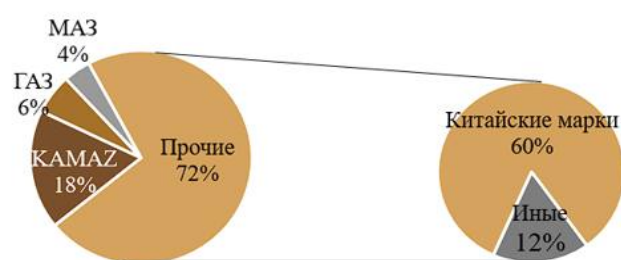


Рис.4. структура продаж нового грузового автотранспорта

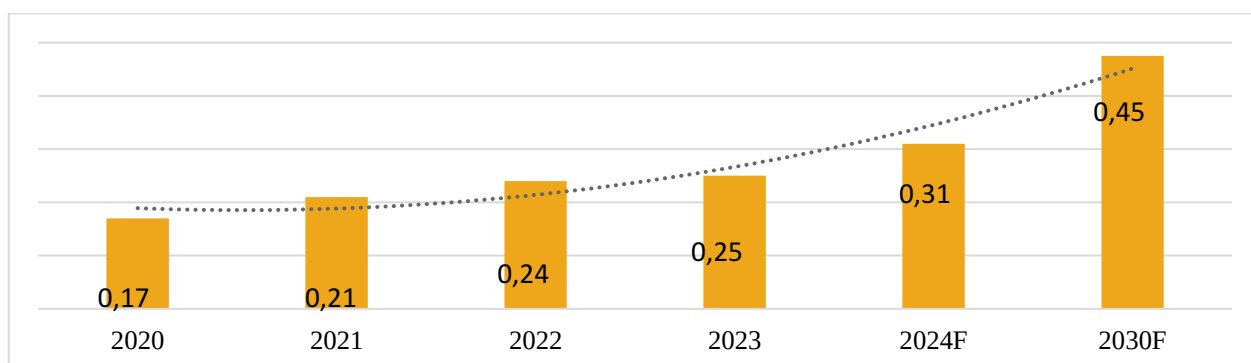


Рис. 5. Уровень дефицита водителей грузового автотранспорта

Выводы. Таким образом, проведенный анализ показывает, что в последние годы видна положительная динамика восстановления рынка автомобильных перевозок связанное с улучшением макроэкономической ситуации в основном за счет увеличение объемов промышленного производства, импорта широкой номенклатуры товаров из Китая и стран Юго-Восточной Азии и отчасти проводимой политикой импортозамещения. Однако высокая ставка рефинансирования центрального банка РФ является существенным препятствием более высоких темпов восстановления автомобильных перевозок, что видно, например, по доле импортных грузовых автомобильных транспортных средств. В тоже время наблюдаемый дефицит водителей, возможно, связан с проводимой в западной части РФ специальными мероприятиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Рынок автомобильных перевозок в России в 2020–2024 гг // Логистика 360. Анализ рынка 2025. Выпуск №1, январь–февраль 2025.
- 2 Хайтбаев В. А. Система международных транспортных коридоров в контексте стран участников БРИКС // Экономика и предпринимательство. 2025. № 6 (179). С. 321–326.
- 3 Хайтбаев В. А., Костров В. Н., Черняев Е. В. Ресурсосберегающий подход к организации доставки грузов в региональных цепях поставок // Мир транспорта. 2024. Т.22. № 3 (112) С. 68–79.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДХОДА В РАЗВИТИИ ТЕОРИИ КОНКУРЕНЦИИ

Н. В. Чернова, В. Е. Платынюк

Уральский государственный университет путей сообщения

Введение. Возникновение торговых связей в экономической сфере общества способствовало дальнейшему развитию конкуренции. Это развитие выражается в значительном усилении независимости субъектов хозяйствования (которые, в свою очередь соперничают за покупателя). Диалектическая природа конкуренции приводит к образованию ее новых форм и определяет ее состояние в современной экономической системе [3: 102]. Поэтому по мере эволюции теории конкуренции содержание понятия «конкуренция» наполнялось различными аспектами. Нельзя не согласиться с тем, что в действительности нет устоявшегося термина «конкуренция», что приводит большому разнообразию вкладываемых в него смыслов. Цель настоящего исследования – определить развитие теоретических положений конкуренции на основе поведенческого, структурного и функционального подходов, акцентируя внимание на функциональном подходе.

Методы. В работе применялись методы поиска причинно–следственных связей, описательные исследования. **Результаты.** Исследованы основные подходы в развитии теории конкуренции (поведенческий, структурный и функциональный), изложенные в трудах отечественных и зарубежных авторов. Более подробно рассмотрен функциональный подход. В его основу легли труды представителей теории конкуренции А. Смита, Д. Рикардо, А. Маршалла, Й. Шумпетера, Ф. А. фон. Хайека.

Практическое приложение результатов. Положения и выводы исследования могут быть использованы студентами экономических вузов, магистрантами, аспирантами и всеми, интересующихся развитием теории конкуренции.

Первоначально термин «конкуренция» образовалось в экономической науке из повседневного языка и в течение долгого времени означало независимую борьбу двух либо более лиц [5: 300]. Поэтому для исследования этого понятия требуется рассмотрение нескольких теоретических подходов (поведенческий, структурный, функциональный), которые занимают свое место в научном знании (таблица).

Особое внимание в нашем исследовании акцентировано на функциональном подходе, в рамках которого рассматриваются некоторые положения последователей теории конкуренции.

Эти идеи были восприняты и развиты представителем классической экономической школы Давидом Рикардо, автор «Начала политической экономики и налогообложения» (1817 г.). Сущность данной теории состоит в том, что формирование стоимости цен на рынке происходит за счет спроса и предложения. Он указывал на важность конкуренции, которая способствует этому процессу. Завершающим этапом в этом исследовании стал «Закон рынка», который характеризует равновесное состояние при полном использовании ресурсов [4: 11].

В дальнейшем идеи классиков были пересмотрены основоположником неоклассического направления Альфредом Маршаллом («Принципы политической экономии», 1890 г.). Самую важную роль в положительном ключе (улучшение технологического процесса, повышение качества продукта, в добавлении со снижением цен), так и в отрицательном, согласно Маршаллу, играет конкуренция (которая, в свою очередь отражает свободное предпринимательство).

Таблица

Теоретические подходы в развитии теории конкуренции

Основные теоретические подходы	Концептуальные основы теоретических подходов в развитии теории конкуренции
1. Поведенческий подход	В основе конкуренции лежит внутреннее (естественное) свойство человека либо экономического, которому присуще соперничество [2: 7]. Представители данного теоретического подхода (А. Смит, М. Портер, Р. А. Фатхутдинов, А. Ю. Юданов и др.) различают следующие цели поведения экономического субъекта, что выражается (в завоевании): 1) наибольшей доли рынка (предпочтения покупателя) вместе с увеличением прибыли; 2) наибольшей доли рынка касемо сбыта продукции [3: 104]. Таким образом, посредством поведенческой составляющей, конкуренция выступает в качестве движущей силой, которая способствует достижению определенных целей, определяемых экономическими субъектами на соответствующем рынке.

2. Структурный подход	Конкуренция выступает в качестве критерия, который раскрывает тип рынка (олигополия, монополия, рынок совершенной и несовершенной конкуренции). Представители данного теоретического подхода (А. Курно, Э. Чемберлин, Дж. Робинсон, Ф. Найт, К. Р. Макконелл, Л. Брю и др.) выделяют такие характерные особенности конкуренции, как присутствие на определенном рынке наибольшего количества продавцов и покупателей, а также возможность их свободного входа и выхода на рынок [3: 4]. Таким образом, конкуренция выступает в качестве тех преобладающих условий, которые присутствуют на определенном рынке на основе анализа его структуры.
3. Функциональный подход	Конкуренция выступает в роли обязательного элемента рыночного механизма, выполняющая ряд различных функций. Исходные положения теории конкуренции были отражены Адамом Смитом, автор «Исследование о природе и причинах богатства народов» (1776 г.). Смит полагал, что рынок следует защитить от внешнего вмешательства. Именно рыночные механизмы, по его мнению, на должном уровне могут отрегулировать ценообразование товаров и услуг, а также их производство и распределение [4: 11]. Таким образом, конкуренция выступает в роли так называемого «функционала», без которого невозможно полноценного развития рыночного механизма.

Далее рассмотрим основные идеи некоторых последователей нового функционального подхода (А. Смит, Д. Рикардо, А. Маршалл, Й. Шумпетер, Ф. А. фон Хайек, К. Дж. Эрроу, Э. Мейсон, Д. Бэйн, Ф. Аньон и др.).



Рис. Основы функционального подхода

Как известно, Йозеф Шумпетер является родоначальником нового функционального подхода. Одной из наиболее известных теоретических концепций, с которыми связано имя Шумпетера, является концепция динамического равновесия хозяйства. Однако, чтобы получить на рынке ключевые конкурентные преимущества, он вводит концепцию «Новатора». Именно деятельность «Новаторов» является одной из важнейших причин экономической активности. Таким образом, по Шумпетеру, образуется совершенно иная конкуренция (процесс «созидательного разрушения»), основанная на нововведениях [6].

Фридрих Август Фон Хайек в отличие от Й. Шумпетера является приверженцем свободной конкуренции (без вмешательства государства). Он полагал, что конкуренция сама способна найти необходимое равновесие. При этом подчеркивал, что кто создает и изобретает что-то новое и является победителем в такой конкуренции, «...кто сумел уловить и понять рассеянное в обществе знание...». Поэтому результаты экономического процесса определяет конкуренция [1: 3].

Выводы. На сегодняшний день сформировались три основных подхода в развитии теории конкуренции: поведенческий, структурный и функциональный (или ролевой). В поведенческом подходе конкуренция проявляется естественным образом и в экономическом поведении людей, стремящихся к соперничеству. Конкуренция, основанная на структурном подходе, отождествляется с критерием (тех преобладающих условий), который определяет тип рынка на основе анализа его структуры. В нашем исследовании заслуживает особое внимание функциональный подход. Положительный аспект данного подхода состоит в том, что новое высвобождает старое: высвобождаются ресурсы (которые могут использоваться в другом месте), все меньше затрачивается рабочего времени для производства продукта или услуги того же вида, а также требуется меньшее количество ресурсов (включая труд). Однако развитие функционального подхода в теории конкуренции позволило расширить сферу влияния (в виде функциональных особенностей) на современную экономическую систему и является обязательным элементом рыночного механизма (рис. 1). Поэтому каждый теоретический подход в развитии теории конкуренции занимает особое место в научном знании, тем самым постоянно эволюционирует и дополняется различными аспектами, в этой связи становится невозможным четкое формирование понятия «конкуренция», что и является продолжением дальнейших исследований по данной проблеме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Казак А. С. Движущая сила цикла общее и различное в представлениях Й. Шумпетера и Ф. Хайека // Евразийское Научное Объединение. 2016. Т. 2. № 5 (17). С. 90–92.
- 2 Мокроносов А. Г., Маврина И. Н. Конкуренция и конкурентоспособность: учеб. пособие. Екатеринбург : Урал. Ун-та, 2014. 194 с.
- 3 Пепеляева А. Р. Формирование теории конкуренции и основные подходы к ее определению // Наука без границ. 2020. № 4 (44). С. 102–105.
- 4 Пинясова Н. А., Суслова Ю. Ю., Волошин А. В. Конкуренция и конкурентоспособность в современной парадигме экономического развития // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2024. № 7 (237). С. 9–25.
- 5 Стиглер Дж. Совершенная конкуренция: исторический ракурс // Вехи экономической мысли: теория фирмы: В 3 т. / под ред. В. М. Гальперина. СПб.: Экон. шк., 2000. Т. 2. 534 с.
- 6 Тарануха Ю. В. Шумпетерианская конкуренция как генератор перемен // Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика. 2017. № 5. С. 3–20.

УДК 336.7:004

ЭЛЕКТРОННЫЕ ДЕНЬГИ И СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАТЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ

П. И. Чипура, А. В. Юрочкина, Ю. В. Скибин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В данный момент времени современные технологии не стоят на месте, активно используют электронные деньги, которые удобно осуществляют быстрые финансовые операции при этом не нужно использовать наличные средства. Они способствуют клиентам в любое время в любом месте, но есть также минусы, которые усовершенствуются и урегулируют. В настоящее время электронные деньги применяются, как инструменты инвестиций. Существуют множество денежных видов. Они инвестируются в недвижимость, в акции, хранятся на счете. В век информационных технологий развитие электронных денег не стоит на месте, каждый день появляется все больше и больше новшеств.

Электронные деньги – это платежное средство, которое существует в электронном виде, как запись в специализированной электронной системе, они используются для осуществления обмена, перевода средств онлайн или для покупки товара или услуг, они могут принимать различные виды, как электронные кошельки, кредитные карты или мобильные платежные системы.

Цифровые деньги обеспечены настоящими средствами, каждый доллар или рубль в нашем кошельке соответствует деньгам у эмитента, это организация, выпускающая и хранящая деньги. При восполнение своего кошелька деньги поступают эмитенту, а в пользовательском аккаунте появляется цифровая запись.

Электронные деньги в Российской Федерации регулируются законом, определяющий их правовой статус, а также порядок выпуска, обращения и хранения. Основным законом, регулирующие электронные деньги в России, является Федеральный закон от 27 июня 2011 года № 161–ФЗ «О национальной платежной системе».

По данным специалистов огромную популярность, рост использования цифровых денег выросло во время пандемии «COVID–2019». Люди стали более чаще заказывать определенные товары и услуги при этом, используя систему онлайн-платежа [1].

К основным категориям электронных денег относятся: банковские электронные деньги, небанковские электронные деньги. Эти деньги привязаны к национальной валюте, но не хранятся в банковских счетах.

– Цифровой рубль – это официальная электронная версия рубля, выпускаемая Центральным банком России. Они обеспечивают высокий уровень безопасности, и регулируется государственными органами.

– Криптовалюты – это децентрализованные цифровые валюты, не привязаны к валюте и не находится под государственным контролем.

Электронный платежи делятся на два типа, это единовременный платеж, он представляет себя, как платеж, оплачивающийся сразу без деления частей для оплаты. А также второй тип, это регулярный платеж – это автоматическое списание денежных средств по заранее установленному расписанию.

Рассмотрим сравнения определенных критериев традиционных и электронных денег в таблице.

Таблица

Сравнение традиционных и электронных денег

Критерии для сравнения	Традиционные способы оплаты	Электронные платежи
Конфиденциальность	Ответственность за безопасность своих денег несете самостоятельно	Данные защищены системой программы
Удобство	При оплате покупки нужно иметь деньги при себе	Оплата происходит быстро и без трудностей через систему быстрых платежей, а также переводы и другие способы оплаты. Не стоит беспокоиться на счет снятия наличных денег
Технические проблемы	Проблемы отсутствуют	Онлайн-платеж полностью зависит от интернета
Скорость	На оплату обычно уходит дольше времени	Онлайн-платеж производится достаточно быстро, только необходимо хорошее соединение с интернетом
Плата за сервис	За пользование традиционным способом оплаты дополнительные платежи не производят	Платежная система может взимать плату за пользование услуг
Безопасность	Наличные можно прятать самостоятельно, но есть возможность, что их могут украсть	Цифровые деньги невозможно потерять, но они уязвимы для киберпреступников

К электронным платёжным системам относятся:

- Системы банковских карт, такие как Mastercard, Visa и «Мир».
- Электронные кошельки, такие как PayPal, YuMoney и QIWI.
- Мобильные платёжные системы, такие как Apple Pay, Google Pay и Samsung Pay[1, 3].

На рисунке 1 предоставлен анализ использования безналичных способов оплаты, а также факторы, влияющие на выбор оплаты, результаты 2024 года:



Рис. Безналичные розничные расчеты и формирование платежных предпочтений граждан [4]

Наибольшую угрозу для пользователей представляет отсутствие защиты их депозитов в случае банкротства оператора платёжной системы. Финансовый рынок изменяется достаточно быстро, так как происходит постоянное развитие технологий, при использовании каких-либо иннованных решений, происходит улучшение и повышение безопасности данных, а также сокращение временных затрат и расширение доступа для пользователя.

Мы можем выделить одну из главных целей рынка:

– Обеспечение постоянного развития цифровых денег, сохраняя при этом высокий уровень защиты транзакций, высокое качество предоставленных услуг [2].

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что электронные деньги являются одной значимых частей в жизни современного человека, они играют достаточно высокую роль в платежной системе. Но при этом с созданием и развитием технологий возникают определенные задачи, которые нужно решить, чтобы это сделать необходимо будущее развитие, стимулирование инноваций в той или иной области, в нашем случае, это цифровые деньги, где пользователь будет удовлетворен своими потребностями в национальной платежной системе и стабильности, а также само регулирование этой системы. В работе с самими цифровыми деньгами банки не взаимодействуют с ними, они являются лишь точкой, которая соединяет пользователя с платежной системой. В будущем мире ожидается, что банки будут участвовать и взаимодействовать, возможно, они не будут ведущими, но, по крайней мере, какую-нибудь роль они будут занимать в предоставлении этих услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Безналичные платежи в России. Аналитический портал «tadviser. Государство. Бизнес. Технологии». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru> (дата обращения: 11.10.2025)
- 2 Бондаренко И.А., Герега П.В. Проблемы транзакций участников электронной коммерции в России // StudNet. 2021. № 4.
- 3 Ибрагимов А.Р. Развитие электронных денег в современном мире // Наукосфера. 2022. № 8–1. с. 332–336.
- 4 Отношение населения Российской Федерации к различным средствам платежа. Результаты социологического исследования за 2024 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.cbr.ru/collection/collection/file/55981/results_2024.pdf (дата обращения: 11.10.2025)

ФЕНОМЕН СТУДЕНЧЕСКОГО СТРЕССА: ПРИЧИНЫ И ПУТИ ПРЕОДОЛЕНИЯ

П. А. Шерстнева, Т. М. Тарасова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В контексте современной системы высшего образования, характеризующейся высокой интенсивностью и многозадачностью, проблема психологического благополучия студентов приобретает особую актуальность. Студенческий стресс перестал быть периферийным явлением и превратился в системный вызов, напрямую влияющий на академические достижения, профессиональное становление и личностное развитие. Исследование его причин и эффективных механизмов преодоления является не просто научным интересом, а насущной необходимостью. Настоящая статья представляет собой анализ источников этого феномена, опирающийся на данные социологического опроса, и предлагает комплекс практических рекомендаций, направленных на построение здоровой и поддерживающей образовательной среды.

Проблема стресса среди студентов актуальна в условиях современной образовательной системы, которая характеризуется высокими требованиями и интенсивностью учебного процесса.

Сам термин «стресс» пришел из английского «stress», что означает давление, перегрузка. Впервые стресс был описан в 1936 году. Описал канадский патолог и эндокринолог Ганс Гуго Бруно Селье. Он дал обозначение данному термину, как неспецифическую реакцию организма на внешнее влияние.

Эмпирической основой данного исследования стали результаты анкетирования, призванного определить частоту, причины и способы преодоления стресса среди студентов. Для написания статьи был проведен опрос среди студентов разных курсов, специальностей и направлений подготовки Приволжского государственного университета путей сообщения. Анализ ответов респондентов позволяет выделить несколько четких тенденций, которые представлены на рисунках 1–4 и интерпретированы ниже.

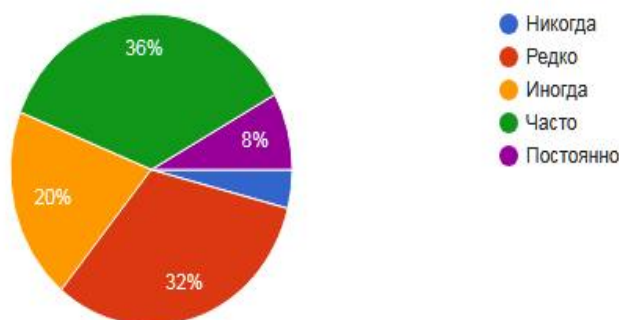


Рис. 1. Ответы на вопрос «Как часто вы испытываете стресс на учебе?»

Анализ данных, представленных на Рисунке 1, позволяет констатировать, что проблема стресса является массовой в студенческой среде. Абсолютное большинство опрошенных (82 %) испытывают стресс регулярно («часто» или «постоянно»). Это свидетельствует о том, что стресс является не единичным явлением, а системной проблемой, требующей внимания со стороны образовательного учреждения.

Далее был задан вопрос «какие именно психологические факторы наиболее сильно влияют на уровень стресса?»

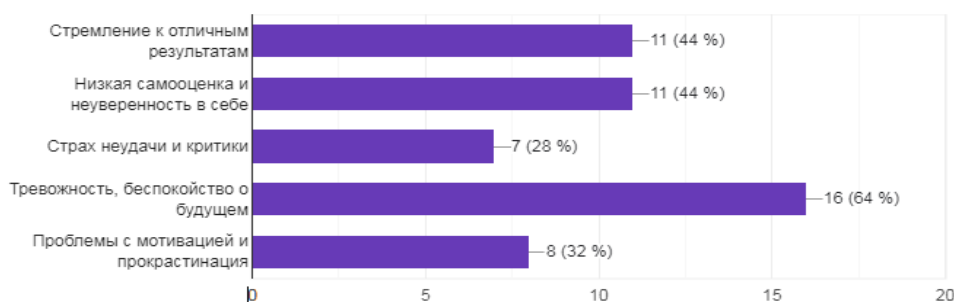


Рис. 2. Ответы на вопрос «Какое из перечисленных ниже психологических факторов наиболее сильно влияют на ваш уровень стресса?»

Анализ психологических факторов стресса (рисунок 2) позволяет сделать следующие ключевые выводы:

1. Тревожность о будущем – ключевой стрессор. Лидерство этого фактора (64 %) свидетельствует о том, что основным источником напряжения для студентов является не столько текущая учебная нагрузка, сколько неопределенность перспектив трудоустройства, карьеры и дальнейшей жизни. Это требует от образовательных учреждений программ по профориентации и развитию карьерных навыков.
2. Внутренние факторы давления. Высокие показатели «Стремления к отличным результатам» и «Низкой самооценки» (по 44 %) демонстрируют, как внутренние установки усугубляют стресс. Перфекционизм заставляет студентов работать на пределе возможностей, а неуверенность в себе мешает им адекватно оценивать свои достижения и справляться с неудачами.
3. Сравнительная роль других факторов. Такие аспекты, как проблемы в общении и страх публичных выступлений, оказались менее значимыми, что смещает фокус с чисто социальных взаимодействий на более глубокие личностные и экзистенциальные переживания.

Психологический портрет студенческого стресса характеризуется преобладанием проактивной тревоги, направленной в будущее, которая усиливается под давлением внутренних требований к себе. Далее был задан вопрос о влиянии социальных факторов на уровень стресса.

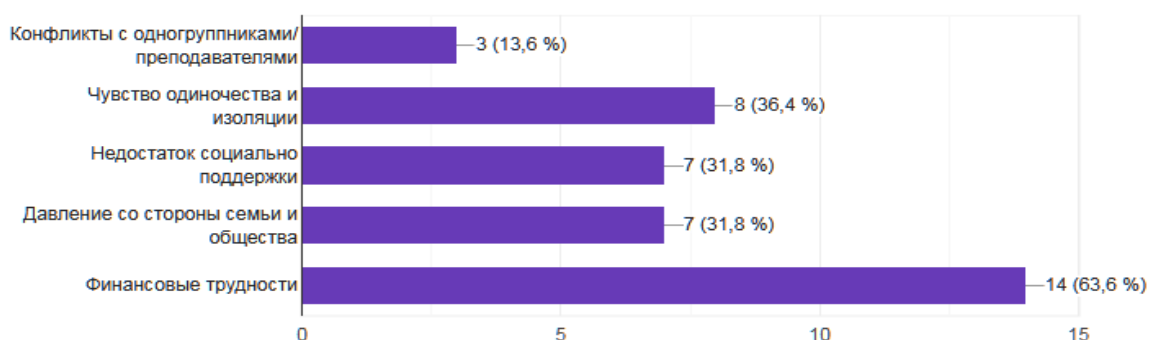


Рис. 3. Ответы на вопрос «Какие из перечисленных ниже социальных факторов наиболее сильно влияют на ваш уровень стресса?»

Анализ социальных факторов стресса (рисунок 3) однозначно демонстрирует, что финансовые трудности являются доминирующим источником стресса для студенческой аудитории, набрав 63,6 % голосов. Это свидетельствует о том, что материальная нестабильность создает мощный фон, усугубляющий все остальные учебные и личные проблемы. Второй по значимости фактор – чувство одиночества (36,4 %), который указывает на острую потребность студентов в социальной поддержке и интеграции в университетскую среду.

Следующий вопрос, который был задан студентам это о способах борьбы со стрессом. Получили следующие ответы:

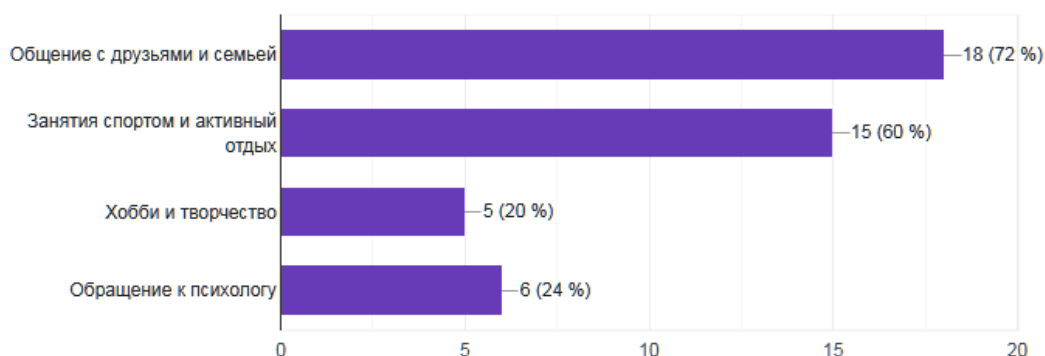


Рис. 4. Ответы на вопрос «Какие способы борьбы со стрессом вы считаете наиболее эффективными?»

Анализ данных, представленных на диаграмме, позволяет сделать вывод, что самым популярным способом, по мнению большинства студентов, является общение с друзьями и семьей (72 %). Преимущественно студенты ориентируются на социальную поддержку и физическую активность (60 %) для борьбы со стрессом.

Проведенное исследование позволило комплексно проанализировать проблему студенческого стресса, выявив его ключевые детерминанты и наметив потенциальные векторы профилактики.

Результаты анкетирования репрезентативно демонстрируют, что доминирующими факторами, генерирующими стрессовое состояние, являются психологические и социальные аспекты. Среди психологических причин превалирует тревожность о будущем (64 %), что свидетельствует о высокой степени неопределенности и повышенных нагрузках, связанных с профессиональным самоопределением и конкуренцией на рынке труда. Значительную роль также играют перфекционизм и заниженная самооценка (44 %), усугубляющие давление академической среды.

В сфере социальных факторов ключевым стрессором выступают финансовые трудности (63,6 %), что актуализирует вопрос материальной поддержки учащихся. Также существенное влияние оказывает дефицит социальной поддержки (36,4 %), подчеркивающий важность развития коммуникативных и социальных связей в университетской среде.

Анализ предпочитаемых копинг-стратегий показал, что наиболее эффективными самими студентами признаются методы, связанные с социальной поддержкой (72 %) и физической активностью (60 %). Это указывает на осознанную потребность в релаксации и коммуникации как в основных механизмах психологической разгрузки.

На основании полученных данных был сформулирован комплекс рекомендаций, включающий:

1. Внедрение в образовательный процесс психолого-педагогических программ, направленных на развитие навыков тайм-менеджмента, эмоциональной саморегуляции и повышения личностной эффективности.
2. Развитие и популяризацию психологической службы университета для своевременной работы с тревожностью и кризисными состояниями.
3. Стимулирование деятельности студенческих клубов и сообществ для усиления социальной интеграции и снижения чувства одиночества.
4. Создание и расширение программ оплачиваемых стажировок и трудоустройства для смягчения финансового стресса и снижения тревоги о будущем.

Таким образом, проблема студенческого стресса требует комплексного и системного подхода, сочетающего в себе как индивидуально-ориентированные психологические техники, так и масштабные организационные меры со стороны образовательного учреждения. Реализация предложенных мер будет способствовать не только снижению уровня стресса, но и формированию более благоприятной и поддерживающей среды, что в конечном итоге позитивно скажется на академической успеваемости и личностном развитии студентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маракшина И. С., Исмагуллина Л. Б., Лобаскова А. Э. Стресс и стратегии совладания у студенческой молодежи: дифференциально-психологический подход // Психологические исследования. 2024. № 2. С. 1–18.
2. Балышева А. Е. Роль физической активности в снижении стресса и улучшении психического здоровья студентов // Студенческий вестник. 2024. № 23/2 (309). С. 21–22.
3. Завадовский В. В. Влияние эмоционального выгорания на восприятие стресса у студентов университетов // Вестник Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта. 2022. № 10. С. 11–20.
4. Щербакова Е. А. Влияние образа жизни на восприятие стресса у студентов // Педагогика и психология. 2022. № 2. С. 15–22.
5. Казанцев В. В. Профилактика стресса в образовательных организациях: проблемы и перспективы // Практическая психология и социальная работа. 2023. № 1. С. 34–40.

ОЦЕНКА УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ КЛИЕНТОВ КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СТРАТЕГИИ БИЗНЕСА

П. А. Шерстнева, О. В. Иванчина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В современном бизнесе оценка удовлетворенности клиентов занимает центральное место, поскольку этот показатель оказывает непосредственное влияние на репутацию компании, лояльность потребителей и долгосрочную прибыльность. Уровень удовлетворенности отражает не только качество предоставляемых товаров и услуг, но и общий уровень комфорта взаимодействия потребителя с брендом. Российский рынок клиентского сервиса стремительно развивается, показывая уверенный рост объема рынка. В 2024 году объем рынка достиг 14,4 млрд рублей, а в 2025 году ожидается рост до 19,4 млрд рублей. Рост числа компаний, внедряющих технологичные решения для поддержания высокого уровня клиентского сервиса, свидетельствует о понимании бизнесом значимости качественных коммуникаций с потребителями [4].

Существует множество метрик с помощью которых можно определять уровень оценки удовлетворенности клиентов. Самые распространенные приведены в табл.

Таблица

Метрики оценки удовлетворенности клиентов [составлено авторами]

Рассчитываемый показатель	Формула	Условные обозначения	Среднее значение российских компаний	Среднее значение зарубежных компаний
Индекс потребительской лояльности (NPS)	$(\text{Количество промоутеров}) - (\text{Количество критиков}) / \text{общее кол-во опрошенных} * 100 \%$	Промоутер – клиент поставивший 9–10 баллов; Критик – клиент поставивший 0 – 6 баллов. Нейтральный – клиент поставивший 7 – 8 баллов	Росгосстрах: +30% Озон: +45% ВкусВилл: +60%	Apple : +70% Amazon: +70%
Чистый индекс удержания (CRI)	$\text{Клиенты повторившие покупку} / \text{все клиенты прошлого периода} * 100 \%$	Повторившую покупку клиента считаем, если была покупка спустя указанный период	Росгосстрах: 65% Озон: 70% ВкусВилл: 80%	Apple: 85% Amazon: 80%
Уровень оттока клиентов (Churn Rate)	$\text{Всего клиентов начального периода} / \text{Потеряно клиентов} * 100 \%$	Потеря клиентов означает отсутствие покупок в течение определенного срока	Росгосстрах: 15% Озон: 10%; ВкусВилл: 5%	Apple: 5% Amazon: 10%
Коэффициент удовлетворённости (CSAT)	$\text{Общее число отзывов} / \text{Сумма положительных оценок} * 100 \%$	Положительная оценка считается любая отметка ≥ 4 из 5 возможных баллов	Росгосстрах: 75% Озон: 80% ВкусВилл: 85%	Apple: 90% Amazon: 85%
Средняя продолжительность взаимодействия (AHT)	$\text{Число взаимодействий} / \text{Общая длительность всех взаимодействий}$	Длительность взаимодействия включает всё общение клиента с поддержкой	Росгосстрах: 10 мин. Озон: 5 мин. ВкусВилл: 7 мин.	Apple: 5 мин. Amazon: 3 мин.

Индекс готовности клиента рекомендовать бренд (NPS – Net Promoter Score) является важным показателем, который командам стоит отслеживать. Он помогает улучшать компаниям обслуживание, держать под контролем уровень удовлетворенности клиентов, оценивать репутацию, а также отслеживать отзывы. Отзывы собираются в опросах, например, рассылка на электронную почту клиентам, либо, заходя на веб-сайт, компания также предлагает пройти быстрый опрос.

Показатель «уровень оттока клиентов» (Churn Rate) отражает долю клиентов, прекративших взаимодействие с вашей компанией за определённый промежуток времени. Для компаний важно минимизировать этот показатель, поскольку каждый потерянный клиент – это упущенная потенциальная выгода и необходимость привлечь нового покупателя взамен. Здесь применяются такие инструменты как:

- автоматизированные отчёты в crm-системах (salesforce, bitrix24);
- отчеты google analytics или яндекс.метрики по поведенческим показателям (отказы, частота ухода);
- сервисы мониторинга поведения пользователей hotjar, mixpanel.

Коэффициент удовлетворённости – это одна из ключевых метрик, позволяющая понять степень удовлетворения клиентов вашим продуктом или услугой. Обычно рассчитывается на основе опросов, где респонденты оценивают компанию по шкале от 1 до 5 или отвечают на конкретные вопросы (Да / Нет). В данном анализе применяют инструменты:

- платформы онлайн-опросов (surveymonkey, typeform);
- email-рассылки с автоматическими анкетами (mailchimp, getresponse);
- chatbots и формы обратных связей на сайтах (jivosite, zendesk).

Метрика «средняя продолжительность взаимодействия» (Average Handling Time, АНТ) показывает среднюю продолжительность разговора оператора службы поддержки с клиентом или общий срок обработки одной заявки. Короткое время АНТ говорит о быстрой реакции и эффективном взаимодействии сотрудников с пользователями. Этот показатель отражает работу кол-центров и телефонных сервисов (Calltouch, Ringostat); CRM-платформ (Bitrix24, Zoho CRM); платформ аналитики звонков и чатов (LiveAgent, Intercom).

В последние годы Российские компании уделяют большое внимание качеству обслуживания и уровню удовлетворенности клиентов. Современные цифровые решения могут помочь организациям накапливать обширные объёмы информации о клиентских предпочтениях и моделях поведения, что в свою очередь, обеспечивает глубокое понимание потребностей аудитории и быструю адаптацию к рыночным изменениям. Например, использование CRM-систем улучшает мониторинг взаимодействий с потребителями, что влияет на рост качества сервиса. Цифровые технологии открывают доступ к быстрой обратной связи от клиентов, что позволяет своевременно выявлять слабые места и совершенствовать услуги.

В данном исследовании в качестве примеров для анализа были выбраны крупные российские компании. Росгосстрах крупная российская страховая компания, одна из лидеров на отечественном рынке страхования. Она предоставляет широкий спектр страховых услуг, включая страхование жизни, имущества, ответственности, а также занимается обязательным (ОСАГО) и добровольным (КАСКО) автострахованием. Уровень удовлетворенности клиентов «Росгосстраха» оценивается как высокий, несмотря на общие трудности на рынке. По данным на рис. 1 видно – на начало 2025 года, индекс клиентской удовлетворенности в урегулировании убытков по ОСАГО и каско остался на уровне 8,3 балла, сохранив прежние показатели, что свидетельствует о высоком уровне лояльности клиентов. По данным Росгосстраха CSI в 2023 году увеличился на 4 % и достиг значения 8,4 к концу четвертого квартала. В 2024 году вырос с 8,5 (декабрь 2023 года) до 9,8 (декабрь 2024 года). По состоянию на январь 2025 года уровень удовлетворенности клиентов компании «Росгосстрах» продемонстрировал высокие показатели. В конце декабря 2024 – январе 2025 года достиг максимального значения – 10 баллов, что превышает средний показатель за весь 2024 год (9,4 балла). Этот уровень стал возможным благодаря качественным услугам поддержки клиентов в праздничные дни и эффективной организации работы служб. Причинами сохранения показателей на высоком уровне, по мнению представителей «Росгосстраха», достигается за счет клиентского сервиса, скорости обработки обращений и качества ремонта у партнеров [5].

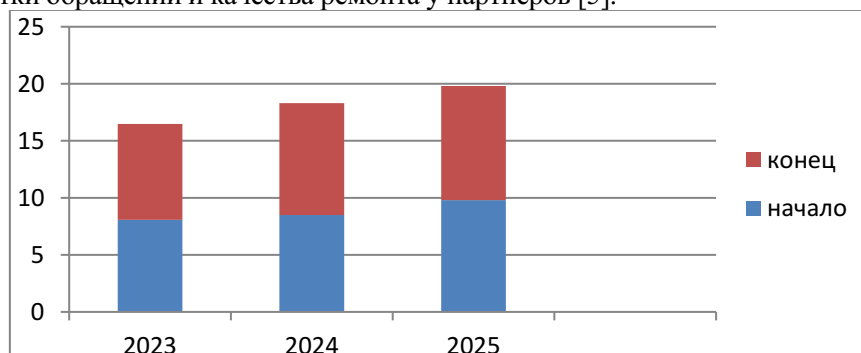


Рис. 1. Индекс клиентской удовлетворенности (CSI) компании «Росгосстрах»

ВкусВилл российская розничная сеть супермаркетов и собственная торговая марка продуктов, позиционируемых как «продукты для здорового питания». Уровень удовлетворенности можно изме-

рять с помощью индексов CSI (Customer Satisfaction Index) и NPS (Net Promoter Score), которые показывают степень довольности клиентов и их готовность рекомендовать компанию. Сама компания считает, что главным является покупатель. Поэтому CSI используется после каждого онлайн-заказа.

Из графика на рис.2 видно, что процент вырос. Из новых клиентов, кто был готов порекомендовать компанию, было 67 %, к концу 2024 года стало 78 %. Постоянные поднялись с 50 % до 55 %. Доля клиентов, которые столкнулись хотя бы с одной проблемой во время заказа, снизилась с 33,8 % до 20,1 % [3].

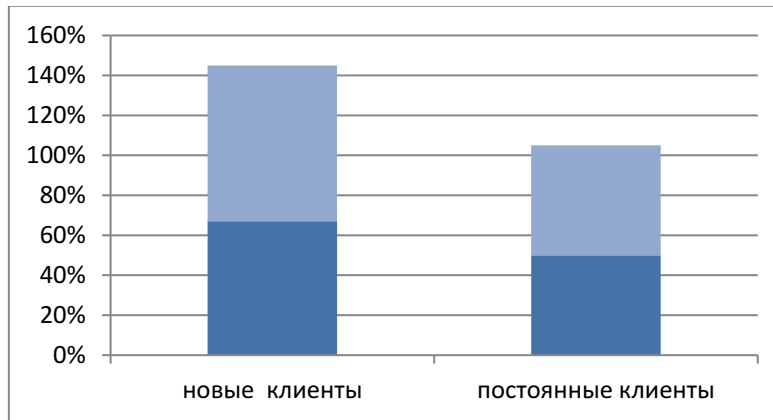


Рис. 2. Динамика NPS компании ВкусВилл за 2024 год

Онлайн-магазин Ozon регулярно проводит опросы клиентов после завершения покупки, используя методологию CSAT. Такой подход обеспечивает получение точного понимания удовлетворенности покупателей на каждом этапе взаимодействия с сайтом. Как измеряется удовлетворенность клиентов. Оценки покупателей: После заказа покупатели оценивают качество товара и свой опыт по шкале от 1 до 5. Оценки «1, 2, 3» считаются отрицательными, «4» – нейтральной, а «5» – положительной. Внутренняя аналитика: Ozon и Ozon Seller предоставляют продавцам доступ к статистике продаж и обратной связи, что позволяет им отслеживать удовлетворенность своих клиентов на уровне своих магазинов. Но стоит отметить, что Ozon не публикует единый общий «коэффициент удовлетворенности клиентов» (CSAT). Вместо этого он использует комплексную систему оценки, состоящую из оценок покупателей, скорости доставки и других факторов, влияющих на опыт клиента. Оценки и обратная связь покупателей используются для улучшения сервиса в целом и для оценки работы отдельных продавцов. Показатель удовлетворенности клиентов напрямую связан с операционной эффективностью, например, скоростью доставки и простотой возвратов [1].

Зарубежные компании активно применяют различные методы для определения уровня удовлетворенности клиентов. Некоторые крупные игроки устанавливают мировые стандарты, например компания Amazon проводит регулярные мониторинги через опросники. Apple широко использует метод NPS, что позволяет проводить мониторинг уровня рекомендаций среди потребителей.

Основными причинами, по которым оценка удовлетворенности с развитием цифровизации стала набирать популярность, является повышение лояльности, прибыли, репутации среди клиентов, а также снижение затрат на поиск новых клиентов

Ключевыми причинами, по которым такой важный фактор как оценка удовлетворенности с развитием цифровизации стал набирать обороты можно назвать следующие:

Результаты исследований метрик оценки удовлетворенности клиентов помогут выявить сильные и слабые стороны деятельности компании [2:20]. От качества современных цифровых технологий и услуг зависят доступность и прозрачность разного рода информации, скорость ее передачи и обработки, что, в свою очередь, влияет на эффективность бизнес-процессов в различных областях социально-экономической деятельности государства [6: 6]. Таким образом, можно сделать следующие выводы. Оценка удовлетворенности клиентов – это важный элемент стратегии любого бизнеса, стремящегося к успеху и постоянству на рынке. Российские компании успешно осваивают глобальные стандарты, постепенно догоняя лидеров мирового рынка. Применяя правильную методологию и внедряя современные технологии, любая компания способна заметно повысить уровень удовлетворенности своих клиентов и завоевать прочные позиции на рынке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ozon [Электронный ресурс]. URL <https://www.ozon.ru/product/otsenka-stepeni-udovletvorennosti-potrebitelya-kak-uznat-chto-na-samom-dele-dumayut-lyudi-1649218303/> (дата обращения 14.10.25)

- 2 Виничук О. Ю. Влияние оценки уровней удовлетворенности и лояльности клиентов на разработку сценариев развития компании на рынке B2B // Практический маркетинг. 2020. № 7(281). С. 19–26. DOI 10.24411/2071–3762–2020–10034. EDN YENYCE
- 3 Журнал ВкусВилла [Электронный ресурс]. URL: <https://vkusvill.ru/media/> (дата обращения 15.10.25)
- 4 РБК Компании [Электронный ресурс]. URL: <https://companies.rbc.ru/news/Z1ANa4bXK7/itogi-2024-goda-i-trendyi-2025-v-sfere-klientskoj-podderzhki-v-rossii/> (дата обращения 15.10.25)
- 5 Сайт Росгосстраха [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rgs.ru/about/news/uroven-udovletvorennosti-klientov-rosgosstrakha-prevysil-srednerynochnye-pokazateli> (дата обращения 14.10.25)
- 6 Шумский Д. С., Сосновский О. А. Методика оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 5–13. DOI 10.35596/1729–7648–2024–30–3–5–13. EDN XLKGXX.

УДК 336.018

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ КЛЮЧЕВОЙ СТАВКИ НА СТРАТЕГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЕЙ ЦЕННЫХ БУМАГ В 2025 ГОДУ

В. Л. Шур, Д. С. Гарипов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Фондовый рынок РФ привлекает все большее внимание жителей нашей страны и прежде всего молодежи, получающей экономическое образование. Число физических лиц, открывших брокерские счета на Московской бирже, на момент написания статьи составило 38,6 млн. человек, что на 13 % больше чем год назад. Текущий год характеризовался высокими значениями ключевой ставки в рамках политики, проводимой ЦБ РФ для борьбы с инфляцией. Удержание ключевой ставки на высоких уровнях привело к необходимости переформатирования инвестиционных портфелей, в т.ч. соотношения между рисковыми активами (акциями) и менее рискованным долговым рынком (облигациями). Кроме того, инвесторы активно включали в свои портфели в качестве защитного актива – золото, а также активы фондов денежного рынка, обеспечивающие доходность на уровне ключевой ставки. Отметим также, что на долговом рынке активно использовались новые инструменты, характерные для длительных периодов высокой ключевой ставки: флоатеры, бескупонные облигации и валютные облигации. Целью данной статьи является помощь инвесторам в выборе инструментов для инвестирования.

Методы решения задачи. Проанализированы основные факторы [1, 2], влияющие на динамику ключевой ставки ЦБ РФ. Отмечается, что в 21 веке еще не было периодов длительного удержания ставки на столь высоких уровнях. Основными параметрами, влияющими на ключевую ставку являются показатели инфляции, курс рубля, динамика денежных агрегатов, дефицит бюджета.

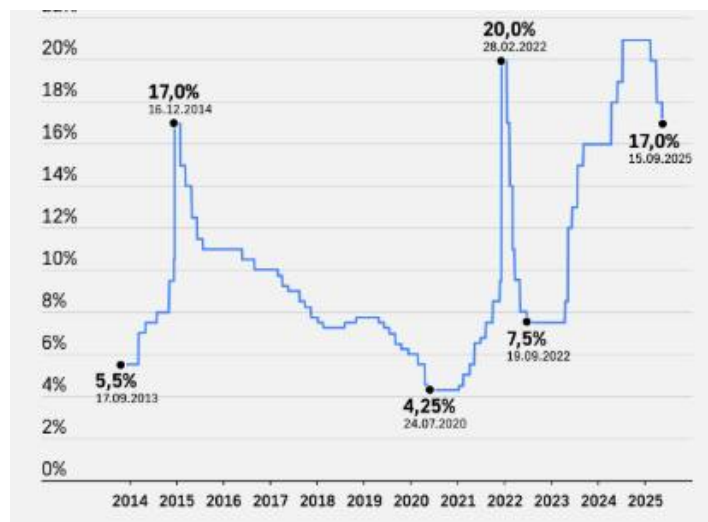


Рис. 1. Ключевая ставка ЦБ РФ

На рис. 1 показана динамика ключевой ставки (КС) ЦБ РФ. На графике видны 3 пиковых значения параметра (17 – 21 %). Все они совпадают по времени с вооруженными конфликтами и связанными с ними геополитической и финансовой нестабильностью. Столь высокие значения ключевой ставки являются шоком для экономики, особенно для предприятий с высокой долговой нагрузкой. Первые два пика были связаны с резким падением курса рубля и имели целью успокоить население. На графике мы видим как резкий подъем, так и резкое падение ключевой ставки к нейтральным значениям. В результате паника населения была сбита, а промышленные предприятия практически его не ощутили.

К сожалению, пиковые значения 2024–2025 годов носят затяжной и системный характер. Предприятия с большой долговой нагрузкой испытывают трудности с обслуживанием кредитов. Рефинансирование долгов в конце 2024 года при ставке КС=21 % шло по ставкам 30+ %. В середине 2024 года на обслуживание процентов в среднем у предприятий уходило 25 % прибыли. В середине 2025 года цифра возросла до 36 %. По расчетам, если КС в 2026 году ставка не опустится ниже 16 %, половина прибыли будет уходить в уплату процентов по кредитам.

Таким образом, при выборе акций отечественных предприятий нужно быть крайне осторожным. Рекомендую обратить внимание на акции ПАО «Сбербанка», являющегося основным бенефициаром создавшейся ситуации и привилегированные акции «Сургут нефтегаза», с его знаменитой валютной «кубышкой» в размере около 6 трлн руб.

Отметим также, что классическая рекомендация по соотношению акций и облигаций 60 \ 40 при таких ставках вряд ли актуальна. Рекомендуем долю акций в портфеле менее 30 %.



Рис. 2. Индекс гос. облигаций РФ – RGBI

На рис. 2 представлена динамика индекса гос.облигаций. Рынок гос.облигаций является наиболее профессиональным, основными участниками которого являются крупные гос. банки.

Графики на рис. 1 и 2 хорошо коррелируют друг с другом. Повышение КС в течение 2023 –2024 годов привело к практически непрерывному падению индекса RGBI/ На последнем заседании ЦБ РФ в декабре 2024 года произошло знаковое для рынков РФ событие: ЦБ сохранил ставку КС на уровне 21 % , что рынок воспринял как окончание цикла повышения ставки. Данное событие привело к росту индексов акций и облигаций. Растущий тренд на рынке облигаций продолжался до конца лета. Рынок жил ожиданиями быстрого снижения КС до конца текущего года. Однако на сентябрьском заседании ЦБ РФ снижение ставки было замедлено. Рынок ожидал снижение на 2 %, но в комментариях после заседания председатель ЦБ РФ Набиуллина Э.С. заявила, что такой вариант даже не рассматривался. Данное заявление привело к распродажам на рынке облигаций. В результате на рынке надежных муниципальных облигаций появились возможности зафиксировать доходности свыше 18 % с дюрацией 1,5–2 года (Ульяновск 08 и 10).

Также рекомендуем обратить внимание на валютные и «замещающие» облигации надежных эмитентов. В этом сегменте советуем обратить внимание на «вечные» замещающие облигации «Газпрома» серий ГазКБЗО26Д (в долларах США) и ГазКЗ–Б26Е (в евро). По условиям выпусков облигаций 26.01.2026 года состояться call-оферты, по которым предусмотрены обязательства эмитента, либо выкуп облигаций по номиналу, либо переоценка доходностей этих облигаций по формулам: доходности 5–летних американских гос.облигаций США + 4,264 % (по долларам) и 5-летние свопы в евро +4,346 % (по евро). На момент публикации стоимость облигаций составляла 86 % и 74 % соответственно. Доходность 5-летних гос. облигаций США составляла 3,647 %, а 5–летние свопы в евро – 2,321 %. Таким образом, предполагаемые

доходности в случае отказа от выкупа составляют 9,2 % в долларах и 9,0 % в евро. На момент написания статьи доходности по валютным облигациям «Газпрома» находились в пределах 7 – 7,5 %.. Таким образом, стоимость этих облигаций может вырасти более, чем на 10 % за 3,5 месяца.

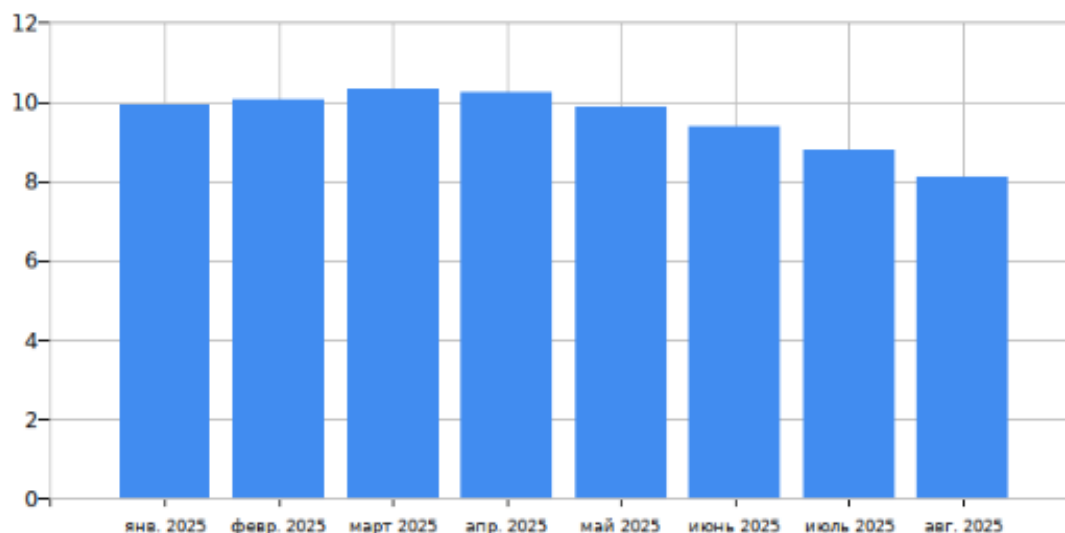


Рис. 3. Уровень инфляции в РФ в годовом выражении в 2025 году

На рис. 3. приведен график уровня годовой инфляции в РФ. Нужно отметить, что проводимая ЦБ РФ жесткая денежно-кредитная политика (ДКП) дает свои результаты. Уровень инфляции не так быстро как хотелось бы, но снижается. Таким образом, можно сделать вывод о том, что тренд на снижение ключевой ставки продолжится. Консенсус мнения аналитиков – ставка на конец года составит 16 %.

Выводы.

1. В условиях продолжительного периода действия высокой ключевой ставки классические рекомендации соотношения акции \ облигации (60 \ 40) становится разрушительным для инвестиционного портфеля. Рекомендуем долю акций меньше 30 %.
2. В условиях снижения ключевой ставки интересными становятся качественные классические облигации с фиксированной ставкой и длительной дюрацией. Рекомендуем обратить внимание на субфедеральные муниципальные облигации Ульяновской области 8 и 10 серий.
3. Для увеличения поступления доходов от сырьевых компаний актуальной становится девальвация рубля относительно других валют. В связи с этим долю портфеля, отводимую на облигации, рекомендуем разбить на две составляющие: рублевую и валютную. В валютной части рекомендуем «вечные» облигации «Газпрома» с call–опционом 26.01.2026.
4. При выборе акций рекомендуем только точечный подход. Советуем избегать компаний с большой долговой нагрузкой. Советуем обратить внимание на ПАО «Сбербанк», показавший рост прибыли за 9 месяцев текущего года и выплачивающей дивиденды в размере 50% чистой прибыли и привилегированные акции «Сургутнефтегаза», являющимися бенефициарами предстоящей девальвации национальной валюты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Шур В. Л. Оптимальный портфель ценных бумаг с различными лимитами на активы // Вестник СамГУПС, 2023. С. 93 – 99.
- 2 Насырова К. И., Шур В. Л. Ключевая ставка и ее влияние на рынок облигаций // Сборник материалов 50-й научной конференции обучающихся СамГУПС. В 2-х томах, Самара: СамГУПС, 2024. С.45–46.

СЕКЦИЯ 4

Актуальные вопросы автоматики, телекоммуникаций и электротехнических систем

УДК 629.733+656.259.12

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

М. В. Башаркин, Н. А. Исайчева

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Устойчивое функционирование железнодорожного транспорта невозможно без контроля технического состояния систем и объектов, обеспечивающих перевозочный процесс. Современные средства диагностирования позволяют предупреждать отказы технических средств и снижать потери поездо-часов, однако необходимо продолжать работу по совершенствованию систем технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) и диагностических комплексов для охвата большего количества диагностируемых объектов и параметров.

Основная часть.

Согласно ГОСТ 34913–2022 «Системы технического диагностирования и мониторинга железнодорожной автоматики и телемеханики высокоскоростных железнодорожных линий. Общие технические требования», предусмотрено получение диагностической информации от различных средств диагностирования: стационарных, мобильных и переносных диагностических комплексов систем управления движением поездов [1: 4]. Для высокоскоростных магистралей применение такого подхода необходимо из-за высокой целевой скорости движения поездов – 400 км/ч и тактового движения с интервалом 10–15 минут [2: 244]. Появление опасного отказа или препятствия на пути в этом случае приводит не только к нарушению графика движения поездов, но и влияет на безопасность движения, так как последствия аварии, произошедшей на столь высокой скорости, более существенны. Для железных дорог общего пользования, на которых скорость движения поездов составляет менее 160 км/ч, последствия указанных ситуаций менее тяжелые, однако также приводят к нарушению графика движения поездов, простоям поездов, финансовым и имиджевым потерям.

Одним из ключевых элементов железнодорожного транспорта является рельсовая линия (РЛ). При этом процесс технического диагностирования РЛ как канала протекания сигнального тока до сих пор не автоматизирован. Диагностические комплексы инфраструктуры и мобильные средства диагностики охватывают лишь часть параметров, которые необходимо учитывать при диагностировании РЛ:

- остаточная намагниченность рельсов и рельсовых плетей;
- внутренние дефекты рельсов;
- геометрические характеристики рельсовой колеи;
- визуальная регистрация состояния железнодорожного пути [3: 142].

Измерение электрических параметров элементов РЛ при этом не представляется возможным. Авторы настоящей работы предлагают для контроля технического состояния рельсовой линии использовать мобильные диагностические комплексы РЛ на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [4: 14, 5: 98]. Преимуществом таких комплексов является высокая мобильность, возможность многократной проверки объекта диагностирования за ограниченный период времени, а также низкая стоимость проверки.

Рассмотрим электрические параметры и диагностические признаки элементов РЛ, по которым определяется её техническое состояние, а также измерительные приборы, используемые для мониторинга электрических параметров РЛ (Таблица). Кроме приведённых в таблице элементов, с помощью БПЛА возможно диагностирование дроссельных перемычек, подключающих аппаратуру питающего (передающего) и релейного (приёмного) концов рельсовых цепей (РЦ) к РЛ. В настоящее время измерение электрического сопротивления дроссельных и междроссельных перемычек, расчёт предель-

ных значений которого проведён в [6: 41], производится с использованием прибора ИПС–01 [7: 72]. Для проведения измерений с использованием мобильного диагностического комплекса следует разработать соответствующий блок, адаптированный под форм–фактор БПЛА, сочетающий в себе функции перечисленных в таблице приборов.

Дополнительно, с использованием встроенной видеокамеры возможна визуальная оценка следующих параметров РЛ:

- сгон или растяжение изолирующих стыков (зазор между торцами рельсов по всей высоте должен составлять от 5 до 10 мм);
- наличие «наката», металлической стружки (пыли) на торцах рельсов изолирующих стыков;
- наличие изношенных (дефектных) или отсутствие торцевых прокладок в зазоре стыка (а также отсутствие покраски стыкующихся рельсов в изолирующих стыках с накладками АПАТЭК);
- смещение зазора стыка (при уgone рельсов) с накладками АПАТЭК (клееболтового стыка) на рельсовую подкладку (расстояние между торцевыми поверхностями подошвы рельсов стыка и боковой поверхностью рельсовой подкладки должно быть не менее 50 мм) [8: 30].

Таблица

Основные контролируемые параметры рельсовой линии

Элемент РЛ	Основной контролируемый параметр	Измерительный прибор	Признак неработоспособного состояния
Изолирующий стык	Электрическое сопротивление, $R_{ис}$	Мегаомметр ЭС0202/1–Г (Е6–24/1)	$R_{ис} < 1000 \text{ Ом}$ (для нового), $R_{ис} < 50 \text{ Ом}$ (в процессе эксплуатации)
Сборный токопроводящий рельсовый стык	Электрическое сопротивление, $R_{стрс}$	Измеритель сопротивления рельсовых стыков ИСПС–01, измеритель переходного сопротивления ИПС–01	$R_{стрс} > 200 \text{ мОм}$
Изоляция	Сопротивление изоляции, $R_{из}$	Измеритель сопротивления балласта ИСБ–1, ИСБ–2, ИСБ–3	$R_{из} < 0,1 \text{ Ом} \cdot \text{км}$ (для тональных РЦ), $R_{из} < 0,5 \text{ Ом} \cdot \text{км}$ (для однопутных РЦ), $R_{из} < 1 \text{ Ом} \cdot \text{км}$ (для двухпутных РЦ при частоте сигнального тока 25, 50, 75 Гц)

Для повышения качества диагностирования РЛ предлагается создать её цифровой двойник. Мобильный диагностический комплекс на основе БПЛА в этом случае выполняет функцию устройства сбора диагностической информации. Выбор периода диагностирования определяется адаптивно, с учетом грузонапряженности участка, пропущенного тоннажа по элементу РЛ с момента его последнего технического обслуживания или ремонта, а также надежности элемента РЛ. Поскольку данные с физического близнеца собираются предложенным мобильным диагностическим комплексом постоянно, а также существует возможность интеграции в автоматизированные информационные системы, такой цифровой двойник относится к наивысшему уровню – умный цифровой двойник [9: 341].

Предлагается разработать цифровой двойник РЛ, состоящий из четырёх компонентов:

1. Структура РЛ. Компонент описывает структуру РЛ – элементы, из которых она состоит, их количество, основные характеристики элементов, включая показатели надежности, признаки их неработоспособного состояния.

2. Мониторинг РЛ. Этот компонент обеспечивает мониторинг технического состояния РЛ с учетом процессов эксплуатации и таких параметров, как грузонапряженность участка; средняя динамическая нагрузка подвижного состава, обращающегося на участке; наличие кривых участков пути в границах рельсовой линии; потребляемый электроподвижным составом тяговый ток; влияние климатических факторов. Помимо этого, в компонент постоянно поступают:

- информация от автоматизированной системы управления хозяйством пути (АСУ–П) о техническом состоянии РЛ на основании данных диагностических комплексов инфраструктуры;

- сведения о грузонапряженности участка из системы ГИД–УРАЛ–ВНИИЖТ или её современного аналога ГИД–НП;
- диагностическая информация, полученная мобильным диагностическим комплексом РЛ на основе БПЛА (МДК–РЛ).

3. Техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) РЛ. Компонент, контролирующий периодичность и качество ТОиР РЛ. Корректирует в цифровом двойнике параметры элементов РЛ, которым проведено ТОиР.

4. Предиктивная аналитика РЛ. Компонент, отвечающий за проведение имитационного моделирования РЛ на основании имеющихся данных, а также реализующий функцию предиктивной аналитики. Позволяет перейти к обслуживанию РЛ по состоянию и выдавать рекомендации о необходимости проведения ТОиР элементам РЛ.

Все перечисленные компоненты определяют комплексный показатель надежности РЛ.

На рис. представлена интеграция компонентов цифрового двойника РЛ.



Рис. Интеграция компонентов цифрового двойника рельсовой линии

Разработанная концепция цифрового двойника позволяет повысить качество технического диагностирования РЛ и существенно сократить количество отказов её элементов.

Заключение. В результате исследования разработана система контроля технического состояния рельсовой линии, ядром которой является цифровой двойник. Такой подход позволяет повысить качество технического диагностирования, снижая тем самым количество отказов рельсовой линии и потери поездо-часов. Интегрируемый в систему мобильный диагностический комплекс рельсовой линии на базе беспилотного летательного аппарата позволяет повысить качество технического диагностирования за счет мониторинга с последующей передачей в систему таких диагностических параметров, как электрическое сопротивление изолирующих стыков, сборных токопроводящих рельсовых стыков, сопротивления изоляции рельсовой линии, электрического сопротивления дроссельных перемычек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ 34913–2022. Системы технического диагностирования и мониторинга железнодорожной автоматики и телемеханики высокоскоростных железнодорожных линий. Общие технические требования : межгосударственный стандарт : дата введения 2024–06–20 / Федеральное агентство по техническому регулированию. Изд. официальное. Москва : Стандартинформ, 2023 – 15 с.
- 2 Смирнова Л. Б., Башаркин М. В. Анализ способов мониторинга стрелочных переводов на высокоскоростных железнодорожных линиях // Транспортное дело России. 2025. № 4. С. 244–246.
- 3 Соловьев В. В., Федорова С. В. Требования и условия для перспективных диагностических комплексов и программного обеспечения железнодорожной инфраструктуры // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2024. № 1(93). С. 141–150. DOI 10.46973/0201–727X_2024_1_141.
- 4 Башаркин М. В., Исайчева Н. А. Тепловизионный контроль рельсовой линии с помощью БПЛА // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 9. С. 14–16. DOI 10.62994/AT.2024.9.9.004.
- 5 Исайчева Н. А., Башаркин М. В. Анализ БПЛА для тепловизионного контроля объектов тяговой сети // Железнодорожный транспорт и технологии : сборник трудов Международной научно-практической кон-

- ференции, Екатеринбург, 29–30 ноября 2023 года. Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2024. С. 98–100.
- 6 Башаркин М. В. Повышение эффективности технического диагностирования тяговой рельсовой сети постоянного тока в условиях тяжеловесного движения : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Башаркин Максим Викторович, 2022. 157 с.
 - 7 Применение информационно-измерительного устройства мониторинга асимметрии тягового тока в рельсовой линии / А. Г. Исайчева, В. Б. Тепляков, М. В. Башаркин, Л. В. Корытин // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 5 (77). С. 71–77.
 - 8 Устройства СЦБ. Технология обслуживания. Сборник карт технологических процессов. Часть 3. М.: Управление автоматики и телемеханики, 2013. 368 с.
 - 9 Корниенко А. В. Обеспечение и повышение надежности оборудования с применением цифровых двойников // Перспективы развития двигателестроения: материалы международной научно-технической конференции имени Н.Д. Кузнецова, 18–20 июня 2025 г. 2025. С. 340–342.

УДК 656.25 + 681.518.5

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ СТРЕЛОЧНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ЗА СЧЕТ КОМПЛЕКСНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

М. В. Башаркин, И. Р. Харламов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Кабельная сеть является важным элементом инфраструктуры систем железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ). Статистика эксплуатационной деятельности хозяйства автоматики и телемеханики свидетельствует, что на кабельные линии приходится 11–12 % отказов средств 1–2 категории, причем потери поездо-часов из-за деградационных отказов кабельной линии составляют более 700 часов в год по сети железных дорог ОАО «РЖД» [1: 230]. Существующие системы технического диагностирования и мониторинга (СТДМ) ЖАТ контролируют только сопротивление изоляции кабеля относительно земли, что не позволяет прогнозировать отказы и оперативно определить место повреждения [2: 72]. Другие способы контроля, например с применением рефлектометров, таких как Р5–10, не предусмотрены технологической документацией.

Целью исследования является разработка способа контроля технического состояния кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

- разработать структурную схему комплексной распределенной системы мониторинга кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока, интегрируемой в СТДМ ЖАТ;
- разработать алгоритм технического диагностирования кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока.

Основная часть. В работе [3: 275] предложено использовать в качестве информативных признаков для оценки риска разрушения жил кабеля в муфте влажность и температуру воздуха. Однако такой подход не позволяет определить техническое состояние кабельной линии в целом. Преимущество имеет способ, основанный на использовании в качестве первичных признаков электрических параметров, поскольку в случае возникновения деградационных процессов в жилах кабеля, а также при ухудшении контакта в муфте, изменяется электрическое сопротивление жил. Это приводит к большему падению напряжения по сравнению с исправным кабелем.

Для проведения технического диагностирования кабельной линии необходимо осуществить её подключение в каждой муфте, установленной по трассе пролегания кабеля, к измерительному контроллеру, позволяющему определить значение напряжения между жилами кабеля и относительно земли (рис. 1).

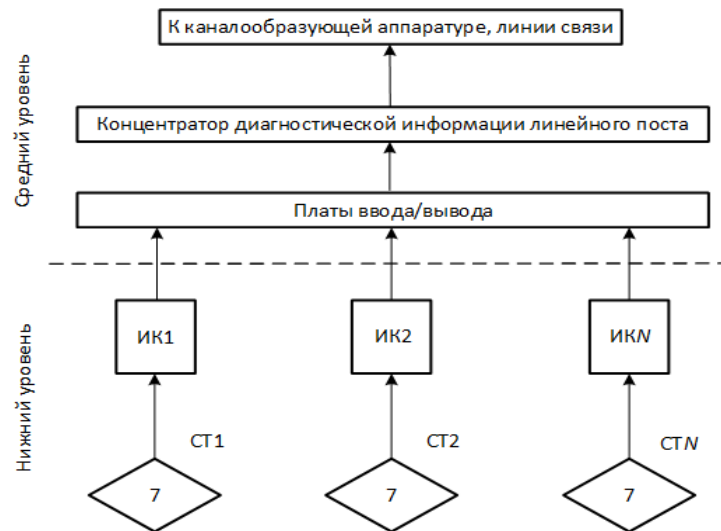


Рис. 1. Структурная схема распределенной системы мониторинга кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока

После проведения измерений происходит формирование массива данных напряжений и его сравнение с априорной информацией. Далее система принимает решение о техническом состоянии кабельной линии.

На рис. 2 представлен алгоритм технического диагностирования кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока при интеграции в СТДМ ЖАТ.

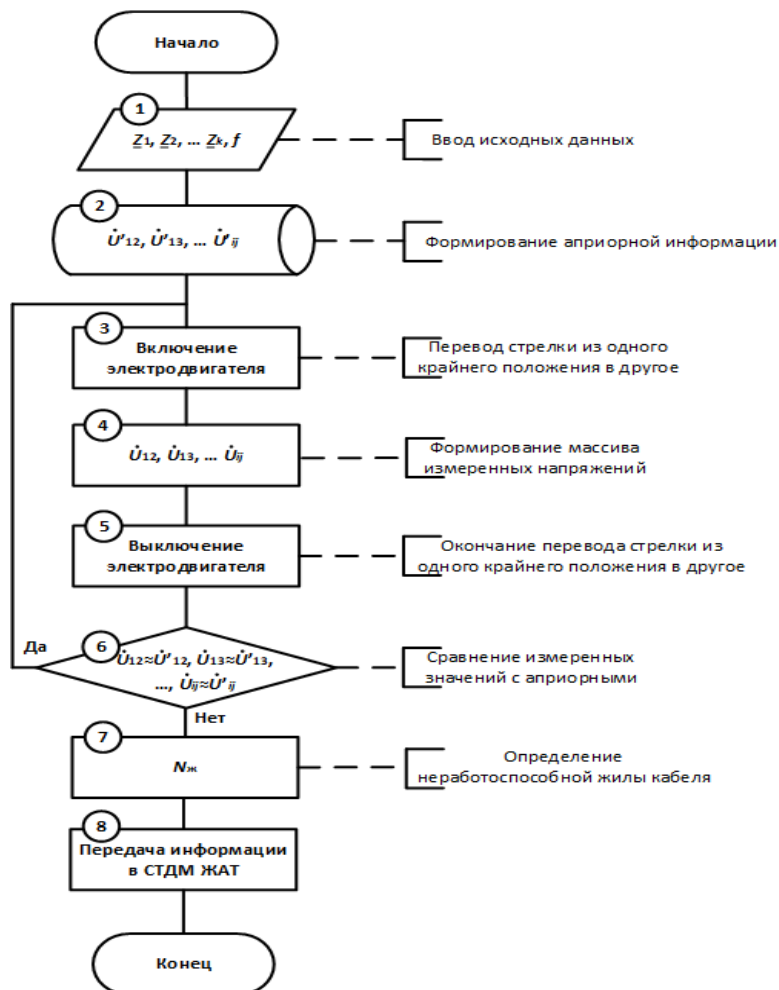


Рис. 2. Алгоритм технического диагностирования кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока при интеграции в СТДМ ЖАТ

Алгоритм состоит из следующих шагов:

Шаг 1. Формирование и ввод исходных данных: $\underline{Z}_1, \underline{Z}_2, \dots, \underline{Z}_k$ – комплексные электрические сопротивления жил кабеля, f – частота тока питающей сети электродвигателя.

Шаг 2. Формирование априорной информации.

Шаг 3. Очередной перевод стрелки при задании маршрута или выполнении графика технологического процесса.

Шаг 4. Формирование массива измеренных напряжений во время перевода стрелки.

Шаг 5. Окончание перевода стрелки из одного крайнего положения в другое.

Шаг 6. Сравнение измеренных значений напряжений с априорными. Если значения сходятся в установленных пределах отклонений, то продолжаем диагностирование и ждем очередного включения электродвигателя; если нет, то переходим к шагу 7.

Шаг 7. Определяем неработоспособную жилу кабеля.

Шаг 8. Передаем информацию о неисправной жиле кабеля в СТДМ ЖАТ.

Предложенный в работе способ контроля технического состояния кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока позволяет расширить функциональные возможности СТДМ ЖАТ, что является актуальной задачей в условиях цифровой трансформации хозяйства автоматики и телемеханики [4: 14, 5: 256, 6].

Заключение. В ходе исследования разработаны структурная схема комплексной распределенной системы мониторинга кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока, интегрируемой в СТДМ ЖАТ, и алгоритм технического диагностирования кабельной сети стрелочных электроприводов переменного тока.

На следующем этапе необходимо рассмотреть возможность непрерывного мониторинга кабельной сети, поскольку предложенный алгоритм позволяет выявить неработоспособное состояние жилы только во время очередного перевода стрелки, а также разработать способ технического диагностирования кабельной сети стрелочных электроприводов постоянного тока, которые также нашли широкое применение на железнодорожном транспорте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Харламов И. Р., Башаркин М. В. Анализ состояния кабельной линии с использованием теории распознавания образов // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, Самара, 04 апреля 2025 года. Самара: Приволжский государственный университет путей сообщения, 2025. С. 229–233.
- 2 Применение информационно-измерительного устройства мониторинга асимметрии тягового тока в рельсовой линии / А. Г. Исaiчева, В. Б. Тепляков, М. В. Башаркин, Л. В. Корытин // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 5(77). С. 71–77.
- 3 Башаркин М. В., Харламов И. Р. Анализ способов интеграции датчиков относительной влажности и температуры воздуха в СТДМ ЖАТ // Образование – наука – производство : Материалы VIII Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции, Чита, 22 ноября 2024 года. Чита: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2024. С. 275–281.
- 4 Башаркин М. В., Исaiчева Н. А. Тепловизионный контроль рельсовой линии с помощью БПЛА // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 9. С. 14–16. DOI 10.62994/AT.2024.9.9.004.
- 5 Совершенствование метода мониторинга асимметрии тягового тока / А. Г. Исaiчева, В. Б. Тепляков, Д. А. Шашин [и др.] // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2020) : Труды Международной научно-технической конференции, Самара, 21–22 апреля 2020 года / Под редакцией С.А. Прохорова. Самара: Самарский научный центр РАН, 2020. С. 255–259.
- 6 Estimation of electrical energy losses in a DC traction rail network during heavy traffic / A. G. Isaicheva, M. V. Basharkin, A. L. Zolkin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : 4, Virtual, Online, 24–26 ноября 2021 года. Virtual, Online, 2022. P. 012023. DOI 10.1088/1755–1315/990/1/012023. EDN WCQRZV.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

А. В. Васильев, А. А. Душкин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современные системы связи на железнодорожном транспорте, включая многоканальные телекоммуникационные системы (МТС), в значительной степени базируются на волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС). Надежность и качество передачи информации в таких системах напрямую зависят от состояния оптического волокна. В процессе производства, прокладки и эксплуатации в волокне могут возникать неоднородности: микроизгибы, трещины, неоднородности сварных соединений, что приводит к увеличению затухания сигнала и, как следствие, к ухудшению характеристик канала связи. Для локализации и оценки таких дефектов применяется метод рефлектометрии. Целью данного исследования является разработка методики исследования оптического сигнала с помощью оптического рефлектометра (OTDR) для выявления и оценки неоднородностей в оптическом волокне, предназначенной для использования в учебном процессе при подготовке студентов специализации «Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта».

Основная часть. Исследование неоднородностей оптического волокна с помощью рефлектометра основано на анализе обратного рассеяния света. Оптический рефлектометр генерирует короткие импульсы зондирующего света и вводит их в оптическое волокно. Встречая на своем пути неоднородности (стыки, соединители, микротрещины и т.д.), часть энергии импульса отражается обратно (явление Френеля) или рассеивается (явление Релея). Анализируя интенсивность и время прихода отраженного/рассеянного сигнала, рефлектометр позволяет определить местоположение, тип и величину потерь каждой неоднородности, а также построить рефлектограмму – график зависимости мощности обратного сигнала от расстояния.

Для проведения лабораторных работ необходимо следующее оборудование:

- Оптический рефлектометр (Greenlee 930хс–30f).
- Исследуемые отрезки одномодового и многомодового оптического волокна с искусственно созданными неоднородностями (сварные соединения, коннекторы, изгибы).
- Калиброванные аттенюаторы.
- Набор коммутационных шнуров (пигтейлов) с различными типами коннекторов (FC/UPC, SC/PC, LC).
- Нормализующая катушка с длиной оптического волокна 1000 м.

Методика проведения измерений включает следующие этапы:

1. **Подготовка рефлектометра.** Производится включение прибора, выбор соответствующего типа волокна (одномодовое/многомодовое), установка длины волны зондирующего импульса (1310 нм или 1550 нм для одномодового волокна; 850 нм или 1300 нм для многомодового), длительности импульса и диапазона измерений.
 2. **Базовое соединение.** Для получения эталонного уровня сигнала к выходу рефлектометра через адаптер подключается короткий коммутационный шнур (пигтейл) известной длины и качества.
 3. **Подключение исследуемой линии.** К свободному концу пигтейла подключается исследуемый отрезок оптического волокна с неоднородностями (непосредственно к прибору либо через нормализующую катушку).
 4. **Проведение измерений.** Запускается процесс измерения. Рефлектометр посылает серию импульсов и строит рефлектограмму.
 5. **Анализ рефлектограммы.** На полученной рефлектограмме идентифицируются:
 - Начальный импульс (в точке подключения).
 - Участки с постоянным наклоном, характеризующие равномерное затухание в волокне.
 - Пики, соответствующие дискретным отражениям от соединений (коннекторов) или торцов волокна.
 - Провалы, указывающие на потери в местах сварных соединений или микроизгибов.
 - Конец линии (резкое падение сигнала до уровня шума).
- Лабораторный макет для проведения измерений представлен на Рисунке 1.



Рис. 1. Лабораторный макет для проведения измерений

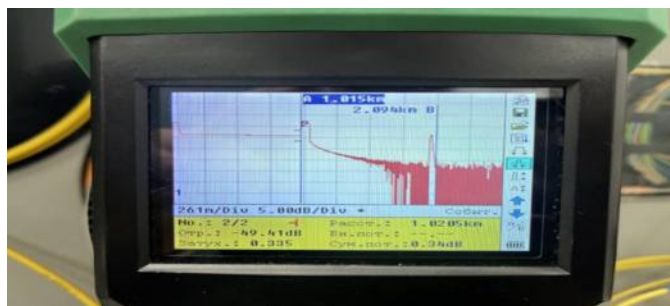


Рис. 2. Рефлектограмма измерения неоднородности через нормализующую катушку длиной 1000 м

Для количественной оценки потерь используется маркерная функция рефлектометра, позволяющая измерить затухание между двумя точками и потери на отдельных событиях (неоднородностях). Сравнивая рефлектограммы, полученные на разных длинах волн, можно оценить влияние дисперсии и выявить специфические дефекты.

Заключение. Разработанная методика исследования оптического сигнала с применением рефлектометра позволяет наглядно продемонстрировать студентам принципы диагностики ВОЛС, локализовать и оценить влияние различных неоднородностей на параметры линии связи. Практическое освоение данной методики в рамках дисциплин, связанных с телекоммуникационными системами, способствует формированию у будущих инженеров профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения надежной и бесперебойной работы систем связи на железнодорожном транспорте, в частности компетенций ПК–1 и ПК–1.1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гордиенко В. Н., Тверецкий М. С. Многоканальные телекоммуникационные системы : учебник. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. 396 с. ISBN 978–5–9912–0251–0.
- 2 Об утверждении норм на электрические параметры основных цифровых каналов и трактов магистральной и внутризональных первичных сетей ВСС РФ : приказ Министерства связи Российской Федерации от 10 авг. 1996 г. № 92 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс : справочно-правовая система. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_ (дата обращения: 27.10.2025).
- 3 EC 60793–1–40:2019. Optical fibres – Part 1–40: Measurement methods and test procedures – Attenuation* [Текст]. Geneva : IEC, 2019. 44 p.
- 4 Руководство по эксплуатации оптического рефлектометра Green Lee 930XE–30F [Электронный ресурс]. [б. м.] : Green Lee, 2014. 63 с. URL: <https://propribory.ru/product/140306?ysclid=mh8u7r27un832958428> – (Дата обращения: 27.10.2025).

ДЕМОДУЛЯЦИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ $\pi/4$ -DQPSK

Р. Р. Диязитдинов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Исследование помехоустойчивости систем радиосвязи с относительными способами фазовой модуляции является актуальной темой исследования.

Вопрос выбора способа модуляции даже при рассмотрении таких «классических» видов, как амплитудная, частотная и фазовая модуляция не имеет очевидного ответа. А относительные способы модуляции не являются «просто» модификацией «не-относительных» способов, так как они могут обеспечить кардинальное изменение качество передачи.

Например, с точки зрения помехоустойчивости при передаче двоичных сигналов в однолучевом радиоканале с аддитивным белым гауссовым шумом «классические» модуляции располагаются в следующем порядке (от самого худшего до самого лучшего):

- амплитудная;
- частотная;
- фазовая

Наилучшие показатели помехоустойчивости для фазовой модуляции обеспечивается тем, что расстояние между сигналами логического «0» и «1» у нее будет больше, чем у амплитудной и частотной, поэтому помехе будет сложнее видоизменить передаваемый сигнал, чтобы он стал похож на другой.

Основная часть

Модуляция $\pi/4$ -DQPSK является частным случаем относительной квадратурной фазовой модуляции. Все биты входной последовательности разбиваются на символы, состоящие из 2-х бит. При переходе от одного символа к другому фаза радиосигнала меняется на величину $\Delta\varphi$ в соответствии с сигнальным созвездием, представленному на рисунке 1.

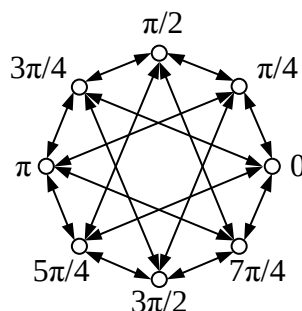


Рис. 1. Сигнальное созвездие $\pi/4$ -DQPSK

Данная диаграмма содержит важную информацию:

1. Передача символа приводит к изменению фазы, то есть переход от сигнала к сигналу обязательно ведет к изменению фазы. В частности, это означает, что переход от фазы «0» к фазе «0» невозможен.
2. Существуют «запрещенные приращения». Например, переход от фазы «0» к фазе « $\pi/2$ » невозможен.

Для демодуляции можно использовать следующие алгоритмы:

1. Оценивание фазы сигнала независимо друг от друга. Вынесение решение по приращению фазы. Однако при этом возможно возникновении ситуации, что приращение фазы не будет соответствовать ни одному из возможных значений (то есть не равно $\pm\pi/4$, $\pm3\pi/4$). В этом случае передаваемые биты помечаются как ошибочные.
2. Формирование всех сочетаний, соответствующих всем возможным «разрешенным» приращениям фазы. Сравнение принятых двух сигналов со всеми возможными сочетаниями и выбор наиболее близкого сочетания с точки зрения евклидова расстояния. Вынесение решение по приращению фазы выбранного сочетания. В отличие от первого способа биты не могут быть ошибочными.

Так как в работе исследуется передача в условиях межсимвольной интерференции, то кроме однолучевого канала был имитирован двухлучевой канал. Для простоты был использован канал с импульсной характеристикой $g = [1 \ 0,5]$. Так как для такого канала можно использовать не только алгоритмы декодирования, анализирующие непосредственно сигнал после канала связи, но и использовать схему декодирования «эквалайзер и простой декодер» (декодер, в котором выносится решение

на основании сравнения с эталонными сигналами).

При проведении компьютерного моделирования сравнивалась схема с эквалайзером и алгоритмом ПЦППР (приема в целом с поэлементным принятием решения).

На рисунке 2 и 3 представлены схемы моделирования

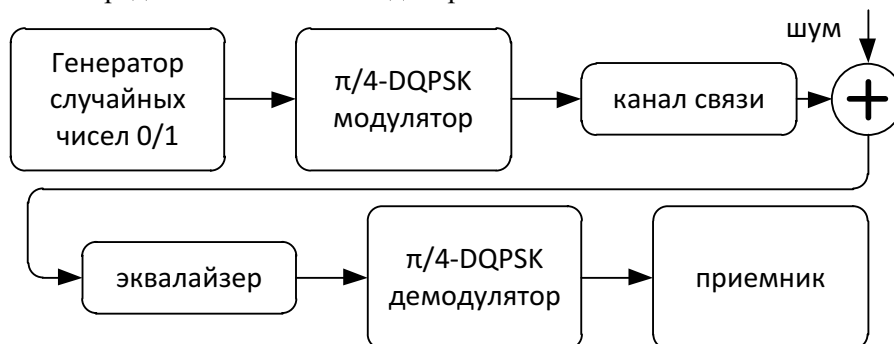


Рис. 2. Схема моделирования с эквалайзером

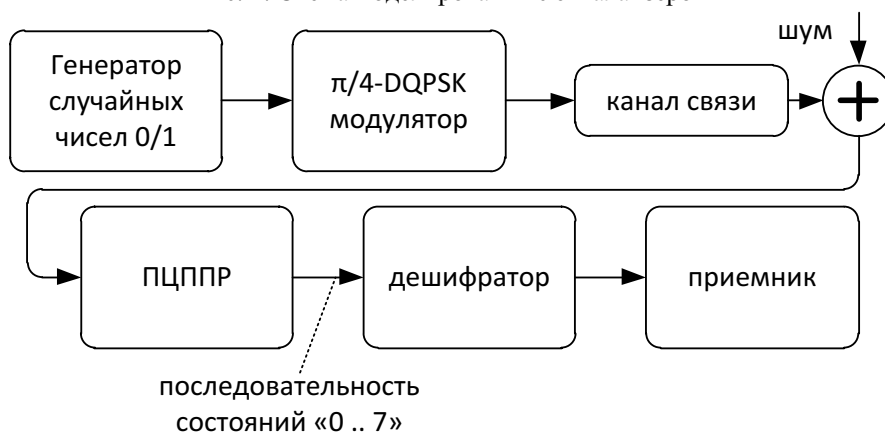


Рис. 3. Схема моделирования с ПЦППР

Вывод

В работе представлено описание алгоритма ПЦППР с учетом особенностей декодирования сигналов с 4-хпозиционной относительной фазой модуляции ($\pi/4$ -DQPSK) в радиоканалах с памятью. Учет ограничений, связанных с «разрешенным» приращением фазы, обеспечивает дополнительную информацию о передаваемых данных.

УДК 681.518.5

ОТ ДИАГНОСТИКИ К ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ КОМПЕТЕНЦИЯМ: МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КЕЙС

А. Г. Исайчева, А. А. Астапенкова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современные устройства и системы железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), являющиеся основой для безопасного и бесперебойного движения поездов, характеризуются развитыми возможностями диагностики и самодиагностики. Это позволяет в автоматическом режиме, с высокой периодичностью, собирать данные от измерительных преобразователей, размещенных на станциях и перегонах. Кроме того, появилась возможность осуществлять автоматизированный анализ диагностической информации с формированием предупредительных сообщений о текущем и прогнозируемом техническом состоянии аппаратуры. Реализация этих задач в современных условиях обеспечивается за счет систем технического диагностирования и мониторинга (СТДМ).

Важным комплексом в хозяйстве автоматики и телемеханики, реализующим возможности диагностирования и анализа предиктивных состояний, выступает аппаратно-программный комплекс диспетчерского контроля (АПК-ДК). Система АПК-ДК дает возможность своевременно выявлять предотказные

состояния устройств ЖАТ, что повышает надежность их работы. Внедрение таких систем способствует сокращению количества аварийных ситуаций за счет точного мониторинга технического состояния оборудования. Применение современных измерительных преобразователей в системе АПК–ДК повышает надежность железнодорожной автоматики и телемеханики как на станциях, так и на перегонах [2: 14]. Это подчеркивает необходимость их использования для повышения эффективности управления железнодорожной инфраструктурой. Организация систем мониторинга не только наделяет сложные объекты техническим «иммунитетом», но и управляет наиболее рационально, с учетом минимизации энергозатрат и ущерба экологической обстановке [1: 21].

Основная часть. Система АПК–ДК реализована с программным обеспечением «КЗ Мониторинг», которое в настоящее время активно используется при составлении статистических отчетов по хозяйству автоматики и телемеханики ОАО «РЖД». Одной из главных особенностей «КЗ Мониторинг» является реализация визуализации данных через графики и таблицы, что позволяет сократить время реакции работника на обнаружение инцидентов, оперативно анализировать информацию, принимать обоснованные решения.

Реализация возможностей АПК–ДК по контролю состояния устройств ЖАТ базируется на большом количестве измерительных преобразователей, каждый из которых решает свои целевые задачи. Логичным отправным пунктом для нашего исследования становится автомат диагностики сигнальной установки (АДСУ), который устанавливают в релейном шкафу на перегоне. Принцип работы автомата основан на последовательном опросе цепей, подключенных к его клеммам, и обеспечивает контроль и высокую точность анализа поступающей диагностической информации, а именно напряжения основного и резервного фидеров питания, импульсные напряжения на обмотках дроссель–трансформаторов и напряжения обмоток реле Ж, З. Контроль перечисленных параметров для освоения практических навыков включен в алгоритм работы междисциплинарного лабораторного кейса.

В рамках дисциплины «Теоретические основы автоматики и телемеханики» студентами изучается принцип работы реле, в последующих дисциплинах, связанных с измерениями, студенты осваивают ампервольтметр и схемные решения измерительного преобразователя АДСУ.

На примере принципа работы огневого реле представлена разработка междисциплинарного лабораторного кейса с применением оборудования (рис.). На первом этапе ампервольтметром измеряется напряжение на измерительной панели, подключенной к выводам обмоток огневого реле. Одновременно с АДСУ, подключенным к выводам контроля нити запрещающего огня, фиксируется значение напряжения на мониторе персонального компьютера с имитированным программным обеспечением «КЗ Мониторинг».

На основе данных, полученных с помощью ампервольтметра, и выведенной на экране зависимости напряжений, выполняется сравнение и анализ измеренных значений. Студенты смогут проверять корректность работы имитированного ПО сопоставляя данные, поступивших с АДСУ на ПК, с ручными измерениями. Кроме того, этап актуализирует знания из курса «Метрология», так как на практике демонстрирует погрешности измерений и особенности применения ручного и автоматизированного методов контроля.

После этапа сравнения проводится поиск реле и выводов подключения к АДСУ по электрической принципиальной схеме сигнальной установки, что формирует навыки чтения технической документации.

После отработки методики контроля исправного состояния студентам будет предлагаться моделирование и диагностирование типовых отказов. Например, искусственное создание обрыва в цепи обмотки реле или подключение источника пониженного напряжения. АДСУ–24/16 будет фиксировать соответствующие аномалии: «отсутствие напряжения» или «значение ниже допустимого порога». Студенты будут анализировать полученные на графике отклонения, учиться идентифицировать тип неисправности и сопоставлять их с предотказными состояниями, описанными в технической документации. Такой подход не только закрепит практические навыки измерений, но и сформирует важное для инженера умение – проводить диагностический поиск и анализ причин отказов, лежащее в основе предиктивного обслуживания аппаратуры ЖАТ.

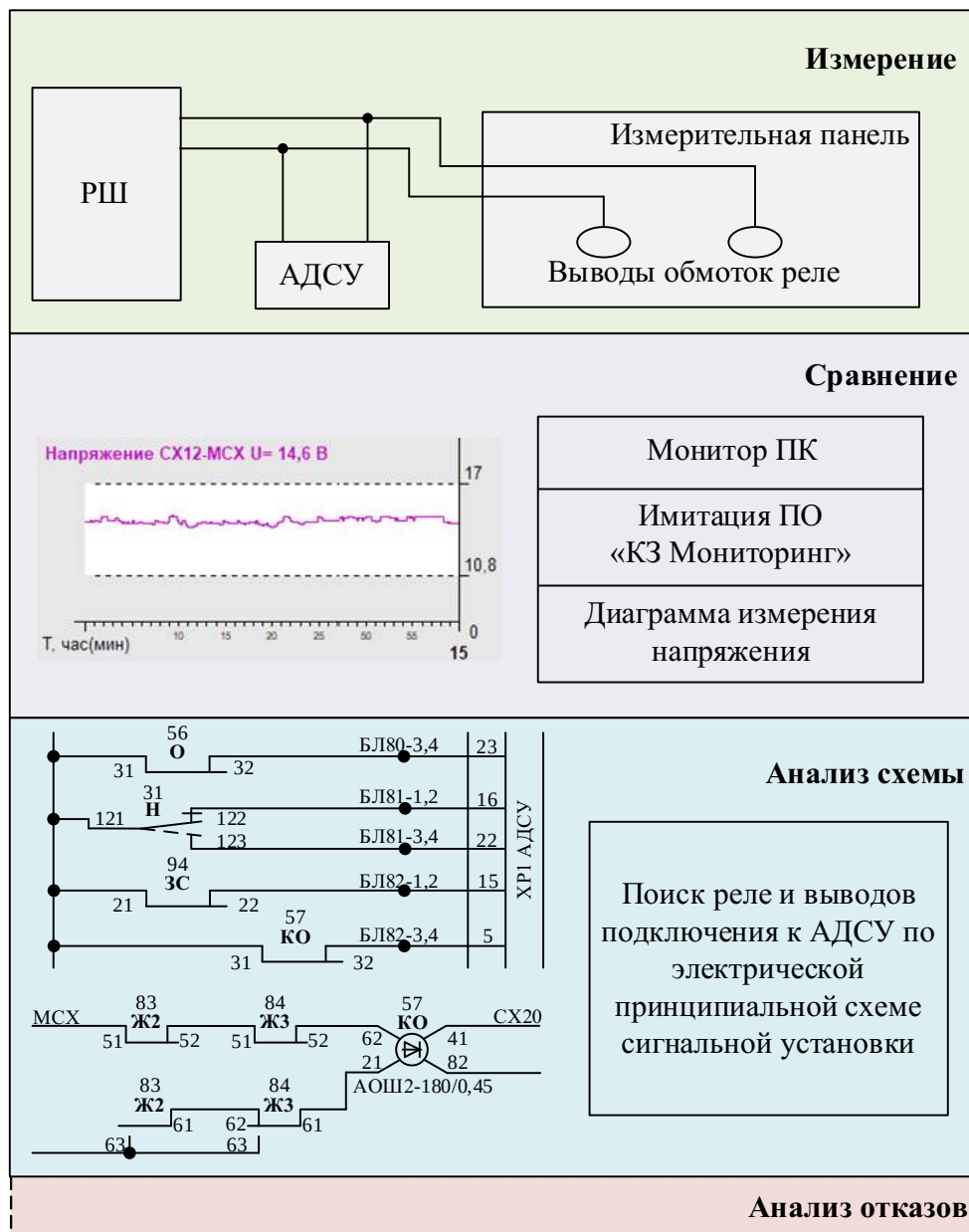


Рис. Структурная схема лабораторного учебного кейса

Закключение. Проведение исследований и разработок, направленных на преодоление «разрыва» между теоретическими сведениями и практическими задачами устройств ЖАТ, является продолжением традиции кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» по созданию мини-лабораторных установок, позволяющих студентам отрабатывать практические навыки на реальном оборудовании. Актуальность и эффективность такого подхода находят подтверждение в работах сотрудников кафедры, занимающихся разработкой учебно-исследовательских стендов для смежных систем железнодорожной автоматики [3–5].

Созданный фундамент открывает перспективу для внедрения в учебный процесс специализированных лабораторных кейсов, которые могли бы строиться на основе приближенных данных диагностики. Подобные кейсы позволят смоделировать комплексные производственные ситуации и углубить понимание взаимосвязей в работе оборудования.

Такой подход создает основу для формирования адаптивного образовательного пространства, где традиционные формы обучения могут быть дополнены практико-ориентированными материалами по мере их разработки и апробации, обеспечивая тем самым непрерывное совершенствование профессиональной подготовки будущих инженеров.

Именно на этой начальной ступени, предполагающей работу с аппаратурой типа АДСУ–24/16, закладывается основа для последующего профессионального роста в структурах ОАО «РЖД», обеспечивающих организацию диагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Плотников Д. Г., Шинкаренко А. В. Универсальные системы мониторинга как жизненно важные составляющие высокоиммунных транспортных систем // Транспорт Российской Федерации. 2020. № 5 (90). С. 20–21.
- 2 Иванов А. А., Легоньков А. К. Новые приборы регистрации параметров устройств железнодорожной автоматики в системе АПК–ДК (СТДМ) // Автоматика на транспорте. 2015. Т. 1, № 3. С. 282–283.
- 3 Макрушин А. А., Башаркин М. В. Разработка учебно-исследовательского стенда для изучения наборной группы БМРЦ // Дни студенческой науки : сборник материалов 51-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 06–26 апреля 2024 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2024. С. 160–163. EDN ETWNBV.
- 4 Янов М. И., Шишкин В. С., Смирнова Л. Б. Разработка лабораторного комплекса по исследованию намагниченности рельсов // Дни студенческой науки : сборник материалов 49-й научной конференции обучающихся СамГУПС, Самара, 05–16 апреля 2022 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2022. С. 150–152. EDN PKVZWN.
- 5 Хохрин А. С., Мусин А. Р., Исайчева Н. А. Разработка структурной схемы экспериментальной установки для исследования ограничивающего резистора рельсовой цепи // Наука и образование транспорту. 2023. № 1. С. 255–257. EDN ZFQGF.

УДК 004.021

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ

С. А. Колпацников, А. С. Титов

Самарский государственный технический университет

Введение. Распределённые технологические объекты – тепловые пункты и котельные, насосные станции, склады, локальные диспетчерские на промышленных предприятиях – работают в условиях, где время реакции на предаварийные и аварийные события напрямую влияет на безопасность, непрерывность процесса и издержки. На таких площадках до сих пор используются одноканальные схемы оповещения (чаще всего – SMS) из-за простоты внедрения. Их ограничения: отсутствие подтверждения доставки, непредсказуемые задержки (особенно при пиковой нагрузке у оператора), ограниченная информативность сообщений и слабая интеграция с современной телеметрией и ИТ-контуром [1].

Актуальность определяется тем, что при неизменной интенсивности событий «стоимость» ошибки (потеря/запаздывание) растёт, а допустимое время реакции уменьшается. Требуется система оповещения для объектов без SCADA, которая собирает события от ПЛК, гарантированно и быстро доставляет уведомления ответственному персоналу, устойчива к отказам каналов связи и перезапускам без потерь сообщений и обеспечивает контролируемую, измеримую задержку. Ряд промышленных SCADA уже поддерживает выдачу сообщений в мессенджеры, то есть подход уже набирает популярность. Для примера, в описании MasterSCADA 4D прямо указана поддержка SMS/E-mail/HTTP в составе системы сообщений [2].

Постановка задачи

Обосновать и показать эффективность многофункциональной системы сбора данных и аварийного оповещения, которая должна интегрироваться с существующей автоматикой по Modbus RTU/TCP, использовать двухконтурную доставку через основной канал – HTTPS в различные мессенджеры с поддержкой открытого API и иметь аварийный способ отправки при недоступности интернета SMS (GSM/GPRS).

В работе [3] детально изложена логика работы и принципы построения алгоритмов доставки. Ключевые положения, на которые опирается статья:

1. Событийная модель. Каждое событие нормализуется и помещается в приоритетную очередь.
2. FSM-алгоритм доставки. Последовательность: «приём → формирование → очередь → выбор основного канала → отправка → ожидание подтверждения → при отсутствии подтверждения повтор отправки → переключение на резервный канал → архивирование → при перезапуске возобновление отправки из энергонезависимой памяти».

Методы решения задачи

Для проверки системы на реальном оборудовании была применена воспроизводимая методика, целью которой являлось подтверждение выбора основного канала и количественная оценка задержек и надёжности алгоритма. При фиксированном размере сообщений и заданном параметре в 5 с тайм-аута ожидания подтверждения, серии опытов по 15 отправок для каждого сценария: штатная до-

ставка по HTTPS при доступе в Интернет через Ethernet/LTE; искусственное отсутствие подтверждения с последующим автоматическим переходом на SMS и обязательным возвратом к HTTPS после восстановления канала; «тёплые» и «холодные» перезапуски при непустой очереди для проверки возобновления отправки с места прерывания; варьирование числа адресатов и приоритетов событий. Для каждой серии фиксировались момент регистрации события и момент получения подтверждения. По этим данным рассчитывалась медиана времени доставки по каждому каналу. Дополнительно учитывались повторы и факты переключений между каналами, случаи потерь. Такая постановка экспериментов позволила объективно сравнить каналы и подтвердила корректность логики резервирования в условиях, близких к эксплуатации.

Аппаратная часть при тестировании. Контроллер ОБЕН ПЛК210 с операционной системой Linux RT и IDE CoDeSys 3.5, также к ПЛК подключены два внешних канала связи:

1. Основной Ethernet-интерфейс для отправки по HTTPS в Telegram Bot API [4].
2. Резервный 3G/4G-модем как альтернативный маршрут для HTTPS-запросов.
3. Аварийный GSM/GPRS-модем ОБЕН ПМ01 по RS-485 для отправки SMS AT-командами [5].

Программное обеспечение для контроллера было получено путем автоматической генерации ST-кода средствами Simulink PLC Coder из модели Stateflow MATLAB представленной в работе [3: 117, 6]. Затем проведено ревью кода, где выявлено, что алгоритм был переведён корректно в соответствии со switch-технологией, но есть необходимость внесения формальных изменений: привели типы для работы со строками и буферами, вынесли конфигурационные параметры (таймауты, число повторов, адресаты) в отдельный блок настроек [7].

Анализ полученных результатов

Результаты испытаний подтверждают тезисы о преимуществе HTTPS-канала и необходимости аварийного режима SMS:

1. Надёжность доставки. При отсутствии подтверждения по HTTPS выполняются повторы; при неуспехе происходит автопереход на SMS. В серии экспериментов потери сообщений не наблюдались при наличии хотя бы одного доступного канала.
2. Устойчивость к перезапуску. Очередь хранится в энергонезависимой памяти; при рестарте устройство продолжает отставку с момента прерывания, не «забывая» критические уведомления.
3. Время доставки по HTTPS — 0,2–0,4 с в условиях (Ethernet/LTE с доступом в Интернет) рисунок 1. Такой уровень задержки соответствует требованиям оперативного информирования дежурного персонала, при этом число адресатов практически не ограничено: оповещения могут направляться одновременно в личные чаты, группы и каналы, фактическая верхняя граница определяется лишь лимитами API сервиса и пропускной способностью сети и, в типичных конфигурациях, не влияет на медианную задержку.

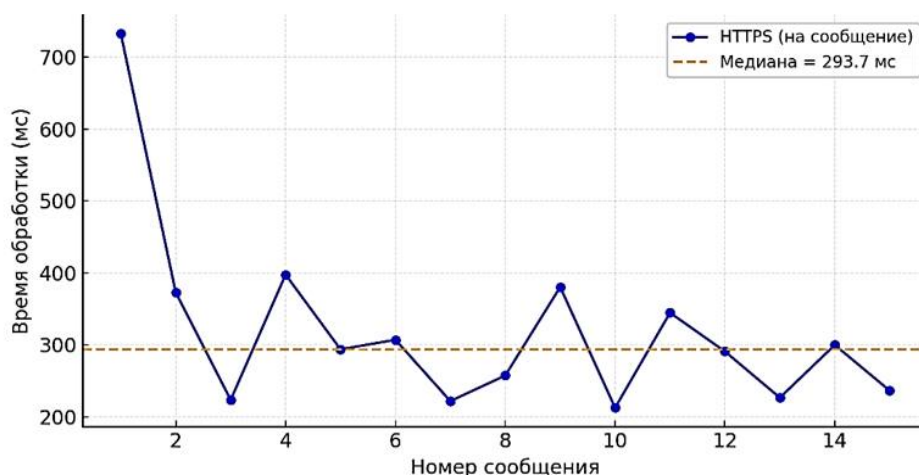


Рис. 4. Отправка сообщения через HTTPS

4. Время доставки по SMS — 3–5 с. На практике канал для случаев потери связи (обрыв Ethernet, недоступность провайдера) рисунок 2.

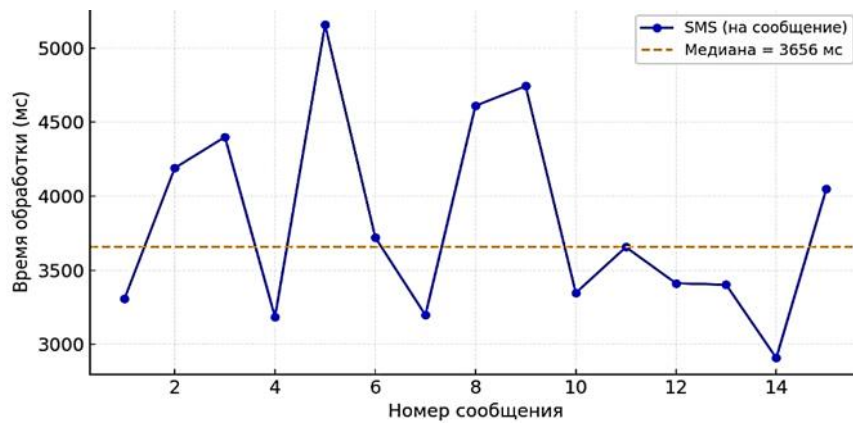


Рис. 5. Отправка сообщения с помощью SMS

Практическое приложение результатов

Систему уместно применять в котельных и насосных станциях, складских комплексах и узлах контроля при отсутствии или ограниченности SCADA, везде, где аварии приводят к большим потерям или там, где нежелательны доработки существующих шкафов.

Почему стоит применять двухконтурное оповещение.

1. Подтверждение/повторы/резервирование устраняют риск пропажи сообщения.
2. Предсказуемая задержка. Медиана 0,294 с у HTTPS против средних ~3,7 с у SMS.
3. Мягкая интеграция. Modbus RTU/TCP без замены ПЛК/датчиков.
4. Основная часть оповещений идёт с помощью HTTPS отправки с минимальной себестоимостью, что существенно снижает эксплуатационные затраты по сравнению с SMS решениями.
5. Масштабируемость: расширение для отправки дополнительной информации, сервисные журналы.

Именно поэтому целесообразно создать прибор, а не оставлять решение в текущем виде, прибор автономен, ведёт себя детерминировано, проще вводится и сопровождается на объектах.

Вывод

В работе обоснована необходимость и продемонстрирована эффективность замены одноканальных SMS-систем оповещения на многоканальную систему сбора данных и аварийного оповещения для определённых технологических объектов. Спроектированная архитектура сочетает совместимость с существующей автоматикой по Modbus RTU/TCP и двухконтурную доставку сообщений, а заданная событийная FSM-логика с приоритетной очередью, подтверждением доставки, повторами и автоматическим переключением каналов, поддержанная энергонезависимой буферизацией очереди, обеспечивает гарантированную доставку. Совокупность результатов показывает, что система обеспечивает обоснованное сокращение задержек и резкое снижение риска недоставки по сравнению с SMS решениями, при этом минимизирует затраты на внедрение и создаёт основу для последующего наращивания требований по информационной безопасности и интеграции, что делает предложенную систему технологически и экономически целесообразной для широкого класса объектов промышленной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Telegram notifications VS SMS notifications // Grep Tech. URL: <https://gpstrackermalaysia.greptech.com/telegram-notifications-vs-sms-notifications/#:~:text=Criteria%20SMS%20Notification%20Telegram%20Notification,time%20notifications%20over%20the%20internet> (дата обращения: 29.10.2025).
- 2 MasterSCADA 4D. Руководство пользователя. // МПЦ Софт. URL: <https://iek-digital.ru/upload/iblock/a11/b6q0txs3cku10v740nmw92d3lnf21f/User-Guide-MasterSCADA-4D.pdf> (дата обращения: 29.10.2025)
- 3 Колпащиков С. А., Титов А. С. Алгоритмическое обеспечение резервированной системы оповещения об аварийных событиях на технологическом объекте // Вестник СамГУПС. 2025. № 2. С. 115–122.
- 4 Telegram Bot API // Telegram Messenger. URL: <https://core.telegram.org/bots/api> (дата обращения: 29.10.2025).
- 5 AT Commands Set // SIMCom. A company of SIM Tech. URL: https://www.8051projects.net/files/public/1283149052_30519_FT37174_sim300_atc_v1.06.pdf (дата обращения: 29.10.2025).
- 6 Code Generation for Strings // MATLAB Help Center. URL: <https://www.mathworks.com/help/simulink/ug/code-generation-for-strings.html> (дата обращения: 16.05.2025).
- 7 Шальто А. А. Алгоритмизация и программирование задач логического управления. СПбГУ ИТМО. СПб., 1998.

СРАВНЕНИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ВСТРАИВАЕМЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ИНФОРМАЦИОННЫЕ ФАЙЛЫ

И. А. Кривошеев, С. А. Бабаченко

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях стремительной цифровизации и повсеместного внедрения технологий Индустрии 4.0, включая «умные» сети (Smart Grid), интернет вещей (IoT) и распределенные системы автоматизации, вопросы информационной безопасности выходят на первый план. Современные телекоммуникационные и электротехнические системы представляют собой сложные киберфизические комплексы, передающие и обрабатывающие огромные массивы критически важных данных. Защита этих данных от несанкционированного доступа и анализа является одной из ключевых задач обеспечения устойчивости и надежности всей инфраструктуры.

Помимо традиционных методов шифрования (криптографии), все большее значение приобретают технологии скрытой передачи информации – стеганография. В отличие от криптографии, которая защищает содержимое сообщения, стеганография маскирует сам факт его существования, что особенно актуально для задач скрытого управления, мониторинга целостности данных и защиты метаданных в каналах автоматизации и телекоммуникаций. Наиболее распространенным и практичным методом стеганографии является метод LSB (Least Significant Bit), позволяющий эффективно скрывать данные в цифровых медиафайлах, таких как изображения.

Однако простота LSB-встраивания порождает уязвимости, делая систему подверженной стегоаналитическим атакам. В связи с этим, разработка и сравнительный анализ эффективных методов обнаружения скрытых данных становятся критически важными как для атакующей, так и для обороняющейся стороны. Способность быстро и точно оценить параметры встраивания – заполнен ли контейнер и в какой степени – позволяет не только обнаружить факт скрытой передачи, но и оценить потенциальные риски для системы.

В данной статье проводится сравнительный анализ двух стегоаналитических методов оценки параметров встраиваемых изображений: анализа гистограмм интенсивности и метода Хи-квадрата. Цель исследования – определить эффективность каждого метода применительно к LSB-стеганографии в контексте их практического применения для защиты телекоммуникационных каналов и систем управления. В работе рассматриваются принципы работы, преимущества и недостатки каждого подхода, а также представлены результаты экспериментальной оценки их чувствительности к различной степени заполнения стеганографического контейнера.

Стеганография – это способы сокрытия самого факта передачи информации. С помощью стеганографии можно спрятать практически любой информационный файл, а точнее текстовые документы, изображения, аудио- и видеофайлы. После того как получатель принял информацию, он её извлекает. Также, чтобы обеспечить безопасность информации, часто стеганографию комбинируют с криптографией – методами шифрования информации, поэтому помимо сокрытия передачи, лучше ещё зашифровать это сокрытие для надёжности и безопасности данных [1].

Методы решения задачи.

В данной статье сравниваются два стего-метода оценки параметров встраиваемых изображений, таких как «Метод Хи-квадрата», «Метод анализа гистограмм интенсивности».

Перед тем как перейти к рассмотрению методов расскажу о том каким способом я буду встраивать информацию в наши контейнеры.

Метод LSB (Least Significant Bit) – суть данного способа заключается в замене наименьших значимых битов изображения на биты информации которую мы хотим скрыть. Так как мы меняем младшие биты, то смотря на картинку невооруженным взглядом мы там абсолютно ничего не заметим. Данный метод хорош, тем что он прост и выдерживает большие объемы информации, но его и также легко обнаружить, как раз на это и заточены следующие методы описанные ниже [2].

«Метод анализа гистограмм интенсивности»: основан на анализе распределения интенсивности пикселей в изображении. После того как определённый объем информации будет встроен в нашу картинку, интенсивность пикселей может поменяться, и мы это увидим по гистограмме. Проявляться это будет изменением формы графика, а также появлением новых пиков [4]. В данном методе нам следует просто сравнить диаграмму нашего пустого изначального контейнера с диаграммой заполненного с встроением файлом. Данный анализ имеет плюсы, у «Гистограмм» это простота реализа-

ции, можно написать несложную программу, как это сделано у меня на языке Matlab, а можно просто скачать и использовать программу GIMP, так же это скорость реализации и визуальная интерпретация результата, а из минусов хотелось бы выделить это то, что по этому методу сложно определить объём встроенной информации, ну и по моему мнения самый главный недостаток, это то что определить полный ли контейнер, ты сможешь только, если имеешь пустой, так как перехватив контейнер и прогнав его через этот метод ты никак не поймешь заполненный он или нет без сравнения с оригиналом, к счастью у второго метода этого минуса нет.

«Метод Хи-квадрата»: является статистическим тестом, используемый для определения статистической разницы между наблюдаемыми и ожидаемыми частотами. В нашем случае, в случае стеганографии, он может использоваться для обнаружения отклонений в распределении пиксельных значений, который возникли после добавления встраиваемого объекта в изображения [5]. Здесь мы рассматриваем пары цветов, которые отличаются только наименее значащим битом, находим для них частоту измеренную n_k , для каждого цвета i подсчитываем количество пикселей $h[2k]$ (k = от 0 до 127) этого цвета в выбранном нами изображении, из этого получается что $n_k = h[2k]$, и ожидаемую n_k^* , где для каждой пары соседних цветов $(2k, 2k+1)$ вычисляем ожидаемую частоту как среднее арифметическое пикселей этих двух цветов $n_k^* = \frac{h[2k] + h[2k+1]}{2}$ – ожидаемая частота «чистого контейнера».

Далее идёт сравнение этих двух частот: $\chi^2_{k-1} = \sum_{i=1}^k \frac{(n_k - n_k^*)^2}{n_k^*}$.

И на финальном этапе мы рассматриваем вероятность (P) того, что наблюдаемое распределение цветов соответствует ожидаемому $P = 1 - \frac{1}{2^{\frac{k-1}{2}} \Gamma(\frac{k-1}{2})} \int_0^{\chi^2_{k-1}} e^{-\frac{x}{2}} x^{\frac{k-1}{2}-1} dx$. [3]

Данный метод мы принимаем не ко всему изображению, а построчно, так он будет работать эффективнее. Хотя данный метод и сложнее предыдущего, он всё ещё является простым в реализации, но и сложен в понимание, это к недостаткам, и с плюсов ещё можно выделить, что хоть и не точно но можно увидеть на сколько примерно был заполнен контейнер, к минусам можно определить это то, что данный вид анализа можно обойти, просто встраивая информацию в изображение не последовательно, а случайно.

Анализ полученных результатов.

В качестве проверки эксперимента было выбрано 100 изображений, в которые вставлялся файл с расширение .docx, который заполнял наши каналы R,G,B на 10 %,30 %,50 %,70 %,90 % поочередно, а затем во все 3 канала сразу. Для анализа каждого изображения использовались поочередно оба метода для оценки объёма заполненного контейнера и самой сути заполнен ли контейнер.

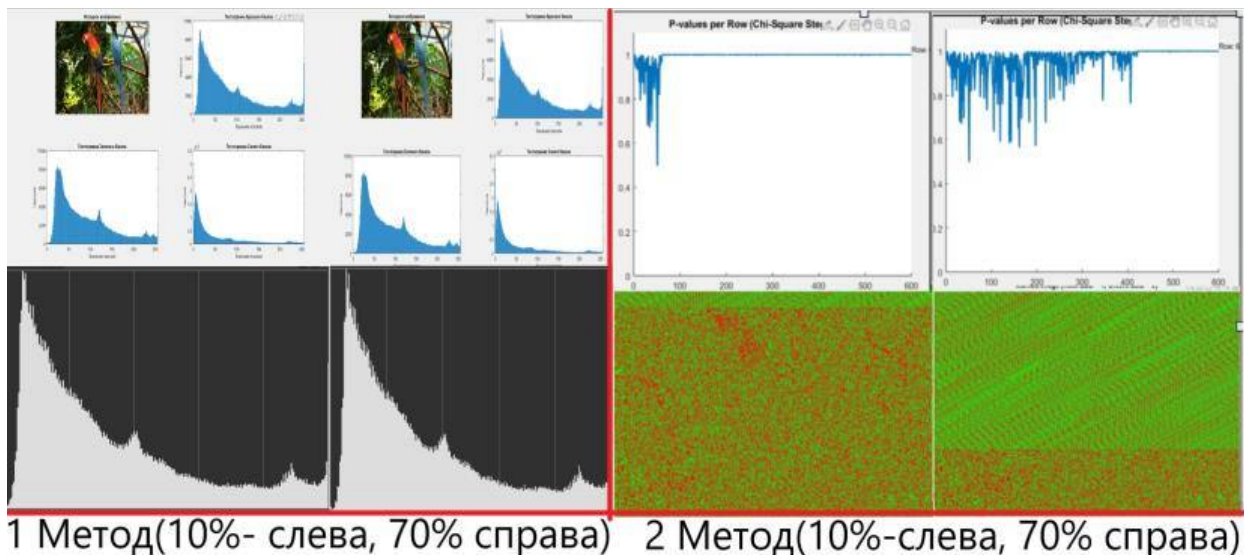


Рис. Сравнение методов (слева: «Метод анализа гистограмм интенсивности», справа: «Метод Хи-квадрата»)

По результатам эксперимента было выявлено, что метод «Хи-Квадрат» является наиболее полезным методом анализа стего-контейнера, так как ему не нужен даже оригинал контейнера, чтобы определить что в нём что-то находится, но если вдруг у нас всё же есть оригинальный(пустой) контейнер, то метод с интенсивностью тоже неплох, так как в сравнении сразу можно сказать, что контейнер заполнен, но если сравнивать по тому насколько точно методы определяют объём, то однозначно побеждает «Хи-Квадрат», он и графиками и изображением с битовым срезом, явно показыва-

ет, насколько заполнен контейнер. В качестве демонстрации на рисунке представлен пример встраивание текста в красный канал, на 10 % и 70 %.

Практическое приложение результатов.

Проведенное экспериментальное исследование позволило установить сравнительную эффективность методов стегоанализа и определить области их практического применения.

Эксперимент показал, что метод Хи–квадрата является более универсальным и практичным инструментом для задач активного стегоанализа. Его ключевое преимущество – способность детектировать факт встраивания и приблизительно оценивать степень заполненности контейнера *без наличия исходного изображения*. Это делает его незаменимым в ситуациях, когда осуществляется мониторинг трафика или проверка файлов из ненадежных источников, и оригинал контейнера недоступен. Визуальная интерпретация результата в виде графиков и битовых срезов дополнительно упрощает анализ для оператора.

Метод анализа гистограмм интенсивности, в свою очередь, демонстрирует высокую эффективность в сценариях, где возможен сравнительный анализ с «чистым» оригиналом в контролируемых условиях. Его простота реализации и наглядность делают его идеальным решением для внутреннего аудита и контроля целостности данных в системах, где эталонные файлы существуют (например, базы изображений, системы документооборота).

В контексте автоматизации и телекоммуникаций практическим приложением является повышение кибербезопасности АСУ ТП, мониторинг телекоммуникационных каналов, экспертиза и цифровая криминалистика. Разработанный подход может быть интегрирован в системы безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) для обнаружения скрытых каналов утечки данных, которые могут маскироваться под стандартные файлы журналов или визуализации. Результаты работы применимы для создания программно–аппаратных комплексов мониторинга сетевого трафика, способных выявлять стеганографическую активность в передаваемых медиафайлах в реальном времени, что критически важно для предотвращения кибератак на критическую инфраструктуру. Методика может быть использована в рамках судебно–экспертной деятельности для исследования цифровых доказательств на предмет наличия скрытой информации.

Таким образом, комбинированное применение двух методов в зависимости от решаемой задачи позволяет построить гибкую и эффективную систему стегоанализа для защиты современных информационно–телекоммуникационных систем.

Вывод.

Экспериментально подтверждено, что метод Хи–квадрата является наиболее практичным инструментом для обнаружения LSB–встраивания, так как не требует исходного контейнера и позволяет оценить степень его заполнения. Метод анализа гистограмм эффективен для быстрой проверки целостности данных при наличии эталона. Результаты исследования имеют прямое приложение в области кибербезопасности телекоммуникационных каналов и систем автоматизации (АСУ ТП), а также в цифровой криминалистике, предоставляя методику для выявления скрытых каналов передачи информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Что такое стеганография? Определение и описание. URL: <https://www.kaspersky.ru/resource-center/definitions/what-is-steganography>
- 2 LSB steganography in images and audio. URL: <https://daniellerch.me/stego/intro/lsb-en/>
- 3 Скрывать не скрывая. Еще раз о LSB–стеганографии, хи–квадрате и... сингулярности. URL: <https://habr.com/ru/articles/422593/>
- 4 Пример стегоанализа с использованием гистограмм. URL: https://studref.com/608330/informatika/primer_stegoanaliza_ispolzovaniem_gistogramm
- 5 Критерий хи–квадрат. URL: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/kriteriy-hi-kvadrat/?ysclid=m88xkh0pie487079226>

ЗАЩИТА ОТ ЧАСТОТНОГО НАЛОЖЕНИЯ В IOT-СИСТЕМАХ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ GPRN

Е. И. Махинина, С. М. Куценко, О. Г. Евдокимова

Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

Введение. Современные железнодорожные системы оснащаются сложным технологическим оборудованием. Наряду с традиционными средствами связи и автоматики активно внедряются сети интернета вещей. Многочисленные датчики управления и мониторинга состояния объектов железнодорожной инфраструктуры [1: 12], обеспечения безопасности подключаются по технологиям беспроводных сетей (например, LoRaWAN) к базовой станции (рис. 1), и создают плотный информационный поток. Параллельное функционирование разнородных сетевых инфраструктур приводит к их физическому и частотному наложению [2: 99].

Однако, в связи с большим и постоянно растущим количеством датчиков, работающих на ограниченном количестве радиочастотных каналов, неизбежно возникают взаимные влияния. Эти помехи проявляются в виде наложения передаваемых пакетов, повышения уровня шума и, как следствие, приводят к потере критически важной информации. Это проявляется в регулярных сбоях связи, необходимости постоянного перепланирования частотных ресурсов и трудностях при расширении сетевых мощностей, что создает серьезный вызов для надежности всей системы мониторинга.

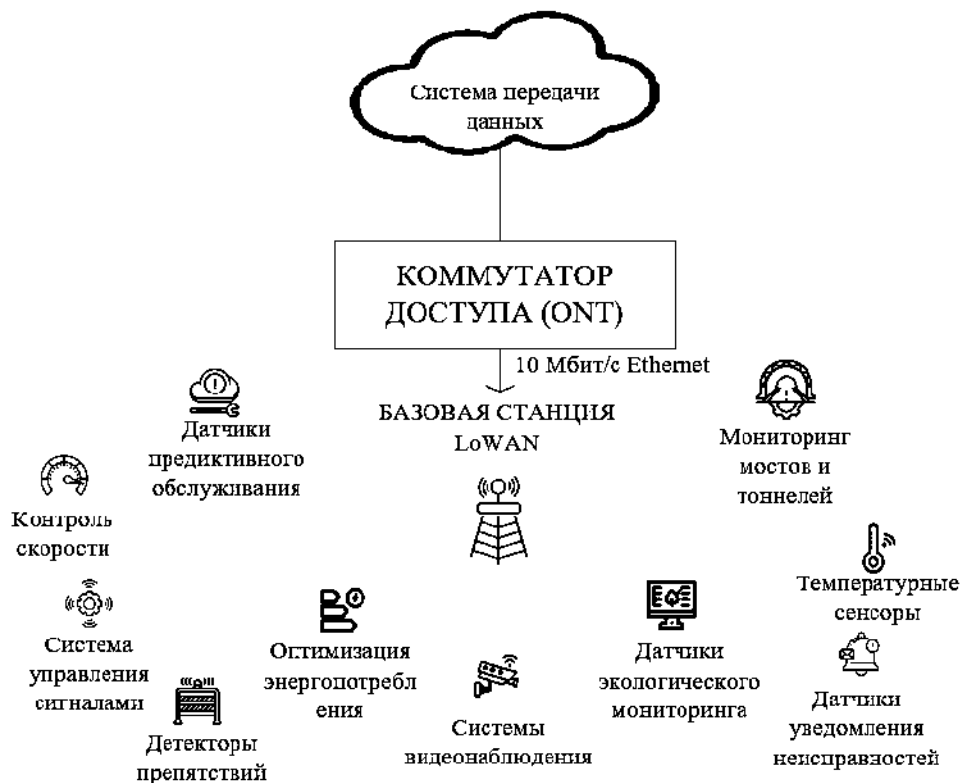


Рис. 6. Подключение датчиков по сети LoRAWAN на сигнальной точке перегона

Основные методы борьбы с наложением сетей.

1. Частотное планирование

В условиях железнодорожной инфраструктуры применяется комплексный подход к распределению частотных ресурсов. Для различных систем связи выделяются строго определенные частотные диапазоны, что позволяет минимизировать взаимные помехи. Особое внимание уделяется системам радиосвязи, где используется точное планирование рабочих частот с учетом территориального размещения объектов. Современные системы динамического распределения спектра позволяют автоматически адаптироваться к изменяющейся эфирной обстановке, переназначая частотные каналы в реальном времени. Дополнительную эффективность обеспечивает применение направленных антенн и технологий MIMO, которые позволяют пространственно разделять сигналы различных служб.

2. Сегментация сетевой инфраструктуры

Практика сегментации предполагает создание изолированных каналов передачи данных для различных систем. На физическом уровне это выражается в прокладке отдельных кабельных трасс для систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), служебной связи и коммерческих сервисов. В волоконно–оптических линиях применяется разделение по отдельным волокнам с организацией независимых каналов передачи. На логическом уровне широко используются технологии виртуальных сетей (VLAN), которые обеспечивают изоляцию трафика в рамках общей физической инфраструктуры. Для критически важных систем дополнительно организуются защищенные VPN–туннели с применением аппаратного шифрования данных.

3. Временное разделение доступа

Методы временного мультиплексирования находят применение в системах сбора данных с многочисленных датчиков и телеметрических устройств. Технология TDMA позволяет организовать циклический опрос датчиков, когда каждому устройству выделяются строго определенные временные интервалы для передачи информации. В системах управления движением поездов применяются протоколы детерминированной передачи данных, гарантирующие доставку команд в заданные моменты времени. Механизмы приоритизации трафика обеспечивают первоочередную передачу данных от систем безопасности и критических служб, что особенно важно в условиях ограниченной пропускной способности каналов связи.

4. Пространственное разделение

5. Стабильность работы технологической связи на железнодорожном транспорте обеспечивает безотказную работу инфраструктуры и системы обеспечения движения поездов в целом. Служебный характер переговоров, их конфиденциальность при организации движения поездов, эксплуатации объектов инфраструктуры вносят свои требования к организации сетей технологической связи. Например, сети оперативно-технологической и общетехнологической связи разделяют не только на физическом, но и на аппаратном уровне, устраняя тем самым, любую возможность утечки критически важной информации.

6. Физическое размещение оборудования связи осуществляется с учетом обеспечения электромагнитной совместимости. Антенные системы различных служб располагаются с соблюдением минимально допустимых расстояний, а их ориентация в пространстве рассчитывается для минимизации взаимного влияния.

7. Переход на волоконно–оптические технологии

Переход на современные волоконно–оптические технологии представляет собой стратегическое направление развития железнодорожной связи. Замена медных линий на оптоволоконные кабели позволяет принципиально решить проблему электромагнитных помех и наводок. Пассивные оптические сети обеспечивают передачу всех видов трафика в единой среде, исключая необходимость содержания множества параллельных кабельных систем. Технологии спектрального уплотнения (WDM) позволяют по одному волокну организовать десятки независимых оптических каналов, каждый из которых может быть выделен для конкретной службы или системы.

Среди рассмотренных методов именно переход на пассивные оптические сети предлагает комплексное решение проблемы сетевого наложения, что определяет ее выбор для детального изучения.

GPON (Gigabit-capable Passive Optical Network) - технология пассивных оптических сетей, которая обеспечивает высокоскоростную передачу данных через волоконно–оптические системы передачи. Согласно общему принципу построения по технологии (рис.2) сигнал формируется на стороне линейного терминала OLT (OLT – Optical Line Terminal). Далее по одному оптоволоконному кабелю сигнал передается к пассивному оптическому разветвителю – сплиттеру. Так по ответвлениям «дерева» сети ослабленный сигнал доходит до конечных абонентов, где устанавливаются оптические сетевые терминалы ONT (ONT – Optical Network Terminal) со встроенными демультиплексорами. Он принимает предназначенные ему данные, а для передачи в обратную сторону использует свой временной слот, чтобы его сигнал не столкнулся в общем волокне с сигналами от других абонентов [3:73]. Таким образом, одна линия от OLT за счет пассивных сплиттеров одновременно обслуживает множество клиентов, обеспечивая им высокоскоростной доступ в сеть.

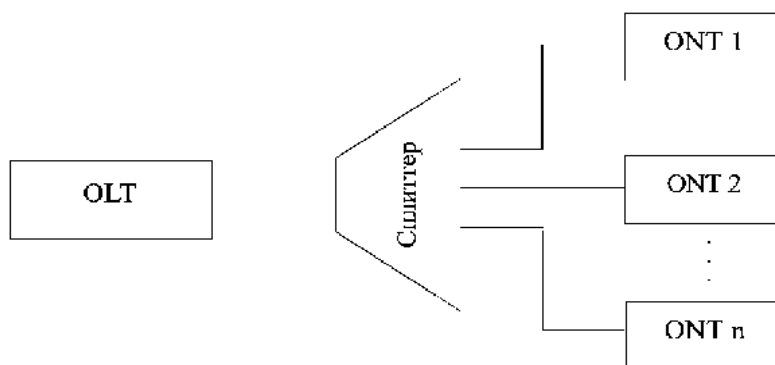


Рис. 7. Принцип построения сети GPON

Технология GPON применяется на железной дороге в сетях передачи данных для организации связи объектов инфраструктуры на перегоне к станционному оборудованию связи и железнодорожной автоматики [4: 121].

В отличие от методов частотного планирования, которые требуют постоянной корректировки и управления ограниченным спектральным ресурсом, GPON использует оптическую среду передачи, полностью свободную от электромагнитных помех. Это исключает необходимость сложного частотного зонирования и защиты от помех, характерных для радиоканалов и медных линий связи. По сравнению с методами сегментации, предполагающими создание и поддержание множества физических или логических каналов, GPON обеспечивает естественное разделение трафика за счет пассивных оптических разветвителей. Такая архитектура позволяет передавать данные тысяч абонентов и устройств по единому оптическому волокну без активного промежуточного оборудования. В то время как традиционные сегментированные сети требуют значительных капитальных вложений в создание параллельной инфраструктуры, GPON минимизирует количество кабельных линий и упрощает топологию сети. По сравнению с системами с временным разделением, где пропускная способность делится между всеми пользователями, GPON предоставляет каждому абоненту выделенную полосу пропускания. Это исключает ситуацию конкуренции за ресурсы и гарантирует стабильность работы критически важных приложений, таких как системы управления движением поездов или видеонаблюдения. Экономические преимущества GPON проявляются в значительном снижении эксплуатационных расходов. Пассивные оптические разветвители не требуют электропитания и технического обслуживания, а их срок службы превышает 25 лет. Масштабируемость сети позволяет подключать новых абонентов и устройства без замены основной инфраструктуры, что особенно важно при расширении систем IoT на железнодорожном транспорте.

Архитектура пассивной оптической сети коренным образом меняет принципы построения телекоммуникационной инфраструктуры. Отсутствие активного оборудования на участке от узла связи до абонента значительно повышает надежность и снижает эксплуатационные расходы. Оптические сплиттеры, не требующие электропитания и технического обслуживания, позволяют создавать разветвленные сети без риска возникновения электромагнитных помех и перекрестных наводок, характерных для медных кабельных систем. Особую ценность GPON представляет для условий железнодорожной инфраструктуры, где одновременно функционируют разнородные системы связи и автоматики [5: 28]. Технология обеспечивает гарантированную полосу пропускания для критически важных служб – систем управления движением, видеонаблюдения, оперативной связи, изолируя их трафик на логическом уровне, но передавая по единой физической среде. Это позволяет сохранить необходимый уровень безопасности и отказоустойчивости, устраняя при этом избыточность кабельного хозяйства.

Практическое приложение. Пример размещения аппаратуры с активными компонентами на железнодорожном перегоне между станциями А и Б представлен на рис. 3. Оборудование OLT формирует исходящий оптический широковещательный сигнал и принимает входящий от всех абонентов. Он является единственным активным элементом в магистральной части сети, что значительно повышает её надежность. Терминалы ONT выполняют ключевую роль конечных пунктов приема и передачи.

Масштабируемость GPON-сетей дает возможность постепенного наращивания инфраструктуры по мере увеличения количества подключенных устройств и внедрения новых сервисов. Добавление новых абонентов или IoT-датчиков осуществляется простым подключением к ближайшему оптическому разветвителю, без необходимости прокладки дополнительных кабельных линий до узла связи. Это особенно важно при расширении систем мониторинга и автоматизации на железнодорожных объектах.

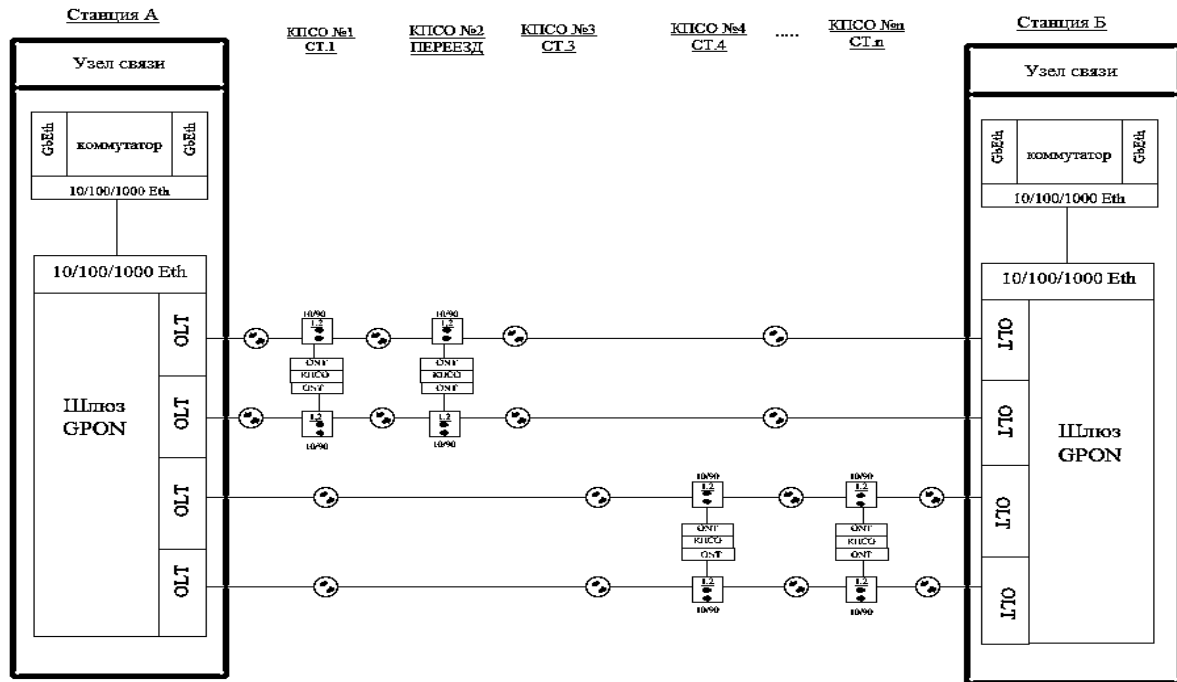


Рис. 8. Размещение аппаратуры на перегоне

Выводы. Технология GPON демонстрирует свою эффективность в решении проблемы наложения сетей на железнодорожном транспорте. Она позволяет консолидировать разнородные сервисы связи и системы мониторинга в единой оптической инфраструктуре, обеспечивая при этом высокую надежность передачи данных. Отсутствие электромагнитных помех и пассивная архитектура сети способствуют значительному снижению эксплуатационных расходов. Возможности масштабирования и поддержка перспективных сервисов делают эту технологию стратегическим решением для цифровой трансформации железнодорожной инфраструктуры. Развитие GPON может способствовать будущему развитию интеллектуальных транспортных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Евдокимова О. Г., Куценко С. М., Мешков Б. А. Применение технологии IoT для автоматизации диагностики состояния заземлителей // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 4. С. 10–13. DOI 10.34649/AT.2024.4.4.003. EDN FHMBAJ.
- 2 Хоанг Фьюк Ньян, Парамонов Александр Иванович Метод распределения мощности передачи в гетерогенных сетях Интернета вещей // Труды учебных заведений связи. 2025. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-raspredeleniya-moschnosti-peredachi-v-geterogennyh-setyah-interneta-veschey> (дата обращения: 05.10.2025).
- 3 Меккель А. М. Семейство технологий PON и проблемы резервирования // T-Comm. 2014. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/semeystvo-tehnologiy-pon-i-problemy-rezervirovaniya> (дата обращения: 05.10.2025).
- 4 Уснич И. А., Евдокимова О. Г. Анализ пассивных компонентов PON // СПбНТОРЭС: труды ежегодной НТК. 2022. № 1(77). С. 151–154. EDN BXUYIV.
- 5 Лапунов С. И., Блиндер И. Д., Ананьев Д. В., Левин Л. С. Системы доступа объектов на перегоне на основе пассивных оптических сетей // Автоматика, связь, информатика. 2020. № 4. С. 27–33. EDN VUUCOO.

СХЕМОТЕХНИКА ПРИЕМНИКА-ДЕШИФРАТОРА ПДК–М

К. В. Менакер

Забайкальский институт железнодорожного транспорта

Введение. Модернизированный приемник–дешифратор ПДК–М предназначен для приема кодовых сигналов в рельсовых цепях переменного тока, их дешифрации и управления сигнальными реле. В новой версии анализируемого прибора реализовано полное резервирование аппаратных и программных средств. Несмотря на большие перспективы применения приемника–дешифратора ПДК–М вопросы надежности и безопасности аппаратных и программных технических средств прибора в современной литературе освещены слабо, что затрудняет подготовку специалистов в области железнодорожной автоматики и телемеханики. Данная статья посвящена анализу принципиальной схемы ПДК–М, полученной в результате обратного инжиниринга.

Функциональная схема основного канала ПДК–М приведена на рис. 1.

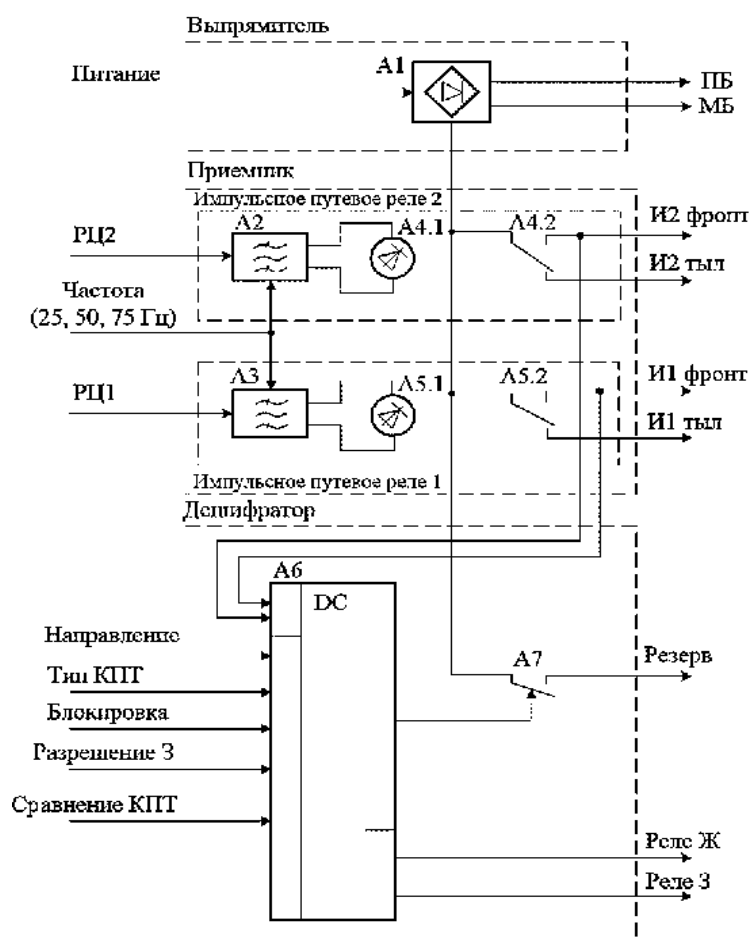


Рис. 1. Функциональная схема основного канала ПДК–М

Питание ПДК–М осуществляется от источника переменного напряжения от 13,5 до 18,5 В, частотой 50 Гц или 25 Гц. Выпрямитель и стабилизатор, смонтированный внутри устройства, осуществляет электропитания всех схем, служит источником тока для ретрансляции сигналов на импульсные реле И1, И2, а также имеет выходы ПБ, МБ для питания внешних нагрузок.

На ПДК–М поступают как аналоговые сигналы из рельсовых цепей РЦ1, РЦ2 так и дискретные сигналы, которые обеспечивают установку параметров устройства (указание направления движения поезда, тип кодового путевого транзистора, блокировка и т.д.). ПДК–М помимо ретрансляции сигналов с рельсовых цепей через контакты импульсных реле А4.1, А5.1 обеспечивает коммутацию сигнальных реле Ж и З.

Модернизированная версия приемника–дешифратора для повышения надежности реализована по двухканальному принципу. Все каналы управления и контроля ПДК–М продублированы. Резервные каналы находятся в горячем ненагруженном резерве.

Принципиальная схема управления сигнальными реле Ж и З устройства ПДК–М представлена на рис. 2. Данная схема представляет научный интерес. При схемотехническом построении каналов управления реле Ж и З использован принцип аппаратной и программной диверсификации. Основные и резервные блоки управления реле Ж и З построены на основе мостовой транзисторной схемы и безопасного трансформаторного декодера [1, 2]. Коммутация тока в первичной обмотке трансформатора Т в каждый момент времени осуществляется одновременным попарным открытием транзисторов VT1, VT4 или VT2, VT3. Импульсный ток, наводимый на вторичной обмотке трансформатора Т выпрямляется диодным мостом VD1 и подается через разделительный диод VD4 на обмотку реле. Наличие трансформатора в составе декодера обеспечивает исключение опасного отказа схемы, связанного со сквозным пробитием транзисторных ключей и появлением ложного сигнала на обмотке реле. При сквозном пробитии транзисторов через первичную обмотку трансформатора будет наблюдаться протекание постоянного тока. Работа классического трансформатора невозможна на постоянном токе по закону электромагнитной индукции. Следовательно, наводимое на выходной обмотке напряжение будет стремиться к нулю и приведет к обесточиванию нагрузки.

Особенностью анализируемой схемы, является управления транзисторными ключами в диагоналях мостового инвертора от двух независимых управляющих устройств (УУ) DD. Так при организации основного канала управления реле Ж (рис. 2) одновременное открытие транзисторов VT1.1 и VT4.1 осуществляется от двух независимых управляющих устройств DD2 и DD1 соответственно, а транзисторов VT2.1 и VT3.1 от управляющих устройств DD1 и DD2. Подобный способ диверсификации обеспечивает высокую надежность аппаратных и программных средств управляющих устройств и элементов декодера. Если одно из УУ неисправно, то соответствующий транзистор в диагонали моста не откроется, ток не пройдет через первичную обмотку трансформатора Т, соответствующее реле Ж или З обесточится. Если произойдет отказ типа обрыв одного из транзисторов, то аналогичным образом произойдет обесточивание реле.

Также необходимо отметить, что для повышения надежности устройства ПДК–М каждый из каналов управления реле Ж и З продублирован. Горячее резервирование позволяет без перерыва в работе ПДК–М обеспечить нормальную работу сигнальных реле. При этом резервные каналы подключены к сигнальным реле одновременно с основными каналами через разделительные диоды VD5 и VD4 соответственно.

Дополнительный контроль наличия (отсутствия) напряжения на обмотках реле организован управляющими устройства по цепям обратной связи через оптопары V1. В случае наличия управляющих сигналов и отсутствие сигналов контроля ПДК–М уходит в защитный отказ.

Схема управления трансмиттерными реле ТШ1, ТШ2 ПДК–М, представленная на рис. 3, выполнена аналогично схеме управления реле Ж и З. Отличительной особенностью схемы является использование трансформаторов с двумя выходными обмотка для одновременного управления реле ТШ1 и ТШ2 одного направления.

Небольшой интерес в составе устройства ПДК–М представляет также схема приема кодовых сигналов, представленная на рис. 4. Входные цепи защищены от перенапряжения варисторами RU1 и RU3, от высших гармоник LC фильтрами L1C1 и L2C2 соответственно. Вторая линия защиты от перенапряжения представлена защитными двунаправленными диодами VD1, VD2. Трансформаторы T1 и T2 обеспечивают полную гальваническую развязку входных цепей с микропроцессорными устройствами. Особенностью схемы является анализ входных сигналов одновременно четырьмя микроконтроллерами.

Приведенная в статье информация может быть полезной при изучении принципов безопасного построения бесконтактных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики преподавателям и слушателям образовательных организаций, курсов повышения квалификации и переподготовки.

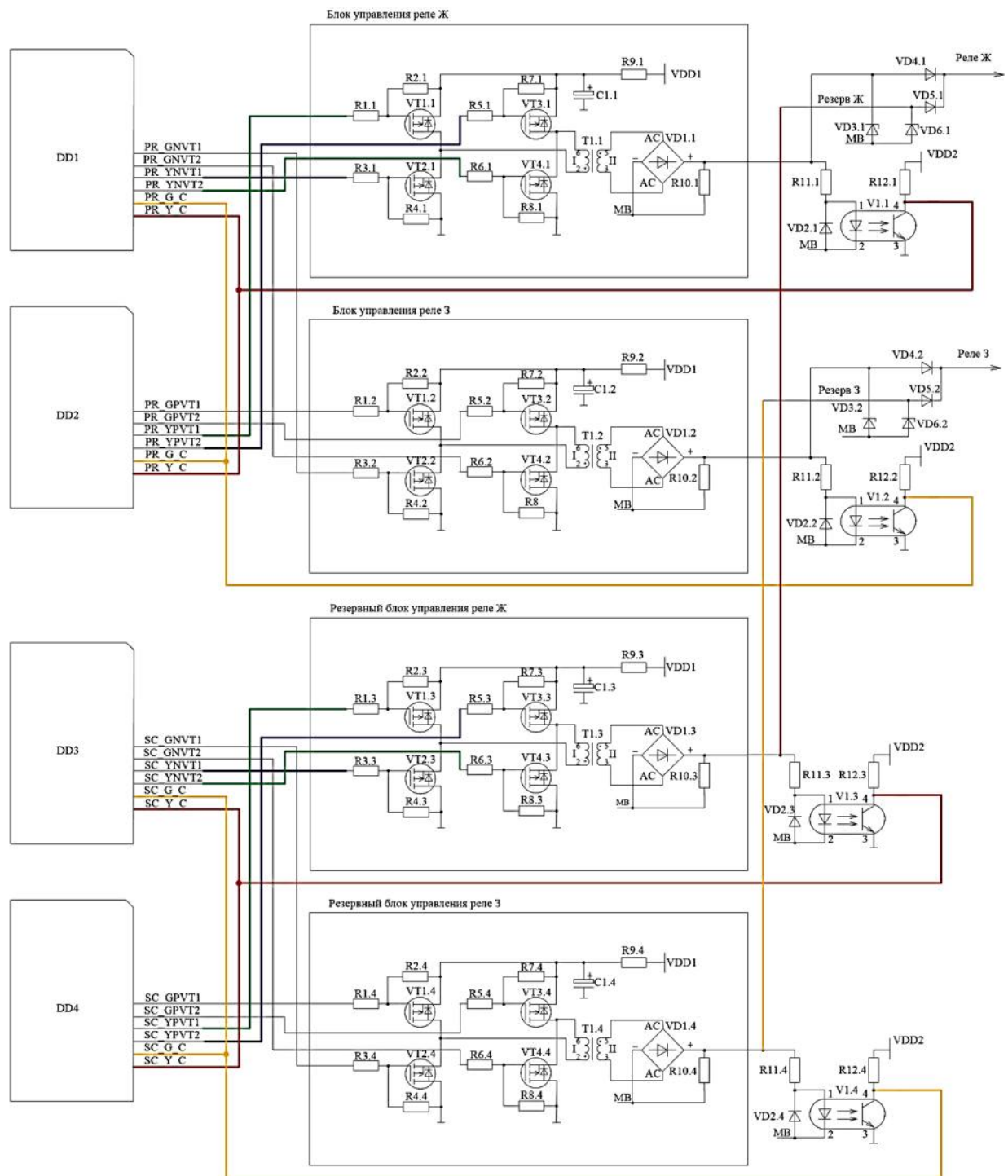


Рис. 2. Принципиальная схема управления сигнальными реле Ж и 3 ПДК-М

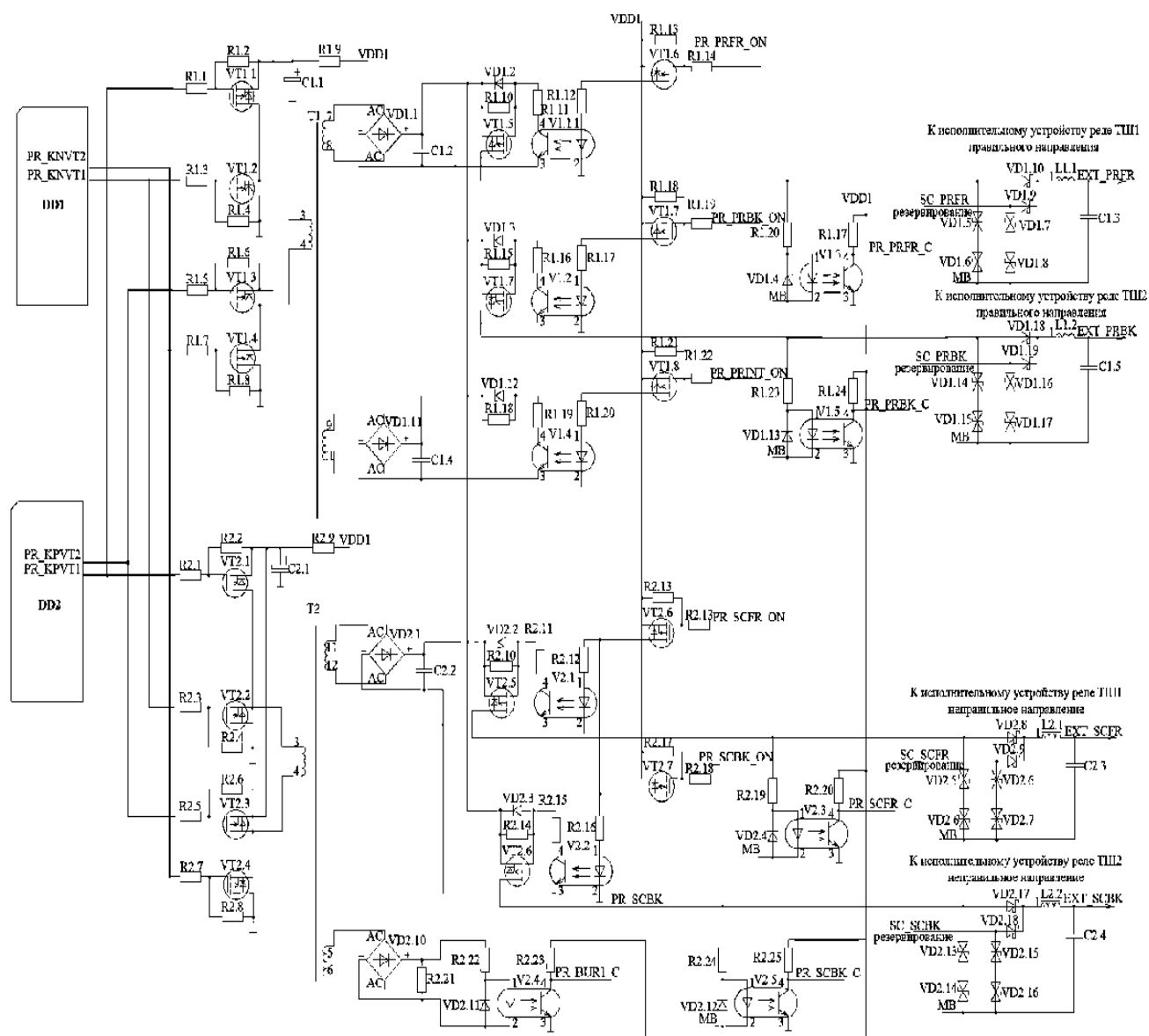


Рис. 3. Принципиальная схема основного канала управления транзиттерными реле ТШ1, ТШ2 ПДК–М

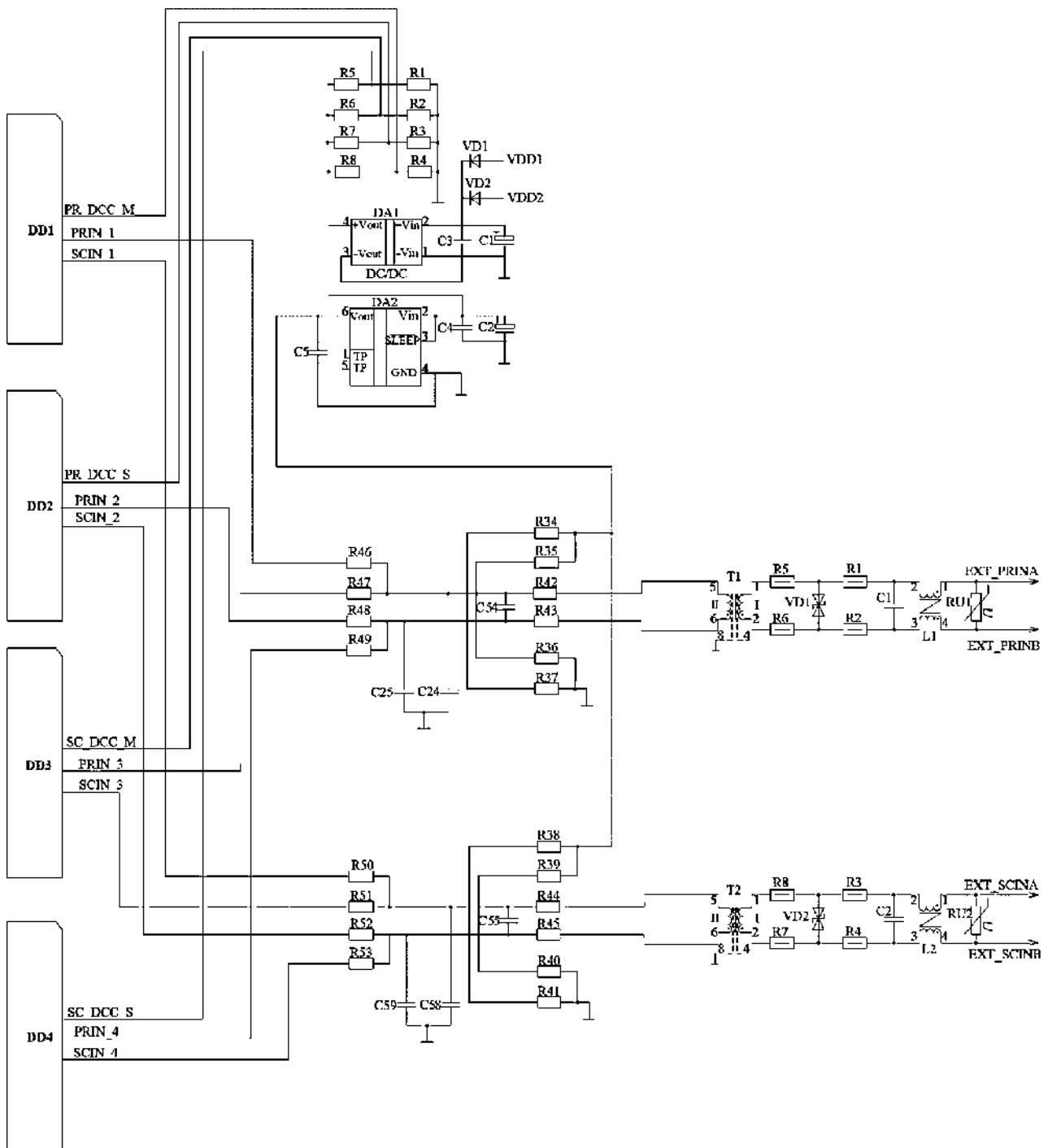


Рис. 4. Принципиальная схема анализа кодовых сигналов из рельсовых цепей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Сенотрусов А. Н., Менакер К. В., Ваулин В. И. Исследование безопасной схемы сопряжения с конденсаторной гальванической развязкой // Образование – наука – производство : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 20 декабря 2019 года. Том 1. Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского университета путей сообщения», 2019. С. 226–231. EDN XPZZZO.
- 2 Менакер, К. В. Исследование и создание схем сопряжения микропроцессорных систем железнодорожной автоматики с релейными устройствами / К. В. Менакер, Н. В. Тихенко // 115 лет железнодорожному образованию в Забайкалье: образование – наука – производство : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 07–08 декабря 2017 года. Том 1. Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2017. С. 234–240. EDN BFNGDR.

АНАЛИЗ ДАТЧИКОВ ТОКА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛИРУЮЩИХ СТЫКОВ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

В. А. Надежкин, И. С. Бредун

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Вопрос надежности устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ) не теряет своей значимости, поскольку их устойчивое функционирование является стратегическим приоритетом для всей отрасли. Существенным препятствием в локализации и анализе отказов служит недостаточный уровень технической оснащенности, выраженный в отсутствии систем автоматизированной диагностики. Функциональная целостность рельсовых линии (РЛ) в значительной степени зависит от исправности изолирующих стыков, обеспечивающих их электрическую независимость. Нарушения в работе стыков преимущественно связаны с деградацией изоляционных свойств, что вызывается комплексом факторов: от механического повреждения торцевой изоляции при тепловом сгоне рельсов до износа таких элементов, как боковая фибра, втулки и шайбы.

В этой связи, системы мониторинга и диагностики становятся центральным элементом в выявлении предотказных состояний инфраструктуры ЖАТ. Стратегическим решением для повышения эксплуатационной надежности и долговечности изолирующих стыков (ИС) является создание устройства, реализующего принцип непрерывного контроля их сопротивления [1]. Ключевым элементом такой системы применительно к диагностике ИС является выбор надежного и точного метода измерения и соответствующих датчиков, позволяющих непрерывно контролировать состояние стыков в реальном времени.

Материалы и методы. Анализ возможных методов контроля показал, что непосредственное измерение сопротивления ИС в процессе эксплуатации затруднено. Наиболее перспективным является косвенный метод, основанный на зависимости между сопротивлением ИС и током, протекающим по междроссельной перемычке, соединяющей средние точки основных обмоток дроссель–трансформаторов (ДТ), установленных по обе стороны от изолирующего стыка [2, 3], а также на концах рельс в зоне ИС. При исправном состоянии ИС (сопротивление > 50 Ом) ток в междроссельной перемычке и на концах рельс в зоне ИС стремится к нулю. При снижении сопротивления изоляции одного или обоих стыков возникает сигнальный ток, величина которого обратно пропорциональна сопротивлению ИС. Таким образом, токи на концах рельс и в междроссельной перемычке являются первичными информативными диагностическими признаками.

Разрабатываемое устройство диагностики должно функционировать в условиях сильных электромагнитных помех, вибраций и широкого диапазона температур. Это накладывает строгие требования к датчику тока:

1. Датчик должен быть чувствителен только к сигнальному току рельсовой цепи (25 Гц или 50 Гц) и эффективно подавлять помехи, в том числе тягового тока.
2. Ток может изменяться от долей миллиампера (при исправных стыках) до нескольких ампер (при пробое изоляции). Для диагностики критичен диапазон, соответствующий сопротивлениям ИС от 50 Ом (предотказное состояние) до 1 Ом и менее (отказ). В этом диапазоне ток изменяется от примерно 30 мА до 2.5 А [4].
3. Датчик должен формировать выходной сигнал, достаточный для последующей обработки. Исследования показывают, что индуктивный датчик на основе селективного преобразователя А9–1 способен формировать ЭДС в диапазоне от 50 мВ ($R_{ст}=50$ Ом) до 4.7 В (при $R_{ст}=1$ Ом), что соответствует требованиям к аналоговым сигналам в промышленной автоматизации [5].
4. Конструкция датчика и способ его подключения должны обеспечивать защиту от внешних электромагнитных воздействий, атмосферных перенапряжений и механических повреждений. Наиболее подходящими для данной задачи являются бесконтактные датчики тока, такие как:
 - индуктивные датчики, позволяющие измерять переменный ток без разрыва цепи;
 - датчики на основе эффекта Холла, которые обеспечивают измерение как переменного, так и постоянного тока, обладают высокой точностью и быстродействием. Их применение может быть целесообразно для более сложных методов анализа.

Хотя выше и указано, что датчики на основе эффекта Холла являются перспективными для нашей задачи (из-за возможности измерять постоянный и переменный ток с высокой точностью), их ключевой конструктивный принцип, требующий размещения вокруг проводника тока создает непре-

одолимое препятствие для стационарной установки на рельсы. Таким образом, основное ограничение для применения датчиков Холла – это противоречие между их конструктивным требованием и физической невозможностью выполнить это требование на цельном, стационарно закрепленном рельсе, несмотря на все их потенциальные преимущества.

На основе приведенных требований и проведенного выше анализа в качестве первичного преобразователя предложены: индуктивный датчик с открытой магнитной системой, аналогичный применяемому в селективном преобразователе тока А9–1 [6] и индуктивный датчик, аналогичный применяемому в индикаторе тока рельсовых цепей ИТРЦ–М [7].

Для более подробного сравнения на рисунке результаты исследований представлены графически: зависимость тока протекающего через стык от сопротивления одного из стыков замеренные на полигоне железной дороги с помощью датчика применяемого в ИТРЦ–М, зависимость тока протекающего через стык от сопротивления одного из стыков замеренные на полигоне железной дороги с помощью датчика применяемого в А9–1, зависимость тока протекающего через стык от сопротивления одного из стыков созданные на математической модели.

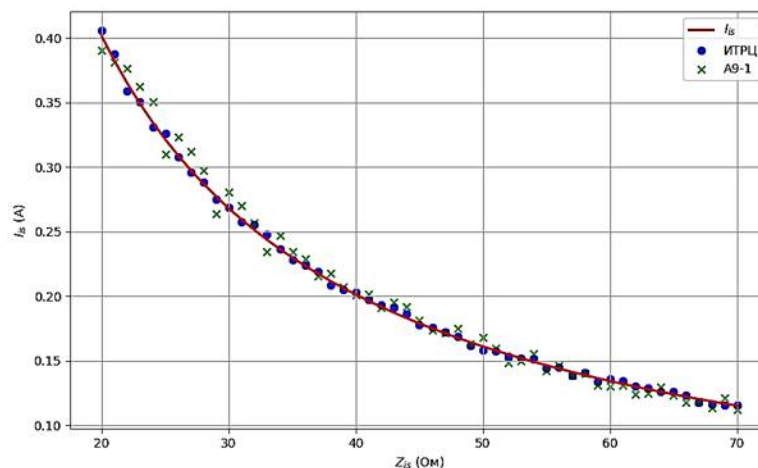


Рис. График экспериментальных исследований

Качественная оценка точности обоих датчиков, полученная в ходе натурных экспериментов и верифицированная математической моделью, однозначно свидетельствует в пользу датчика, аналогичного применяемому в ИТРЦ–М. Анализ метрик ошибки показывает его существенное преимущество: значение среднеквадратичной ошибки (MSE) для ИТРЦ–М составляет 5.856287×10^{-6} , что на порядок ниже, чем у датчика аналогичного А9–1 (5.317875×10^{-5}). Это указывает на значительно меньший разброс ошибок прогноза и более высокую точность измерений. Коэффициент детерминации R^2 , равный 0.999012 для ИТРЦ–М, демонстрирует почти идеальную линейную зависимость между измеренным током и данными математической модели, в то время как $R^2 = 0.991030$ для А9–1. Наиболее наглядным для оценки точности в процентном выражении является показатель MAPE (средняя абсолютная процентная ошибка). Для ИТРЦ–М он составляет около 1.02 %, что подтверждает исключительную адекватность датчика в рабочем диапазоне, тогда как для А9–1 ошибка возрастает до 2.76 %.

Выводы. Применение датчиков тока для диагностики и мониторинга изолирующих стыков рельсовых цепей является научно обоснованным и технически реализуемым подходом. Обобщение методов измерения позволяет сформулировать универсальные требования к первичным преобразователям информации. Вне зависимости от выбранного метода контроля – через стык или через междроссельную перемычку – использование современных бесконтактных датчиков тока с высокими метрологическими и эксплуатационными характеристиками является основой для создания эффективных систем предиктивной аналитики.

В качестве датчика тока рекомендован индуктивный преобразователь, аналогичный используемому в приборе ИТРЦ–М, обладающий необходимой чувствительностью, селективностью и способный работать в жестких условиях эксплуатации. Применение дифференциальной схемы включения датчика, экранированного кабеля и полосовой фильтрации сигнала обеспечивает требуемую помехозащищенность измерительного канала.

Разработанное с использованием предложенных датчиков устройство позволяет автоматически и непрерывно диагностировать предотказные и отказные состояния изолирующих стыков, определяя их сопротивление в диапазоне от 50 Ом до 1 Ом, и интегрироваться в существующие системы СТДМ, что способствует повышению безопасности движения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Разработка математической модели изолирующих стыков в комплексе с дроссель-трансформаторами / Е. М. Тарасов, С. А. Вельмин, В. А. Надежкин, А. Е. Тарасова // Наука и образование транспорту. 2021. № 1. С. 316–320. EDN DPZVHC.
- 2 Надежкин В. А., Тарасов Е. М., Бредун И. С. Экспериментальное исследование зависимости сигнального тока в междроссельной перемычке от сопротивления изолирующих стыков // Наука и образование транспорту. 2023. № 1. С. 225–227. EDN AZSYPK.
- 3 Перникис Б. Д., Ягудин Р. Ш. Предупреждение и устранение неисправностей в устройствах СЦБ. 2-е изд., перераб. И доп. М.: Транспорт, 1994. 254 с.
- 4 Диагностика изолирующих стыков на основе оценки предотказных состояний / Е. М. Тарасов [и др.] // Автоматика, связь, информатика. 2025. № 6. С. 2–4. DOI 10.62994/AT.2025.6.6.001. EDN UHCQR.
- 5 ГОСТ Р 51841–2001. Программируемые контроллеры. Общие технические требования и методы испытаний. Введ. 2003–01–01. Москва : Стандартинформ, 2003. 27 с.
- 6 Преобразователь тока А9–1. Технические условия [Текст]: КМСИ.411521.001 ТУ; введ. 18.01.0.
- 7 Индикатор тока рельсовых цепей ИТРЦ–М. Технические условия [Текст]: 468261.001 ТУ.

УДК 656.259:330.3

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ДИСТАНЦИЯХ СЦБ

В. Е. Павлович, Л. А. Чудаков

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Эффективность управления производственно–техническими системами, в том числе дистанциями сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), во многом определяется качеством принимаемых управленческих решений. В современных условиях повышенной динамики внешней среды, цифровизации производственных процессов и усложнения организационных структур возрастает потребность в формализации процессов выработки решений и разработке научно обоснованных методик управления.

Процесс принятия управленческих решений представляет собой комплекс взаимосвязанных действий, направленных на анализ проблемных ситуаций, выработку альтернатив, их оценку и выбор оптимального варианта с учётом технических, экономических и организационных факторов. Чёткая структуризация этого процесса позволяет повысить эффективность функционирования предприятия, снизить влияние субъективных факторов и обеспечить рациональное использование ресурсов. Особую значимость такие подходы приобретают в дистанциях СЦБ, где управленческие решения напрямую связаны с обеспечением безопасности движения поездов, надёжностью технических средств и экономической устойчивостью подразделений. В этих условиях требуется использование как интуитивных, так и формализованных методов анализа, основанных на современных информационно–аналитических и вычислительных технологиях.

С технологической точки зрения процесс принятия решений в дистанции СЦБ представляет собой комплекс взаимосвязанных этапов и процедур, объединённых прямыми и обратными связями. Наличие обратных связей подчёркивает итеративный характер управленческого цикла: результаты последующих этапов могут вызывать необходимость корректировки исходных данных, уточнения параметров или пересмотра выбранных альтернатив с целью достижения наилучшего технико–экономического эффекта [1, 2].

С информационно–аналитической точки зрения процесс принятия управленческих решений представляет собой процедуру постепенного снижения неопределённости, возникающей при функционировании дистанции СЦБ. На первом этапе формулировка проблемной ситуации определяется суть возникающей проблемы [3]. Дальнейшие процедуры уточняют формулировку, с учетом необходимости понимания, какие действия необходимо предпринять для достижения оптимального результата при наименьших затратах [4].

Таким образом, процесс принятия решений можно рассматривать как информационно–экономическую трансформацию неопределённости в осознанное действие, направленное на обеспечение устойчивости и эффективности работы дистанции СЦБ.

Процедуры принятия решений могут выполняться в двух взаимодополняющих формах:

1. Творчески и неформально, т.е. на основе опыта, экспертных оценок, интуиции и анализа ситуации.

2. Формально и алгоритмически: с применением современных математических методов, моделей, средств вычислительной техники и цифровых платформ управления, используемых в инфраструктуре дистанции СЦБ [5, 6].

В современной литературе по теории управления отмечается, что процесс принятия решений может включать от трёх до семи процедур, в зависимости от уровня сложности задачи, характера объекта и степени неопределённости среды. В условиях функционирования дистанций СЦБ, где проблемные ситуации часто имеют многокомпонентный характер и требуют комплексной оценки, процесс принятия управленческих решений целесообразно рассматривать как поэтапную систему действий, включающую шесть этапов: формулировка проблемной ситуации, организация подготовки и принятия решения, постановка целей и задач, формирование альтернатив, оценка альтернатив, выбор окончательной альтернативы.

Диаграмма представлена на рис.

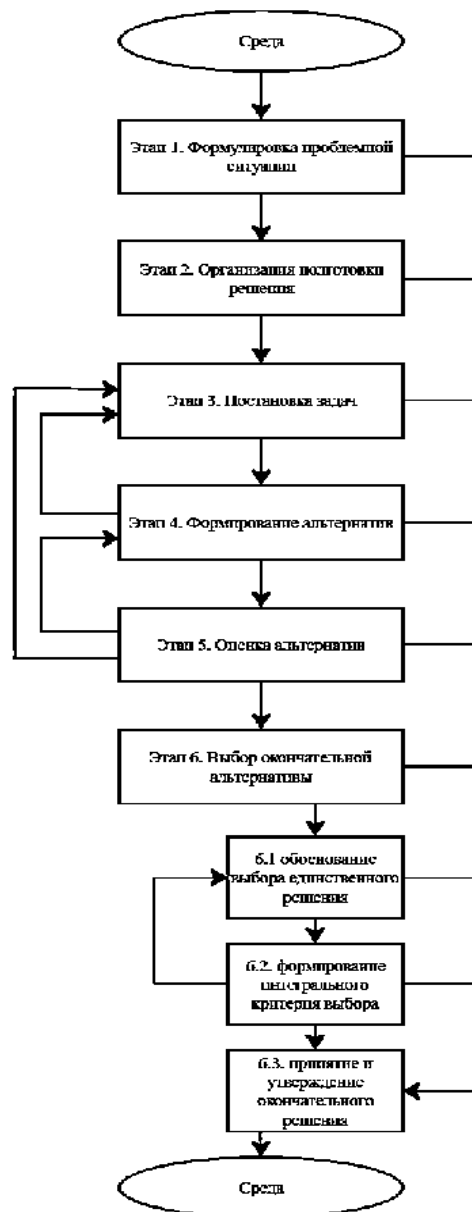


Рис. Процесс разработки и принятия управленческих решений

Следует отметить, что представленная схема отражает обобщённую логическую модель процесса принятия управленческих решений. В реальных условиях функционирования дистанции СЦБ этот процесс значительно сложнее и отличается динамическим и адаптивным характером. Процедуры принятия решений не всегда выполняются строго последовательно, они могут пересекаться, выполняться параллельно или требовать возврата к предыдущим этапам для корректировки данных, анализа дополнительных факторов или уточнения исходных условий.

Такая итеративность и гибкость обеспечивают возможность оперативного реагирования на новые обстоятельства, возникающие при изменении производственных, организационных или эконо-

мических условий деятельности дистанции СЦБ. В то же время это отражает современные тенденции адаптивного менеджмента, где важную роль играют принципы цифровизации, экономической эффективности и непрерывного совершенствования процессов управления.

На первом этапе осуществляется идентификация проблемы, то есть установление факта её возникновения. В условиях дистанции СЦБ проблемой может считаться несоответствие фактического состояния системы (например, уровня технической надёжности, времени срабатывания устройств, объёма эксплуатационных затрат) желаемому целевому уровню. Проблема также возникает, если прогнозируемое развитие ситуации показывает, что в текущем режиме функционирования не будут достигнуты стратегические цели, либо если требуется изменение приоритетов экономической или технической политики предприятия.

На следующем этапе анализируется степень новизны проблемы: наличие аналогов, типовых решений или априорной информации. Исследуются причины возникновения и выявляются ключевые факторы, влияющие на достижение целевых показателей (например, надёжности, безопасности движения, энергоэффективности или финансовой устойчивости). Особое значение имеет идентификация взаимосвязей между различными проблемами, например, связь технических отказов с экономией на профилактике или перегрузкой персонала. Это позволяет сформировать причинно-следственные цепочки, провести классификацию проблем по степени влияния и определить точки максимального управленческого воздействия.

После установления и анализа проблемной ситуации выполняется оценка её разрешимости. Этот этап играет ключевую роль, поскольку именно здесь принимается решение – возможна ли разработка эффективного управленческого решения или проблема носит нерешаемый характер при текущих ограничениях ресурсов, времени и условий функционирования дистанции СЦБ. Если анализ показывает, что ситуация разрешима, производится уточнение и корректировка её описания, пересматриваются исходные данные, а процесс разработки решения продолжается. В противном случае, если проблема признана неразрешимой или экономически нецелесообразной к решению, дальнейшая работа останавливается, чтобы исключить нерациональные затраты времени, труда и финансовых ресурсов. Такой подход соответствует принципам экономической эффективности управления.

Следующим шагом является организация комплекса мероприятий, направленных на подготовку и принятие управленческого решения. В первую очередь определяется центр ответственности, т.е. субъект, принимающий решение (СПР). В организациях с простой управленческой структурой определение СПР обычно не вызывает трудностей. Однако в дистанциях СЦБ, как и в других многоуровневых структурах железнодорожного транспорта, процесс может быть связан с избыточными административными и временными затратами [2]. Это объясняется иерархической природой таких систем, т.к. передача информации снизу вверх и обратно сверху вниз приводит к замедлению принятия решений, росту издержек и риску потери актуальности данных. Современные подходы к управлению предполагают сокращение подобных неэффективностей за счёт внедрения распознающих систем и интеллектуальных технологий поддержки решений, позволяющих автоматически идентифицировать круг ответственных лиц и распределять управленческие функции между уровнями управления.

После организации подготовки решения производится постановка задач. На данном этапе осуществляется структурирование проблемной ситуации через формирование целей, критериев и ограничений. Задача формулируется в виде совокупности целей A_k ($k = 1, \dots, n$), критериев K_i ($i = 1, \dots, l$) и ограничений B_r ($r = 1, \dots, g$), которые должны быть учтены при разработке и реализации решения. Цели задают желаемые результаты – технические, организационные или экономические. В контексте дистанции СЦБ это может быть повышение надёжности устройств, сокращение времени устранения отказов, снижение эксплуатационных расходов, улучшение энергоэффективности или обеспечение устойчивого графика движения поездов. Цели конкретизируются и увязываются с общей стратегией развития дистанции и региональной дирекции инфраструктуры. Таким образом обеспечивается иерархическая согласованность управленческих решений, формируется общая постановка задачи разработки и принятия решения. Далее выделяются частные задачи, направленные на устранение отдельных аспектов выявленной проблемы. Каждая задача получает конкретного исполнителя и сроки реализации. Это обеспечивает чёткое распределение обязанностей, последовательность действий и управляемость процесса.

Далее производится формирование множества возможных решений. На этом этапе создаётся набор альтернатив, которые могут быть использованы для устранения проблемной ситуации. Разработка альтернатив выполняется на основе анализа данных, профессионального опыта и экспертных суждений, а также с применением методов экспериментального и имитационного моделирования. При этом рассматриваются решения разного характера, включая организационные, технические, технологические и экономические. В зависимости от характера проблемы и степени её сложности раз-

личают стандартные и нестандартные решения. Стандартные решения используются при типичных ситуациях, когда накоплен достаточный опыт и имеются готовые регламенты действий. Нестандартные решения применяются в сложных и уникальных случаях, которые требуют оригинального подхода, внедрения инноваций и расчёта возможных экономических последствий.

После определения типа решений осуществляется непосредственная разработка альтернатив. Для полноты анализа формируются два крайних варианта – максимально благоприятный и наименее предпочтительный. Эти варианты определяют границы диапазона возможных решений, внутри которого затем выявляются промежуточные, более реалистичные варианты. В идеальном случае необходимо рассмотреть все возможные способы устранения причин возникновения проблемы. Такой подход обеспечивает достижение поставленных целей с наименьшими затратами и минимальными рисками. На практике же множественные ограничения, связанные с нехваткой времени, ресурсов и кадров, а также различным уровнем квалификации специалистов, часто не позволяют рассмотреть все возможные варианты. В таких условиях анализ ограничивается выбором наиболее перспективных и реалистичных альтернатив.

После завершения этапа генерации альтернатив необходимо провести их всестороннюю оценку. Сначала выполняется качественный анализ, включающий описание ожидаемых преимуществ и недостатков каждого предложенного решения. При этом учитываются степень достижения поставленных целей, соответствие ограничениям, реализуемость и прогнозируемые последствия принятия каждого варианта. Такой подход позволяет сформировать первоначальное представление о сравнительной ценности альтернатив. Далее проводится обоснование технико-экономической целесообразности решений. Для каждого варианта определяются виды и объёмы ресурсов, необходимых для его реализации, оценивается ожидаемый экономический эффект, степень влияния на показатели устойчивого развития дистанции СЦБ, а также вероятность достижения запланированных результатов.

Завершающим этапом процесса принятия решений является выбор окончательной альтернативы. Поскольку каждая из рассмотренных альтернатив обладает как положительными, так и отрицательными сторонами, их прямое сопоставление часто оказывается невозможным. Поэтому выбор выполняется на основе интегрального критерия, который позволяет согласовать противоречивые частные критерии. На практике почти все управленческие решения требуют нахождения компромисса между различными параметрами, что особенно актуально для сложных и многокритериальных задач управления дистанцией СЦБ.

Таким образом, эффективность работы дистанций СЦБ во многом зависит от качества управленческих решений. Формализованный и поэтапный подход к их принятию позволяет повысить обоснованность действий, снизить влияние субъективных факторов и обеспечить рациональное использование ресурсов, что способствует устойчивому и безопасному функционированию системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бельман Д. А., Мольц В. С. Система диагностики и мониторинга, автоматизация диагностирования и контроля устройств сигнализации, централизации и блокировки (АДК–СЦБ), учебный тренажерный комплекс // Энергетика, управление и автоматизация: инновационные решения проблем : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции обучающихся и преподавателей. Санкт-Петербург, 2023. С. 285–292. EDN JFATXF.
- 2 Негодяева К. В. Система статистического анализа показателей надежности и прескриптивного управления процессами хозяйства автоматики и телемеханики (АС АНПШ) // Современные технологии обеспечения безопасности на железнодорожном транспорте : Сборник статей IV международной конференции. Воронеж, 20 мая 2022 года. Воронеж, 2022. С. 39–41. EDN RQDJWP.
- 3 Сорокин А. Б., Железняк Л. М., Супруненко Д. В. Проектирование вероятностных моделей на основе ситуационного анализа // Научно-технический вестник Поволжья. 2021. № 1. С. 54–56. EDN ROUFRL.
- 4 Вершинина О. В., Москвитин Г. И. Особенности принятия решений на основе ситуационного подхода // Вестник Московского гуманитарно-экономического института. 2021. № 2. С. 51–60. DOI 10.37691/2311–5351–2021–0–2–51–60. EDN UMKHOA.
- 5 Зацаринный А. А., Сучков А. П. Системотехнические подходы к созданию системы поддержки принятия решений на основе ситуационного анализа // Информатика и ее применения. 2016. Т. 10, № 4. С. 105–113. DOI 10.14357/19922264160411. EDN XGSIVD.
- 6 Шерстюков О. С. Автоматизированные комплексы задач учёта и анализа отказов устройств ЖАТ // Транспорт: наука, образование, производство: труды международной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. С. 282–287. EDN KLQBEG.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ К ВНЕШНИМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

В. В. Полянов

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. Надежность работы цифровых и автоматизированных систем управления на железнодорожном транспорте зависит от устойчивости электронных модулей к электромагнитным воздействиям. Актуальность работы обусловлена необходимостью обеспечения электромагнитной совместимости (ЭМС) чувствительной аппаратуры в условиях воздействия полей от контактной сети и силовых фидеров в широком частотном спектре (0,8 – 10 кГц). Цель работы – прикладная оценка влияния сопротивления заземления экрана кабеля на уровень наведенного напряжения в цепях питания оборудования.

Методы решения задачи. Для анализа использована квазистационарная модель, учитывающая магнитное влияние контактной сети (КС) на экранированную кабельную линию. Модель включает жилу (Ж), экран (Э) и влияющую линию (КС) на участке длиной L . Экран заземлен по концам через сопротивление R_3 . Математическая модель описывается системой дифференциальных уравнений, решаемых в частотной области:

$$\begin{cases} -\frac{dU_K}{dx} = (R_K + j\omega L_K) \cdot I_K + \sum_{i=1}^n I_i \cdot j\omega M_{iK} - j\omega M_{K-кк} \cdot I_{кк} \cdot e^{-\gamma x} \\ -\frac{dI_K}{dx} = (G_K + j\omega C_K) \cdot U_K + \sum_{i=1}^n (G_{iK} + j\omega C_{iK})(U_i - U_K), \end{cases} \quad (1)$$

где R_K, L_K, G_K, C_K – собственные параметры k -го провода;

M_{iK}, G_{iK}, C_{iK} – взаимные параметры между i -м и k -м проводами системы, рассчитанные в спектре частот;

$M_{K-кк}$ – взаимная индуктивность между k -м проводом и влияющей линией;

U_K, I_K, U_i, I_i – токи и напряжения в i -м и k -м проводах системы;

$I_{вл}$ – ток влияющей линии.

Наведенное напряжение в жиле определяется как функция частоты ω и сопротивления заземления R_3 [1, 2]:

$$U_{ж}(\omega, R_3) = j\omega I_{кк}(M_{кк-ж}) - j\omega(M_{э-ж}) \cdot j\omega I_{кк}(M_{кк-э}) / (R_3 + R_э + j\omega L_э), \quad (2)$$

где $I_{кк}$ – ток в контактной сети;

$M_{кк-ж}, M_{вл-э}, M_{э-ж}$ – взаимные индуктивности;

$R_э, L_э$ – активное сопротивление и индуктивность экрана.

Анализ полученных результатов. Расчеты выявили пороговый характер зависимости наведенного напряжения от R_3 (Рис.), которые показывают снижение эффективности экранирования с ростом частоты. В килогерцевой полосе (1–10 кГц) индуктивная составляющая импеданса ($j\omega L_э$) цепи «экран–земля» ограничивает ток экрана, что приводит к росту $U_{ж}$. При $R_3 = 10$ Ом и частоте 10 кГц эффективность экранирования минимальна.

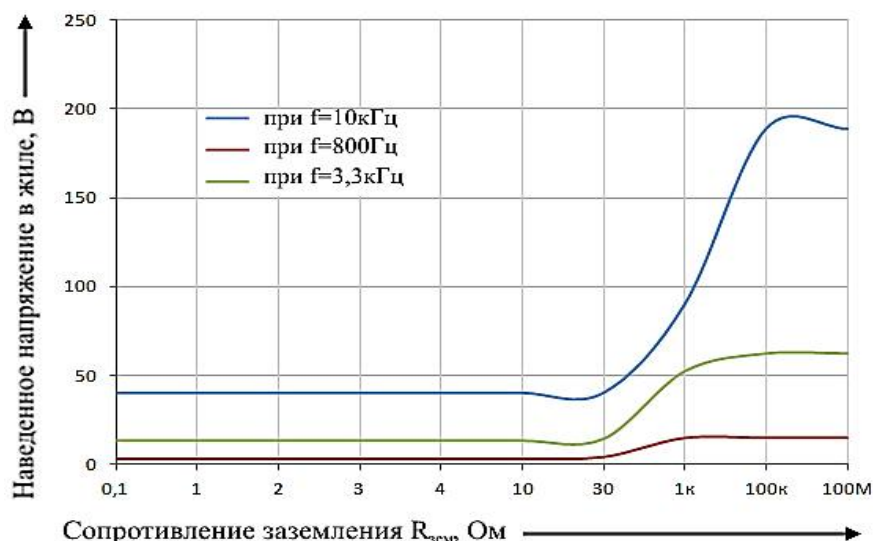


Рис. Зависимость наведенного напряжения от сопротивления заземления: на частотах 0,8; 3,3; 10 кГц

Практическое приложение результатов. Результаты работы имеют прямое приложение для обеспечения надежности железнодорожной инфраструктуры. Установлен критический порог $R_3 = 5$ Ом, превышение которого, приводит к лавинообразному росту риска отказов аппаратуры. Превышение критического порога возможно при сезонной деградации грунта, неисправности или обрыве заземления. Для оборудования, расположенного в зонах влияния контактной сети переменного тока и силовых фидеров подстанций, необходимо обеспечить $R_3 < 5$ Ом и минимизировать индуктивность путей стекания. Рекомендована установка ограничителей перенапряжений с минимальной длиной подключения к шине РЕ для подавления высокочастотных помех.

Выводы. Предложен способ описания зависимости наведенного напряжения в кабельных линиях с параметрами заземления в спектре 0,8–10 кГц. Выявлен пороговый эффект для эффективного подавления помех, при котором сопротивление заземления экрана не должно превышать 5–10 Ом. Установлено, что в рассматриваемом диапазоне частот доминирующим фактором становится индуктивная составляющая импеданса заземления, снижающая эффективность экранирования. Даны практические рекомендации для проектирования и эксплуатации систем электроснабжения и заземления объектов железнодорожной инфраструктуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полянов В. В. Методика моделирования ЭМС на участках тяжеловесного движения поездов // Вестник УрГУПС. 2016. № 3. С. 45–53.
2. Сулов К. В., Крюков А. В. Моделирование электромагнитных влияний многопроводных тяговых сетей на трубопроводы // iPolytech Journal. 2023. Т. 27. № 1. С. 123–135.
3. ГОСТ Р 50571.5.54–2013 Электроустановки зданий. Часть 5–54. Заземляющие устройства, защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов. 2014. 45 с.

АСИНХРОННАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В JAVASCRIPT

А. А. Привалов³, Д. Д. Титов^{1,2}, С. В. Снигур^{2,4}

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),
²ОАО «СУПЕРТЕЛ»,

³Академия войск национальной гвардии,

⁴Государственный Санкт-Петербургский университет аэрокосмического приборостроения

Введение. Рост распределённых и интерактивных программных систем привёл к тому, что основной нагрузочный профиль современных приложений определяется не вычислениями, а ожиданием внешних операций ввода–вывода: сетевых запросов, файловых операций, взаимодействия с сервисами. В синхронной (блокирующей) модели поток исполнения «застывает» до завершения операции, что делает масштабирование по числу одновременных соединений дорогим и неустойчивым. Асинхронная модель устраняет этот узкий угол за счёт делегирования длительных операций внешнему окружению и последующей обработки результата по событию: программа инициирует действие и немедленно продолжает выполнять другие задачи, а по завершении получает уведомление и обрабатывает обратный вызов [1].

Техническое ядро асинхронности в экосистеме JavaScript – событийная архитектура исполнения. Язык остаётся однопоточным: стек вызовов обрабатывается последовательно, но некоторые операции передаются во внешнее окружение Web API, где выполняются независимо. По завершении их результаты попадают в очередь задач, а цикл событий (Event Loop), наблюдая за стеком и очередями, извлекает готовые задания и планирует их выполнение. За счёт этого достигается эффект параллельной обработки большого числа запросов без явной многопоточности и блокировок интерфейса [1], [2].

Практическая ценность такой схемы для ИТКС очевидна: неблокирующий режим повышает масштабируемость, удерживает низкие перцентили задержек, снижает чувствительность к «медленным» внешним зависимостям и позволяет экономно расходовать CPU и память при большом количестве одновременных соединений. В представленном материале это прямо отмечено: к преимуществам отнесены масштабируемость, высокая производительность и устойчивость к сбоям; одновременно подчёркнуты инженерные риски – сложность проектирования и отладки, синхронизация данных и зависимость от среды выполнения [1].

В условиях реальных ИТКС указанные риски проявляются в виде характерных «узких мест». Во-первых, некорректная дисциплина конкуренции: чрезмерно агрессивный параллелизм раздувает очереди и порождает каскадные таймауты; слишком жёсткие ограничения, наоборот, ведут к недоиспользованию вычислителей. Во-вторых, рассинхронизация таймаутов и правил повторов в микросервисной цепочке вызывает шторм повторных запросов. В-третьих, неполная обработка ошибок и отмен создаёт утечки ресурсов и «подвешенные» операции. Наконец, зависимость от особенностей среды (конкретной реализации Web API/движка, планировщика задач, сетевых API под нагрузкой) оборачивается деградацией при миграциях или изменении профиля трафика [1], [2]. Эти уязвимости логично рассматривать как производные от самой событийной модели: выигрыш в пропускной способности и отзывчивости достигается ценой более строгой дисциплины проектирования и эксплуатации.

Актуальность настоящей работы обусловлена как системными требованиями ИТКС (масштабирование, устойчивость, контроль задержек), так и архитектурной доминантой JavaScript/Node.js в прикладной и серверной разработке. В документе справедливо подчёркивается, что именно асинхронность «обеспечивает высокую производительность и отказоустойчивость при взаимодействии большого числа пользователей и сервисов», тогда как синхронная модель проста, но неэффективна при преобладании сетевых операций [1], [2]. Формальное описание жизненного цикла асинхронной операции – делегирование во внешнее окружение → помещение результата в очередь → выборка Event Loop → исполнение обработчика – задаёт основу для дальнейшего анализа и проектных рекомендаций [1].

Исходя из этого, постановка задачи формулируется так: на материале событийной архитектуры JavaScript необходимо (i) системно изложить принципы асинхронной передачи данных, сопоставив их с синхронным исполнением; (ii) детально описать взаимодействие стека вызовов, Web API, очереди задач и цикла событий, демонстрируя неблокирующий характер исполнения; (iii) выделить преимущества и ограничения подхода при работе с сетевыми запросами в реальном времени; (iv) связать архитектурные особенности с эксплуатационными рисками и типовыми «узкими местами» ИТКС,

тем самым задать рамки корректного применения технологии. Эти цели и задачи прямо указаны в тексте исходного документа и задают вектор последующих разделов [1].

Методы решения задачи соответствуют логике материала и включают объяснительно-аналитическое развитие темы. Сначала реконструируется событийная модель: однопоточность стека, делегирование блокирующих операций во внешнюю среду, постановка результатов в очередь, работа Event Loop [1], [2]. Затем на примерах сетевого взаимодействия показывается, почему неблокирующий режим снимает простои и даёт выигрыш в throughput/latency даже без многопоточности [1]. Далее формируется набор практических правил эксплуатации – дисциплина таймаутов и повторов, ограничение конкуренции на узлах, централизованная обработка ошибок и механизмов отмены – с отсылкой к зафиксированным в документе преимуществам и ограничениям асинхронности [1], [2]. Такой методический разворот согласуется с общей целью текста – «демонстрация того, как данная технология способствует созданию масштабируемых и отказоустойчивых сетевых приложений» [2].

Решение задачи

Асинхронная передача данных является фундаментальным принципом построения современных вычислительных и сетевых систем, обеспечивающим высокую производительность и отказоустойчивость при взаимодействии большого числа пользователей и сервисов. Теоретически подход опирается на разнесение моментов инициирования операции и получения результата: инициатор «отпускает» предположительно долгую операцию и продолжает выполнять другие задачи, а по завершении получает событие/обратный вызов. В традиционной синхронной модели операции выполняются последовательно и блокируют поток исполнения: пока запрос к сети/диску не завершён, вычислитель простаивает. Это просто, но неэффективно при большом числе сетевых и файловых взаимодействий, где задержки передачи данных доминируют над вычислениями и приводят к потерям пропускной способности. Асинхронная модель, напротив, неблокирующая: операция запускается, управление немедленно возвращается вызывающей стороне, а обработка результата переносится на момент его фактической готовности. Такая организация критична для приложений, работающих в условиях постоянного сетевого обмена и высокой конкуренции соединений.

Архитектура выполнения JavaScript демонстрирует этот принцип в «чистом виде». Исполнение однопоточное: стек вызовов обрабатывается последовательно, а длительные действия делегируются во внешнее окружение (Web API). После завершения их результаты помещаются в очередь задач, и проходят дальше по циклу событий. Event Loop, отслеживая пустоту стека, извлекает готовые задания и передаёт их на исполнение обработчикам. За счёт этого достигается эффект параллельного обслуживания множества запросов без раздувания пула потоков и накладных расходов на переключение контекста. На схеме, приведённой в рукописи, этот жизненный цикл показан как цепочка «вызов → Web API → очередь задач → Event Loop → обработчик».

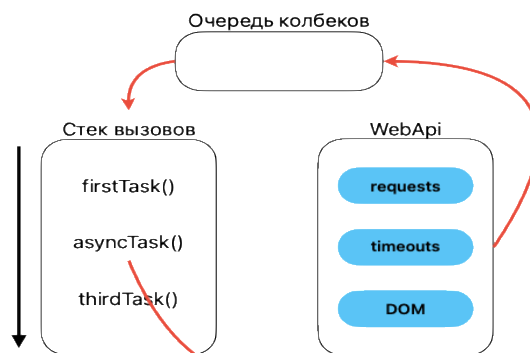


Схема работы асинхронности в JavaScript

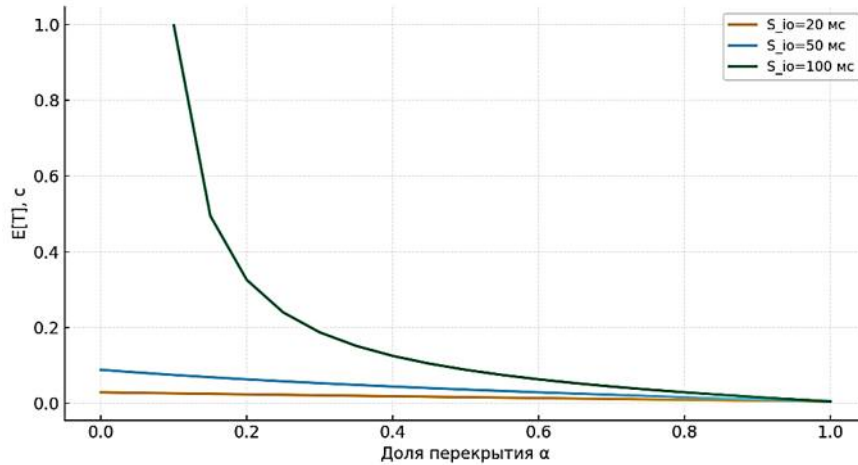
Чтобы связать архитектуру с эксплуатационными метриками, введём минимальную модель обслуживания. Представим время сервиса одного запроса как сумму CPU-участка S_c и IO-участка S_{io} . В блокирующей схеме $S = S_c + S_{io}$. В неблокирующей доля перекрытия $\alpha \in [0,1]$ отражает, какая часть ввода-вывода скрыта параллельной обработкой:

$$S_{async} \approx S_c + (1 - \alpha)S_{io}; \mu_{async} = 1/S_{async}.$$

Для очереди (M/G/1) используем инженерную оценку среднего времени отклика:

$$E[T] \approx S + \frac{\lambda Var(S)}{1(1 - \rho)}; \rho = \lambda S.$$

Из этих соотношений следуют проверяемые следствия. Во-первых, рост α линейно уменьшает S_{async} и сдвигает границу устойчивой нагрузки $\lambda_{\text{max}} \approx 1/S_{\text{async}}$ вправо: система выдерживает больше одновременных запросов до насыщения CPU. Во-вторых, уменьшение дисперсии S (стриминг вместо буферизации, согласованные таймауты, отказ от «штормов» повторов) сжимает хвосты распределения задержек. В-третьих, если S_c сопоставим или больше S_{io} , выигрыш от асинхронности ограничен и требуется оптимизация вычислительной части.



Зависимость среднего времени отклика $E[T]$ от доли перекрытия α при интенсивности запросов $\lambda = 10 \text{ с}^{-1}$; $S_c = 5 \text{ мс}$, $S_{\text{io}} \in \{20, 50, 100\} \text{ мс}$

Численные иллюстрации мини-модели показывают, что при $S_c = 5$ мс и сетевых задержках $S_{\text{io}} = 20/50/100$ мс зависимость $E[T]$ монотонно убывает: чем длиннее IO, тем сильнее эффект от перекрытия. На кривых $E[T]$ при фиксированных $S_c = 5$ мс, $S_{\text{io}} = 50$ мс видно, что увеличение α смещает «излом» $\rho \rightarrow 1$ вправо: неблокирующая реализация остаётся стабильной при большей интенсивности запросов. Сводная таблица сценариев фиксирует это количественно: при $\alpha \rightarrow 1$ эффективное служебное время стремится к S_c , перцентили падают, а использование сервера остаётся в безопасной зоне. Тем самым подтверждается инженерная интуиция рукописи: выигрыш асинхронности максимален в IO-доминирующих режимах и уменьшается по мере роста доли чистых вычислений.

Практическое применение результатов в ИТКС сводится к набору дисциплин, напрямую вытекающих из событийной модели: лимитировать одновременные исходящие операции к внешним зависимостям и глубину очередей Event Loop; повсеместно использовать стриминг и backpressure вместо полной буферизации; обеспечивать отмену долгих операций (AbortController) и централизованную обработку ошибок; поддерживать наблюдаемость ключевых метрик – (RPS), загрузку CPU/IO, глубину очередей и долю запросов, приблизившихся к бюджету времени. В совокупности эти меры уменьшают $\text{Var}(S)$, повышают α и удерживают $\rho < 1$ на рабочих плато нагрузки.

К достоинствам асинхронной модели относятся масштабируемость, высокая пропускная способность при фиксированном бюджете вычислителей, устойчивость интерфейсов к «медленным» внешним зависимостям и возможность экономно обслуживать большое число конкурирующих соединений. К ограничениям – возрастающая сложность проектирования и отладки, необходимость строгой дисциплины конкуренции и таймаутов, зависимость характеристик от конкретной реализации среды выполнения (поведение сетевых API, планировщика и очередей). В эксплуатационном смысле успех определяется балансом: чем лучше организованы «источники истины» и регламенты взаимодействия компонентов (сигнализация готовности, отмена, политика повторов), тем ближе фактическое S_{async} к S_c , а интегральные характеристики $E[T]$ и перцентили – к требуемым целям SLO.

Итак, объединяя архитектурное описание, минимальную количественную модель и демонстрационные расчёты, приходим к целостному выводу. Асинхронная передача данных обеспечивает оптимальное сочетание производительности и гибкости для сетевых приложений: она «убирает» простои на IO, отодвигает границу насыщения по нагрузке и стабилизирует высокие перцентили задержек – при условии, что соблюдены правила эксплуатации событийной архитектуры. В IO-доминирующих сценариях это даёт наибольший эффект; в CPU-ограниченных – служит направляющей для приоритизации оптимизаций (алгоритмы, кэширование, батчинг). Следовательно, асинхронность – не просто удобный приём программирования, а воспроизводимая инженерная методика, которая при корректной калибровке параметров и дисциплине исполнения обеспечивает требуемую масштабируемость и отказоустойчивость ИТКС.

Выводы

Применение технологии асинхронной передачи данных по сети является одним из ключевых факторов повышения эффективности и устойчивости современных информационных систем. Проведённый анализ показал, что асинхронная модель взаимодействия позволяет устранить блокирующие операции, характерные для синхронного подхода, и тем самым существенно повысить производительность и масштабируемость приложений. Асинхронность обеспечивает возможность одновременной обработки множества запросов без увеличения количества потоков, что особенно важно для веб-сервисов, работающих в режиме реального времени.

Язык JavaScript, несмотря на свою однопоточную природу, демонстрирует высокую эффективность в реализации асинхронности за счёт взаимодействия между стеком вызовов, окружением Web API, очередями задач и циклом событий. Такая архитектура позволяет выполнять сетевые операции неблокирующим образом, сохраняя отзывчивость интерфейса и стабильность работы даже при высокой нагрузке. Использование конструкций Promise и async/await упростило реализацию асинхронных процессов, сделав код более читаемым и надёжным.

Таким образом, асинхронная передача данных по сети в сочетании с событийно-ориентированной моделью JavaScript создаёт прочную основу для разработки масштабируемых, производительных и отказоустойчивых систем. Этот подход обеспечивает оптимальное распределение вычислительных ресурсов, повышает устойчивость к сбоям и сокращает время отклика приложений, что делает его неотъемлемым элементом современной веб-разработки и архитектуры распределённых приложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Симпсон К. Вы не знаете JS. Асинхронность и производительность. М.: Эксмо, 2020. 256 с.
- 2 MDN Web Docs. Документация по JavaScript и Web API [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/>.
- 3 Node.js Foundation. The Node.js Event Loop, Timers, and process.nextTick() [Электронный ресурс]. URL: <https://nodejs.org/en/docs/guides/event-loop-timers-and-nexttick>.

УДК 004.722

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕННОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ТРАНСПОРТНОЙ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ MPLS L3VPN

А. А. Привалов¹, А. М. Болдинов²

¹Военная ордена Жукова академия войск национальной гвардии Российской Федерации,

²Петербургский государственный университет путей сообщения имени Императора Александра I

Введение. Телекоммуникационная сеть (ТКС), обеспечивающая управление подвижными объектами транспортной киберфизической системы (ТКФС), относится к объектам критической инфраструктуры. В такой сети передаются различные типы информации: управляющие команды, телеметрия, голосовые сообщения, видеопотоки. Главная задача ТКС – гарантированная и своевременная доставка критически важного трафика управления поездом. Для этого необходимо исключить ситуации, когда управляющие пакеты конкурируют за ресурсы с менее приоритетными данными и встают в очередь.

В работе рассмотрен подход выделения ТКС с помощью технологии MPLS VPN [1]. Технология MPLS VPN позволяет разделить разные классы трафика в рамках одной физической сети. Для этого используется механизм VRF (Virtual Routing and Forwarding) [2]:

- управляющий трафик помещается в отдельный vrf (например, vrf-mgmt);
- телеметрия, голос и видео размещаются в других vrf с собственными правилами маршрутизации.

Между VRF отсутствует пересечение на уровне маршрутизации, что исключает влияние перегрузки одного класса на другой. Таким образом, даже при высокой нагрузке мультимедиа-трафиком управляющие пакеты полностью изолированы и не конкурируют за ресурсы.

MPLS позволяет формировать Label-Switched Paths (LSP) – предопределённые маршруты передачи данных. Для управляющего трафика создаётся отдельный LSP с использованием RSVP-TE (Traffic Engineering). В каждом транзитном узле резервируется фиксированная полоса пропускания под этот LSP.

В отличие от обычной IP-маршрутизации, где маршрут выбирается динамически и может изменяться, LSP обеспечивает стабильный и детерминированный путь для критического трафика.

Это гарантирует, что команды управления поездом всегда будут доставляться по заранее определённому и защищённому маршруту.

Каждый MPLS-пакет имеет поле EXP (Experimental bits), в которое переносится информация о приоритете (DSCP из IP-заголовка). Управляющий трафик маркируется как Expedited Forwarding (EF) и получает строгий приоритет. Остальной служебный трафик обслуживается по принципу низких приоритетов. Таким образом, управляющие команды всегда обрабатываются первыми, вне зависимости от текущей загрузки сети.

Для обеспечения безопасности управляющий трафик должен быть защищён от попадания постороннего трафика. Основные механизмы защиты:

1. Логическая изоляция VRF/MPLS VPN: управляющий VRF обслуживает только IP-префиксы этой ТКС.
2. Маршрутизация через MPLS L3VPN с BGP: маршруты в VPN изолированы от других сетей, что предотвращает пересечение стороннего трафика.
3. Фильтрация на границах (ACL, firewall): допускаются только пакеты с разрешёнными IP-адресами, протоколами и портами.
4. Криптографическая защита.

Эти меры гарантируют, что сторонний трафик не сможет попасть в управляющую ТКС, а критический трафик будет доставляться без задержек и потерь.

Постановка задачи. Пусть имеется фрагмент ТКС (рис. 1), обеспечивающий передачу служебно-технических команд и команд управления объектам ТКФС.

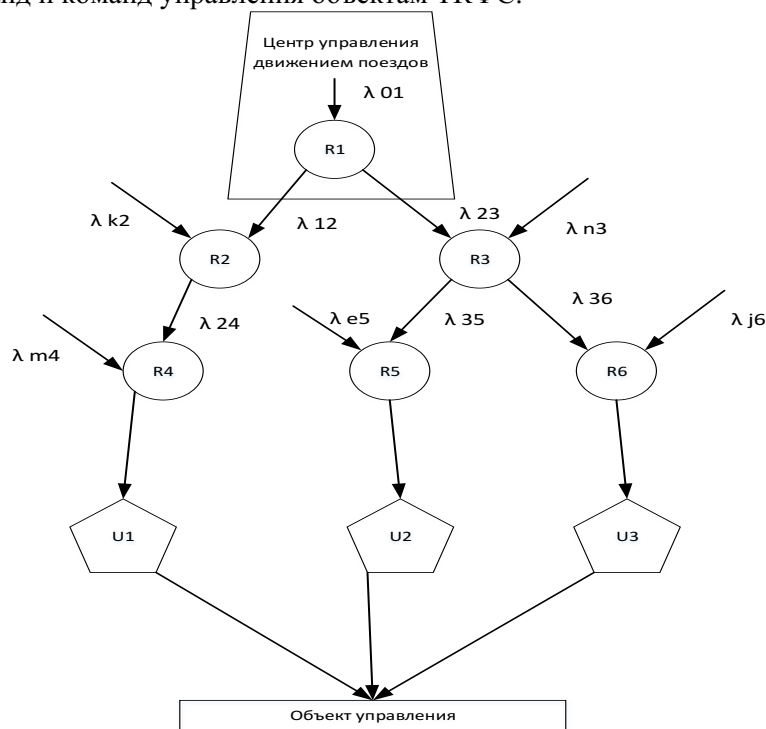


Рис. 1. Структура фрагмента ТКС ТКФС

Узлы коммутации, принадлежащие данной структуре фрагмента ТКС ТКФС (рис. 1), принимают и передают потоки данных другим узлам коммутации, которые относятся к другим участкам ТКС ($R_k - R_j$). Фрагмент состоит из: центра управления движением поездов, IP-сети, содержащей шесть узлов коммутации (УК) ($R1 - R6$), соединенных друг с другом каналами связи протокола TCP и трех базовых станций (БС) ($U1 - U3$). Для передачи данных по радиоканалам применяется стандарт подвижной радиосвязи LTE-R.

Положим, что оборудование, входящее в состав узлов коммутации ($R1 - R6$) и базовых станций ($U1 - U3$) технически исправно на момент начала функционирования. Центр управления движением поездов, формирует команды для передачи по ТКС. Данные поступают на узел коммутации $R1$ и за некоторое время t_{jk1} с функцией распределения $Q_{jk1}(t)$, информация поступит на передачу. Она осуществляется за некоторое время t_n с функцией распределения $L(t)$. В зависимости от местопо-

ложения объекта управления с вероятностью $P1$ команды поступят на УК $R2$, с обратной вероятностью $(1-P1)$ на УК $R3$.

При отправке через узел коммутации $R2$ данные поступят за время $t_{ук2}$ с функцией распределения $Q_{ук2}(t)$. Далее, в соответствии со структурой ТКС ТКФС, информация будет доставлена на узел $R4$ за время t_n с функцией распределения $L(t)$, обслужена за $t_{ук4}$ с распределением $Q_{ук4}(t)$ и направлена на базовую станцию $U1$ за t_n с распределением $L(t)$. При маршрутизации через узел $R3$ данные обслуживаются за $t_{ук3}$ с распределением $Q_{ук3}(t)$ и передаются по каналу связи за t_n с распределением $L(t)$. В зависимости от местоположения объекта управления с вероятностью $P2$ информация поступит на узел $R5$, где будет обслужена за $t_{ук5}$ с распределением $Q_{ук5}(t)$ и направлена на базовую станцию $U2$ за время t_n с распределением $L(t)$.

В противном случае, с вероятностью $(1-P2)$, данные достигнут узла $R6$ и через него будет направлены к базовой станции $U3$ после обслуживания за $t_{ук6}$ с распределением $Q_{ук6}(t)$ и прохождения канала связи за t_n с распределением $L(t)$.

При перемещении объекта управления между зонами базовых станций ($U1-U3$), разнесенных в соответствии с частотно-территориальным планом, обмен осуществляется следующим образом: от БС $U1-U3$ за время $t_{рк}$ с функцией распределения $Q_{рк}(t)$.

Пример расчета. Используя метод топологического преобразования стохастических сетей (ТПСС) [3], представим процесс, описанный в постановке задачи в виде стохастической сети. Тогда, стохастическая сеть рассматриваемого процесса представлена на рисунке 2.

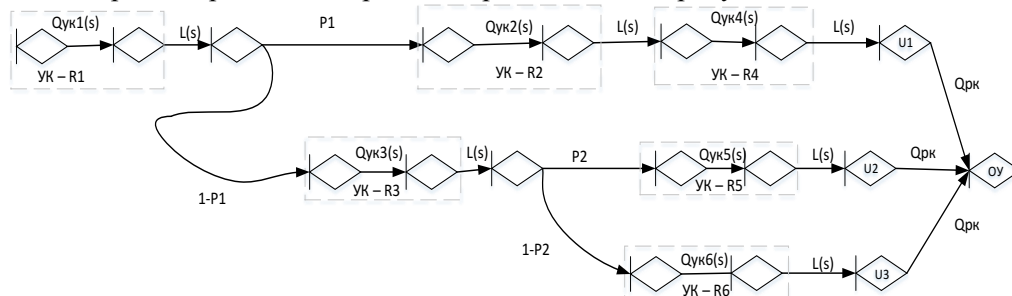


Рис. 2. Стохастическая сеть СПД КФС

На рис.2 обозначено:

- $Q_{рк}(s)$ – преобразования Лапласа–Стилтьеса функций распределения времени передачи данных по радиоканалам;
- $L(s)$ – преобразования Лапласа–Стилтьеса функций распределения времени передачи данных по каналам связи протокола ТСР;
- $Q_{ук1}(s)–Q_{ук6}(s)$ – преобразования Лапласа–Стилтьеса функций распределения времени обслуживания данных в УК;
- $P1, P2$ – вероятность передачи данных через УК по маршрутам.

Таким образом, используя эквивалентные функции для частных процессов, получим:

$$Q_{сно}(s) = Q1(s)(P1Q2(s) + [(1-P1)Q3(s)\{(1-P2)Q5(s) + P2Q4(s)\}]),$$

где:

$$\begin{aligned} Q1(s) &= Q_{ук1}(s)L(s); \quad Q2(s) = Q_{ук2}(s)L(s)Q_{ук4}(s)L(s)Q_{рк}(s); \quad Q3(s) = Q_{ук3}(s)L(s); \\ Q4(s) &= Q_{ук5}(s)L(s)Q_{рк}(s); \quad Q5(s) = Q_{ук6}(s)L(s)Q_{рк}(s). \end{aligned}$$

Для нахождения функции распределения используем метод двухмоментной аппроксимации, определим первые два момента случайного времени передачи данных по каналу связи, а также пара-

метры формы и масштаба гамма-распределения: $T_{cnd} = -\frac{d}{ds} \left(\frac{Q_{cnd}(s)}{Q_{cnd}(0)} \right)_{s=0}$; $M_{2cnd} = \frac{d^2}{d^2s} \left(\frac{Q_{cnd}(s)}{Q_{cnd}(0)} \right)_{s=0}$;

$$D_{cnd} = M_{2cnd} - T_{cnd}^2 ; M_{cnd} = \frac{T_{cnd}}{D_{cnd}} ; N_{cnd} = \frac{T_{cnd}^2}{D_{cnd}} .$$

Получим итоговую функцию распределения: $F_{cnd}(t) = \gamma(M_{cnd}t, N_{cnd})$.

Анализ полученных результатов. Для демонстрации работоспособности предложенной модели сети передачи данных положим, что представленный фрагмент ТКС обеспечивает обмен данными с объектом управления. Данный фрагмент включен в общетехнологическую сеть связи и на УК поступает не только поток данных от центра управления, но и также сторонний поток данных от других УК. Определим значения функции распределения времени доставки данных от центра управления к управляемому объекту.

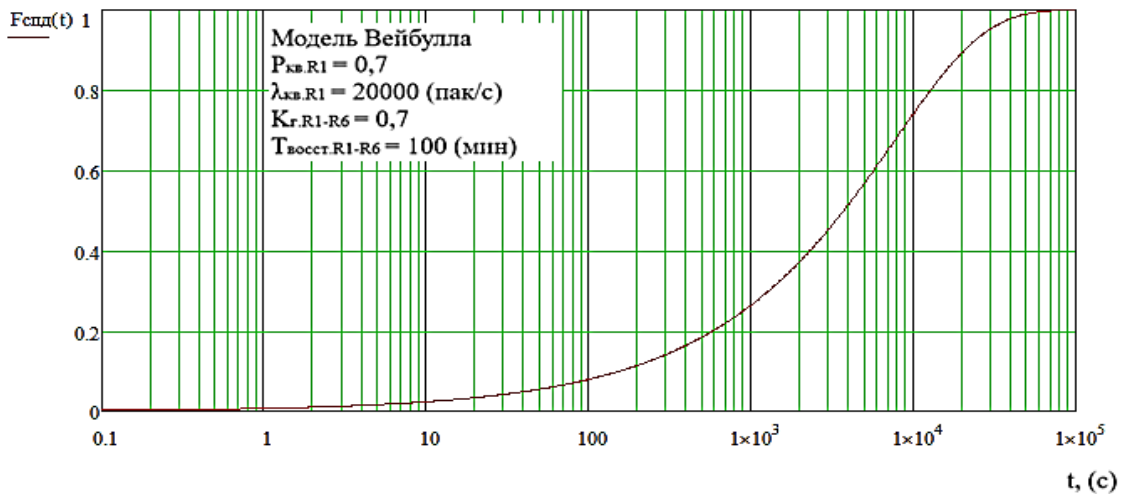


Рис. 3. График функции распределения времени передачи данных в сети передачи данных на основе исходных данных

- $P_{кв.R1}$ – вероятность воздействия на УК R1;
- $\lambda_{кв.R1}$ – интенсивность трафика поступающего от системы злоумышленника;
- $K_{г.R1-R6}$ – коэффициент готовности УК;
- $T_{восст.R1-R6}$ – время восстановления УК.

Результаты расчетов, представленные на рис. 3 в виде графика, показывают, что при указанных исходных данных время передачи пакетов данных составляет $T_{cnd} = 483, (мин)$, что не удовлетворяет требованиям по требуемому времени доставки данных в ТКС ТКФС.

Используя технологию MPLS L3VPN, применим ее к фрагменту ТКС ТКФС (рис. 4).

Тогда, сторонний трафик поступающий на УК не будет обслуживаться УК. Данные принадлежащие ТКС ТКФС будут маркироваться. УК R1 выполняет функции Ingress LSR – устанавливает метку VPN. Узлы коммутации: R3, R5 выполняют функции LER – устанавливают и меняют метку MPLS на всем маршруте передачи данных. На УК R5 метка MPLS исключается из структуры пакета и БС U2 выполняет функции Egress LSR – исключает метку VPN.

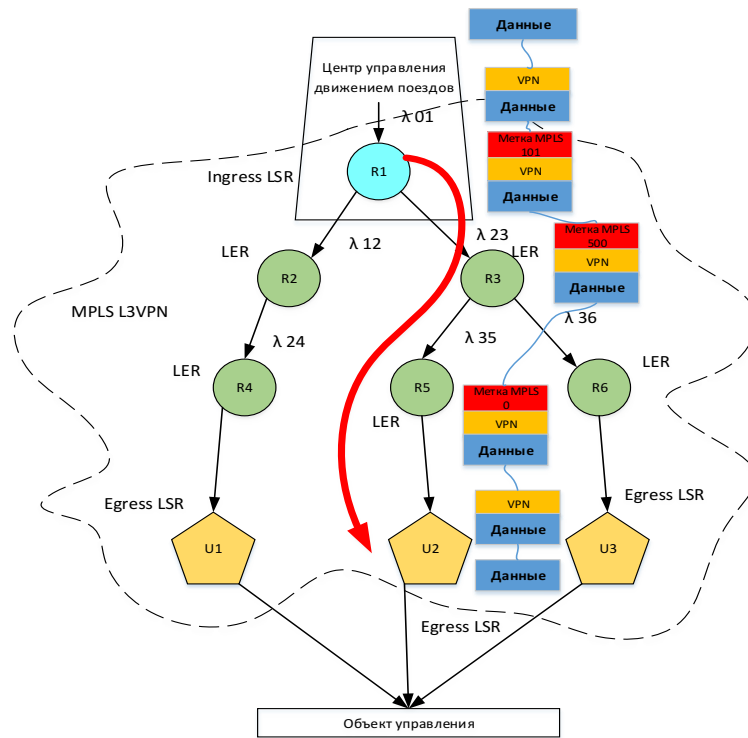


Рис. 4. Структура фрагмента ТКС ТКФС с использованием технологии MPLS L3VPN

Организация выделенной сети позволяет сократить время доставки данных в несколько раз. При реализации выделенной сети, время доставки данных удовлетворяет требованиям (рис. 5).

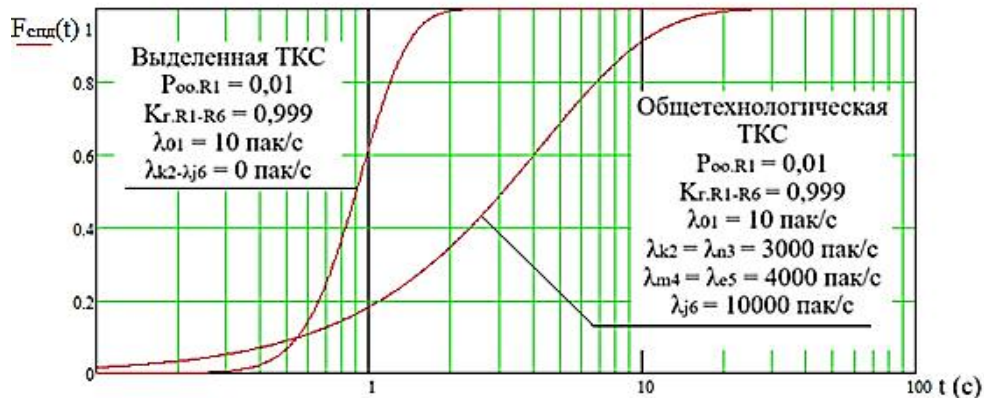


Рис. 5. График функции распределения времени передачи данных при организации, выделенной и общетеchnологической ТКС

Выводы. В связи с тем, что ТКС ТКФС использует ресурс общетеchnологической сети, то на УК поступают, как данные необходимые для управления ТКФС, так и данные, не связанные с ней. Это приводит к тому, что передаваемый трафик становится разнородным. Для описания передачи разнородного трафика используются модели Вейбулла, Паретто. При передаче разнородного трафика время доставки данных кратно увеличивается. Следовательно, для повышения эффективности передачи данных необходимо осуществлять передачу только однородного трафика, для этого целесообразно организовывать выделенную ТКС для ТКФС. В случае невозможности использования физически выделенных УК и каналов связи, при передаче критической информации, реализация выделенной сети может осуществляться с помощью технологии MPLS L3VPN. Использование MPLS L3VPN позволяет выделить ТКС в самостоятельный объект критической инфраструктуры с гарантированной доставкой управляющего трафика. Такая архитектура обеспечивает своевременное и достоверное управление движением поездов, устойчивость к перегрузкам и отказам, защиту от стороннего трафика, а также соответствие требованиям безопасности и надёжности транспортной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гольдштейн А., Гольдштейн Б. Технология и протоколы MPLS. Санкт–Петербург: BHV, 2005.
- 2 Раимкулов У. М., Нуритдинов Ш. Ш. Использование сегментной маршрутизации в программно-управляемых сетях для повышения их надежности и масштабируемости // сага. 2025. № 2.
- 3 Привалов А. А. Метод топологического преобразования стохастически сетей его использования для анализа систем связи ВМФ. Санкт-Петербург: ВМА, 2001. 186 с.

УДК 004.056.2

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТРАФИКА КОМПЛЕКСА КОМПЬЮТЕРНОЙ РАЗВЕДКИ

А. А. Привалов³, Д. Д. Титов^{1,2}, Д. О. Калатай^{2,4}

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I (ПГУПС),
²ОАО «СУПЕРТЕЛ»,

³Академия войск национальной гвардии,

⁴Государственный Санкт–Петербургский университет аэрокосмического приборостроения

Введение. Широкое внедрение распределённых ИТ–инфраструктур привело к резкому росту объёмов и гетерогенности сетевого трафика, что усложняет контроль источников обмена данными и оперативное выявление угроз [1]. Эффективность комплексов компьютерной разведки (КР) становится критичным фактором надёжности сетей: от точности и скорости локализации источников трафика напрямую зависят своевременное обнаружение несанкционированной активности и устойчивость сервисов [1–3]. В существующих решениях сохраняются проблемы точности и устойчивости при обработке больших потоков в реальном времени, что обуславливает потребность в архитектурных и модельных улучшениях, повышающих достоверность и воспроизводимость оценок местоположения источников [2–4].

Цель работы – разработать и верифицировать усовершенствованную архитектуру комплекса КР и её строгую математическую модель для оценки временных характеристик процессов определения местоположения источников трафика. Для достижения цели требуется: (1) провести критический анализ исходной архитектуры, выявив ключевые узкие места [2–4]; (2) предложить и формализовать модификации, обеспечивающие повышение устойчивости и скорости работы; (3) построить стохастическую модель процесса локализации с параметрами надёжности и времени, пригодную для расчёта интегральной функции распределения $F(t)$ и среднего времени T , а также для сравнения внутренних и внешних сценариев [1–3].

Методологической основой служит аппарат стохастических сетей с декомпозиционным представлением, что позволяет получать эквивалентные функции подсетей и, используя уравнение Мейсона, выводить аналитические соотношения для всей системы. Такой подход, естественно, учитывает вероятности успеха операций и их повторы, а также разную структуру этапов для внутренних и внешних источников [2–4]. В рамках модели предполагается использование преобразования Лапласа для вывода вероятностно–временных характеристик, последующее получение интегральной функции распределения $F(t)$ и среднего времени T развёртки, а результаты оцениваются и сопоставляются для обоих типов источников по данным имитационных расчётов [1–3].

Поставленные задачи

Целью исследования является разработка усовершенствованной архитектуры сетей ИТКР, адаптированной к актуальным требованиям. Для её достижения необходимо решить следующие задачи: (1) провести критический анализ исходной архитектуры с верификацией ключевых проблемных мест [2–4]; (2) предложить конкретные направления модернизации архитектуры, обеспечивающие повышенную устойчивость; (3) сформировать и исследовать модель процесса определения местоположения источника трафика на базе стохастических сетей, учитывающую вероятностный характер и временные параметры операций [1–4]. Процесс определения местоположения источника передачи трафика начинается с классификации типа источника, после чего активируются специализированные ветви модели (внутренняя/внешняя) [2–4].

Внутренний источник

Для внутреннего источника выполняется последовательная цепочка операций. Процесс начинается с разрешения адреса: сопоставляются актуальные привязки $IP \leftrightarrow MAC \leftrightarrow$ порт доступа по данным DHCP–snooping/lease–логов, ARP/ND и IP Source Guard, при необходимости выполняется опрос коммутатора доступа по SNMP/NETCONF для валидации записи – за среднее время t_a с функцией распреде-

ления $A(t)$. Шаг считается успешным с вероятностью P_1 ; при неуспехе $(1 - P_1)$ инициируется повтор после небольшой задержки с функцией распределения $M(t)$ и средним временем $t_{повт}$.

Далее выполняется сопоставление коммутатора и интерфейса: фиксируются устройство/стек/слот/порт и VLAN на основании LLDP/CDP и таблицы коммутации (MAC-address table) – за среднее время t_b с функцией распределения $B(t)$. Шаг успешен с вероятностью P_2 ; при неуспехе $(1 - P_2)$ – повтор с $M(t)$, включая переопрос LLDP/CDP и верификацию VLAN.

Следом идёт идентификация сетевого устройства: по событиям 802.1X/RADIUS (если включён NAC), SNMP-атрибутам и записям инвентарной БД (CMDB) однозначно определяется тип и принадлежность конечного устройства – за среднее время t_c с функцией распределения $C(t)$. Шаг успешен с вероятностью P_3 ; при неуспехе $(1 - P_3)$ – повтор с функцией распределения $M(t)$.

Затем выполняется физическая привязка: порт доступа сопоставляется с соответствующей кросс-панелью на стойке и помещением по данным кабельного журнала и портовой карты, целостность проверяется средствами DAI – за среднее время t_d с функцией распределения $D(t)$. Шаг успешен с вероятностью P_4 ; при неуспехе $(1 - P_4)$ – осуществляется функцией распределения $M(t)$, уточняются порт-карты и ретрассировка.

Завершает цепочку интеграция данных о пиринге и расчёт радиуса доверия: агрегируются IPFIX/NetFlow, счётчики интерфейсов и события контроля доступа, проверяется временно-пространственная согласованность потоков с выявленным портом/устройством, формируется финальная область расположения и радиус доверия – за среднее время t_{x1} с функцией распределения $X_1(t)$.

Рассмотрим описанный выше процесс работы внутреннего источника.

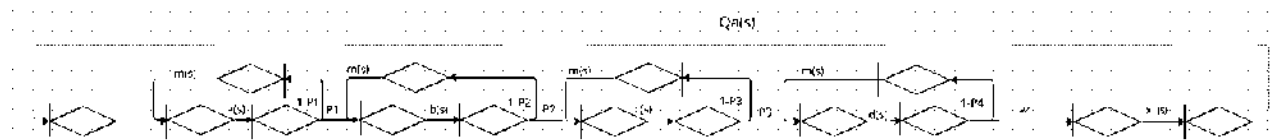


Рис. 1. Стохастическая сеть поиска местоположения для внутреннего источника

Для анализа сложных стохастических сетей используется метод декомпозиции их структуры на составные элементы – петли. Этот подход позволяет перейти от сложной сети к набору более простых компонентов, свойства которых легче анализировать и описывать математически.

Процесс анализа строится иерархически. На первом уровне выделяются элементарные петли – простейшие неделимые контуры. На высоких уровнях из них формируются составные петли высших порядков. Ключевой инструмент метода – эквивалентная функция, позволяющая описать свойства всей составной петли через свойства её элементарных компонентов. Функция для петли k -го порядка имеет вид:

$$Q_k(s) = \prod_{i=1}^k Q_i(s), \quad (1)$$

Эквивалентная функция $Q_i(s)$ – эквивалентная функция i петли первого порядка, определяемая как произведение эквивалентных функций ветвей, входящих в эту петлю. Для стохастической сети замкнутой фиктивной ветвью эквивалентная функция выглядит как $Q_a(s) = 1/h(s)$ где $h(s)$ – искомая эквивалентная функция. Для определения эквивалентной функции представленной стохастической сети применяется уравнение Мейсона.

Получаем уравнение для стохастической сети определения местоположения для внутреннего источника.

$$h(s)_{м.б} = x_1(s) \left[\frac{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot a(s) \cdot b(s) \cdot c(s) \cdot d(s)}{1 - (1 - P_1)a(s)m(s) - (1 - P_2)b(s)m(s) - (1 - P_3)c(s)m(s) - (1 - P_4)d(s)m(s) + (1 - P_1)(1 - P_2)a(s)b(s)m(s)^2 + (1 - P_1)(1 - P_4)a(s)d(s)m(s)^2 + a(s)(1 - P_1)(1 - P_3)c(s)m(s)^2 + (1 - P_2)(1 - P_4)b(s)d(s)m(s)^2 + (1 - P_2)(1 - P_3)b(s) \cdot c(s)m(s)^2 + c(s)(1 - P_3)(1 - P_4)d(s)m(s)^2 - (1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3)a(s)b(s)c(s) \cdot m(s)^3 + (1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_4)a(s)b(s)d(s)m(s)^3 + (1 - P_1)(1 - P_3)(1 - P_4) \cdot a(s)d(s)c(s)m(s)^3 + (1 - P_2)(1 - P_3)(1 - P_4)c(s)b(s)d(s)m(s)^3 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2)(1 - P_3)(1 - P_4)a(s)b(s)c(s)d(s)m(s)^4} \right]$$

Для определения расчетного соотношения функции распределения допускаем что: $A(t) = 1 - \exp(-at)$, $B(t) = 1 - \exp(-bt)$, $C(t) = 1 - \exp(-ct)$, $D(t) = 1 - \exp(-dt)$, $X_1(t) = 1 - \exp(-x_1t)$; где

$$A = \frac{1}{t_a}, B = \frac{1}{t_b}, C = \frac{1}{t_c}, D = \frac{1}{t_d}, X_1 = \frac{1}{t_g}, M = \frac{1}{t_{\text{повт}}}$$

$t_a, t_b, t_c, t_d, t_g, t_{\text{повт}}$ – среднее время k -го процесса работы комплекса КР.

Внешний источник

Для внешнего источника выполняется последовательная цепочка операций. Процесс начинается с детекции трансляции адресов (NAT): анализируются таблицы трансляции и журналы граничных устройств (в том числе CGNAT/conntrack), сопоставляются внешние 5-tuple потоков, выполняются STUN-подобные пробы для выявления соответствий «внутренний→внешний» адрес/порт – за среднее время t_{nat} с функцией распределения $N(t)$. Шаг считается успешным с вероятностью P_1 ; при неуспехе $(1-P_1)$ инициируется повтор после небольшой задержки с функцией распределения $M(t)$ и средним временем $t_{\text{повт}}$.

Далее выполняется корреляция за NAT: внешние соответствия адресов и портов сопоставляются с записями трансляции и потоковой телеметрии (NetFlow/IPFIX), формируются устойчивые соответствия – за среднее время t_{n1} с функцией распределения $N_1(t)$. Шаг успешен с вероятностью P_2 ; при неуспехе $(1-P_2)$ – повтор с функцией распределения $M(t)$, включая расширение временного окна корреляции и очистку журналов.

Следом выполняется атрибуция и формирование географического приора: по данным BGP/AS-path, WHOIS/RIR и инфраструктурных источников (POP/IXP) определяется исходный регион и вероятный узел выхода провайдера – за среднее время t_e с функцией распределения $E(t)$. Шаг успешен с вероятностью P_3 ; при неуспехе $(1-P_3)$ – повтор с функцией распределения $M(t)$, производится актуализация префиксов и маршрутных срезов.

Выполняются активные измерения маршрута: инициируются серии traceroute/Paris-traceroute к целевым и опорным префиксам, регистрируются TTL-границы и ICMP-сообщения “Time Exceeded”, результаты сопоставляются с известными магистральными узлами – за среднее время t_k с функцией распределения $K(t)$. Шаг успешен с вероятностью P_4 ; при неуспехе $(1-P_4)$ – повтор с функцией распределения $M(t)$, включая смену протокола/порта пробы, увеличение числа серий и фильтрацию аномалий.

На основании активных измерений и независимых пунктов наблюдения выполняется мультилатерация по задержкам: по относительным задержкам (квази-TDoA/разности RTT) решается обратная задача локализации с учётом асимметрии маршрутов и статистической устойчивости оценок – за среднее время t_u с функцией распределения $U(t)$. Шаг успешен с вероятностью P_5 ; при неуспехе $(1-P_5)$ – повтор с функцией распределения $M(t)$, реализуется добавление точек наблюдения, расширение окна усреднения, повторная оптимизация.

Завершает цепочку интеграция данных о пиринге и расчёт радиуса доверия: сведения о пиринговых сессиях, точках обмена трафиком, префиксах и потоках агрегируются с результатами трассировок и мультилатерации; выполняется согласование по времени и топологии, формируется финальная область расположения и радиус доверия – за среднее время t_{x1} с функцией распределения $X_1(t)$.

Рассмотрим описанный выше процесс работы внешнего источника.

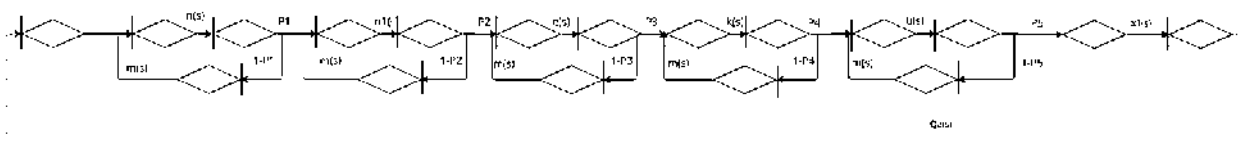


Рис. 2. Стохастическая сеть поиска местоположения для внешнего источника

Получаем уравнение для стохастической сети определения местоположения для внутреннего источника.

$$h(s)_{\text{м.вн}} = \left[\frac{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_4 \cdot P_5 \cdot n(s) \cdot e(s) \cdot k(s) \cdot u(s) \cdot n_1(s)}{1 - (1 - P_2)n_1(s)m(s) - (1 - P_1)n(s)m(s) - (1 - P_3)e(s)m(s) - (1 - P_4)k(s)m(s) - (1 - P_5)u(s)m(s) + (1 - P_1)(1 - P_2)n(s)n_1(s)m(s)^2 + (1 - P_5) * \right. \\ * (1 - P_1)n(s)u(s)m(s)^2 + (1 - P_4)(1 - P_1)n(s)k(s)m(s)^2 + (1 - P_1)(1 - P_3)n(s)e(s)m(s)^2 + \\ + (1 - P_2)(1 - P_5)n_1(s)u(s)m(s)^2 + (1 - P_2)(1 - P_4)n_1(s)k(s)m(s)^2 + (1 - P_2)(1 - P_3)n_1(s) * \\ * e(s)m(s)^2 + (1 - P_5)(1 - P_4)u(s)k(s)m(s) + (1 - P_5)(1 - P_3)u(s)e(s)m(s)^2 + (1 - P_4) * \left. \right]$$

$$\begin{aligned} & * (1 - P_3)k(s)e(s)m(s)^2 - (1 - P_5)(1 - P_2)(1 - P_1)u(s)n_1(s)n(s)m(s)^3 - (1 - P_4)(1 - P_2) * \\ & * (1 - P_1)k(s)n_1(s)n(s)m(s)^3 - (1 - P_3)(1 - P_2)(1 - P_1)e(s)n_1(s)n(s)m(s)^3 - (1 - P_5) * \\ & * (1 - P_4)(1 - P_1)k(s)u(s)n(s)m(s)^3 - (1 - P_3)(1 - P_1)(1 - P_5)e(s)n(s)u(s)m(s)^3 - e(s)k(s) * \\ & * n(s)m(s)^3(1 - P_1)(1 - P_3)(1 - P_4) - (1 - P_5)(1 - P_4)(1 - P_2)n_1(s)k(s)u(s)m(s)^3 - (1 - P_5) * \\ & * n_1(s)(1 - P_3)u(s)(1 - P_2)e(s)m(s)^3 + (1 - P_4)(1 - P_3)(1 - P_2)k(s)n_1(s)e(s)m(s)^3 - (1 - P_4) * \\ & * e(s)u(s)m(s)^3k(s)(1 - P_3)(1 - P_5) + (1 - P_1)(1 - P_5)(1 - P_2)(1 - P_4)n(s)n_1(s)u(s)k(s) * \\ & * m(s)^4 + (1 - P_1)(1 - P_5)(1 - P_3)(1 - P_4)n(s)e(s)u(s)k(s)m(s) + (1 - P_1)(1 - P_5)(1 - P_3) * \\ & * (1 - P_2)n(s)n_1(s)u(s)e(s)m(s) + (1 - P_4)(1 - P_5)(1 - P_3)(1 - P_2)k(s)n_1(s)u(s)e(s)m(s) + \\ & + e(s)m(s)(1 - P_1)(1 - P_4)(1 - P_3)(1 - P_2)k(s)n_1(s)n(s) - k(s)n_1(s)n(s)e(s)m(s)u(s) * \\ & * (1 - P_1)(1 - P_4)(1 - P_3)(1 - P_2)(1 - P_5) \}. \end{aligned}$$

Для определения расчетного соотношения функции распределения допускаем что: $N(t) = 1 - \exp(-nt)$, $E(t) = 1 - \exp(-et)$, $K(t) = 1 - \exp(-Kt)$, $U(t) = 1 - \exp(-ut)$, $G(t) = 1 - \exp(-gt)$; где

$$E = \frac{1}{t_e}, N = \frac{1}{t_n}, K = \frac{1}{t_k}, U = \frac{1}{t_u}, M = \frac{1}{t_{\text{повт}}}, X_1 = \frac{1}{t_g}, N_1 = \frac{1}{t_{n1}}$$

$t_e, t_n, t_k, t_u, t_g, t_{\text{повт}}$ – среднее время k -го процесса работы комплекса КР.

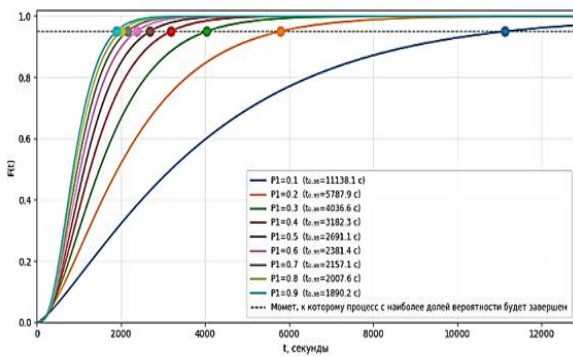
Дифференцируя эквивалентные функции (1) и (2), определяем параметры масштаба и формы плотности распределения времени работы комплекса по определению местоположения $f_{\text{мо}}(t)$:

$$f_{\text{мо}}(t) = \frac{(\beta_{\text{мо}})^{\alpha_{\text{мо}}}}{\Gamma(\alpha_{\text{мо}})} \int_0^t x^{\alpha_{\text{мо}}-1} \exp\{-t\beta_{\text{мо}}\} dt; \quad \alpha_{\text{мо}} = \frac{T_{\text{мо}}^2}{T_{\text{мо}}^2 - T_{\text{мо}}^2}; \quad \beta_{\text{мо}} = \frac{T_{\text{мо}}}{T_{\text{мо}}^2 - T_{\text{мо}}^2}.$$

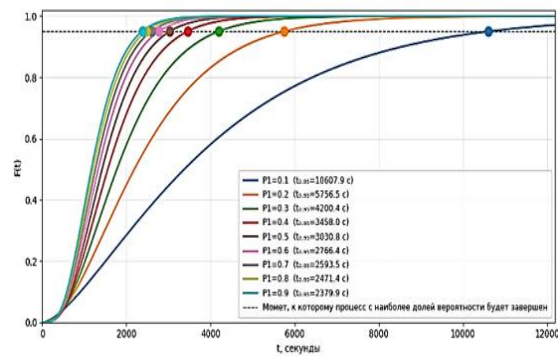
А среднее время $T_{\text{мо}}$ развёртки ИТКС комплексом КП можно определить так:

$$T_{\text{мо}} = \int_0^{\infty} t f_{\text{мо}}(t) dt$$

Результаты расчетов $T_{\text{мо}}$ и $f_{\text{мо}}(t)$ для стохастической сети представлены в виде зависимостей. На рисунке 3 и 4 изображены результаты моделирования сети для внешнего и внутреннего источника.

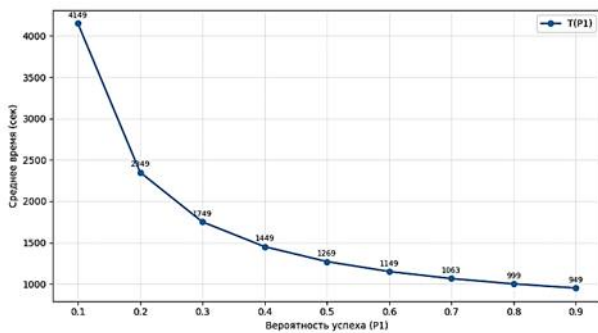


(а)

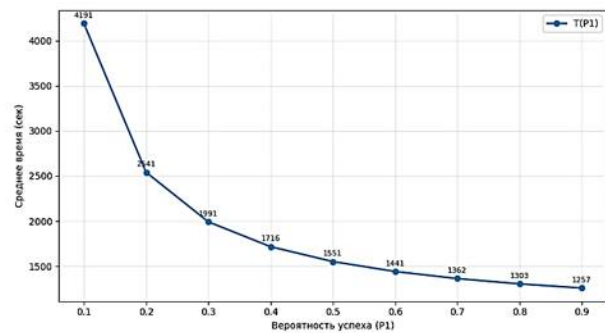


(б)

Зависимость функции распределения вероятностей для внутреннего (а) и для внешнего (б) источников



(а)



(б)

Зависимость среднего времени реализации воздействия от вероятности сопоставления актуальной привязки IP↔MAC↔порт (а) и от вероятности детекции трансляции адресов (NAT) (б).

Выводы

Проведённое моделирование показало, что интегральная функция распределения $F(t)$ для времени локализации источника монотонно возрастает к единице, а достижение уровня $F(t)=0,95$ напрямую определяется вероятностями успеха операций P_i и задержкой между повторами $\bar{t}_{\text{повт}}$. Для каждого шага при геометрической схеме повторов математическое ожидание времени описывается инженерной формулой: $E[T_i] = \bar{t}_i/P_i + ((1-P_i)/P_i)\bar{t}_{\text{повт}}$; она объясняет чувствительность процесса: при малых P_i доминирует вклад задержек между повторами, при больших P_i – собственное время шага. Внутренний контур демонстрирует меньшие $t_{0,95}$ при качественных L2/L3-источниках истины и корректной инвентаризации, тогда как внешний контур, имея более длинную цепочку и вариативные активные измерения, требует развитой телеметрии NAT/BGP и дисциплины трассировок/мультилатерации. Аппроксимация конечного распределения гамма-законом по двум моментам согласуется с символьными расчётами и обеспечивает быстрые инженерные оценки без тяжёлой инверсии преобразований.

Практическое применение результатов сводится к целенаправленному увеличению P_i и сокращению $\bar{t}_{\text{повт}}$ в узких местах. Во внутреннем контуре целесообразно повышать вероятности за счёт включения и усиления DHCP и IP Source Guard, нормализации LLDP, ревизии и автоматической валидации CMDB, а также внедрения 802.1X там, где это допустимо. Снижение $\bar{t}_{\text{повт}}$ достигается кэшированием ответов SNMP/NETCONF на окно корреляции, унификацией таймаутов опроса и применением экспоненциальной схемы пауз с верхней отсечкой; дополнительно выигрывает параллелизация независимых запросов и фоновые предзапросы. Во внешнем контуре приоритетами являются рост вероятностей через обеспечение доступности и ретеншна журналов NAT/CGNAT, унификацию форматов, использование STUN-подобных проб с управляемыми портами; повышение вероятностей за счёт устойчивости к ECMP, синхронизации времени (NTP/PTP) всех точек наблюдения, расширения набора vantage-points (включая IXP/POP) и автоматической фильтрации нетипичных ICMP-ответов. Сократить $\bar{t}_{\text{повт}}$ помогают пакетные серии трассировок с адаптивной частотой, «тёплые» BGP-срезы и локальные кэши WHOIS/RIR.

Для промышленной эксплуатации в контурах SOC/NOC целесообразно закрепить в SLO показатель «время до локализации источника», рассчитываемый по метрикам $t_{0,95}$, $E[T]$, профилю P_i и $\bar{t}_{\text{повт}}$. Следует реализовать сценарный калькулятор (what-if) на основе формулы $E[T_i]$ для оперативной оценки эффекта изменения параметров отдельных шагов. Необходимо построить аналитические панели с кривыми $F(t)$ и динамикой $t_{0,95}$ в скользящих окнах, обеспечивающие выявление и приоритизацию узких мест по их вкладу в суммарное среднее время.

Отмеченные ограничения не снижают прикладной ценности методики, но задают рамки её корректного применения. Предположения о независимости шагов и стационарности параметров P_i , $\bar{t}_i$, $\bar{t}_{\text{повт}}$ требуют калибровки по суточным/недельным профилям нагрузки. Гамма-аппроксимация оптимальна для сглаженных сумм положительных величин; при тяжёлых хвостах (нестабильные внешние измерения), целесообразно использовать смесевые модели или бутстраповую оценку по эмпирическим данным. Внешние активные измерения чувствительны к фильтрации ICMP/TTL и политикам чужих сетей, поэтому их результаты следует интерпретировать совместно с пиринговой и BGP-телеметрией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Privalov A., Kotenko I., Saenko I., Evglevskaya N., Titov D. Evaluating the functioning quality of data transmission networks in the context of cyberattacks // Energies. 2021. Vol. 14, No. 16. DOI: 10.3390/en14164755.
- 2 Коцыняк М. А., Кулешов И. А., Лаута О. С. Устойчивость информационно-телекоммуникационных сетей. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 92 с.
- 3 Шелухин О. И. Причины самоподобия телетрафика и методы оценки показателя Херста // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2007. Т. 3. № 1. С. 5–14.

- 4 Назаров А. Н. Модели и методы расчёта показателей качества функционирования узлового оборудования и структурно-сетевых параметров сетей связи следующего поколения. 2-е изд., доп. и перераб. Красноярск: ООО «Поликом», 2011. 491 с.
- 5 Привалов А. А., Титов Д. Д. Модель процесса работы узла коммутации технологической IP-сети при обслуживании приоритетного многопродуктового потока в условиях DDoS-атак нарушителя // Фундаментальные и прикладные научные исследования: сб. тр. X Междунар. конкурса науч.-исслед. работ. Уфа, 2022.
- 6 Привалов А. А., Титов Д. Д. Модель процесса передачи приоритетного многопродуктового потока по каналу телефонной IP-сети в условиях компьютерных атак // Инновационные научные исследования в современном мире: сб. тр. X Всерос. конкурса науч.-исслед. работ. Уфа, 2022.

УДК 681.518.5

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИНТЕГРАЦИИ МОНИТОРИНГА ТЯГОВОГО ТОКА В РЕЛЬСОВЫХ НИТЯХ С ЦИФРОВОЙ ДИАГНОСТИКОЙ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

В. С. Саблин, А. Г. Исайчева

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Разработка методики диагностирования с функцией поддержки принятия решений обслуживающего персонала на дистанциях сигнализации, централизации и блокировки систем железнодорожной автоматики и телемеханики обусловлена необходимостью постоянного совершенствования применения цифровых технологий на железнодорожном транспорте [1, 2].

Развитие микроэлектроники, техническое оснащение для обработки больших данных, использование искусственного интеллекта, расширение функциональных возможностей направляющих систем передачи данных позволяют обосновать применение новых преобразовательных устройств для обслуживания напольных объектов рельсовых цепей.

Концепция минимизации установки оборудования в «поле» определяет развитие комплексных подходов к обслуживанию систем обеспечения безопасности перевозочного процесса [3].

Контроль состояния рельсовых нитей как направляющей системы рельсовых цепей в настоящее время осуществляется по определению контрольного режима, то есть по случившемуся уже излому рельса без обобщения и анализа предотказного состояния.

Основная часть. Авторами предлагается в качестве диагностического параметра фиксировать значение тягового тока в дроссельных переключках и рельсовых соединителях [4, 5]. В процессе обоснования конструктивных особенностей диагностического контроллера нами проводились лабораторные испытания с различными модификациями датчиков, как встроенными в корпус контроллера, так и выносными. Исследования показали, что датчики не всех производителей соответствуют заявленным метрологическим характеристикам, при этом на одном из контроллеров в качестве эксперимента установили одинаковые встраиваемые датчики, но разных производителей [6]. По истечению 3 лет один из датчиков показывает погрешность недопустимую для проведения измерений. На сегодняшний день для проведения дальнейших изысканий применяются датчики отечественного производителя, устанавливаемые на дроссельные переключки.

На полигоне одной из железных дорог проведено экспериментальное подключение диагностического контроллера УМ–ТТ к рельсовой цепи с дроссель-трансформаторами. Структурная схема подключения представлена на рис.1.

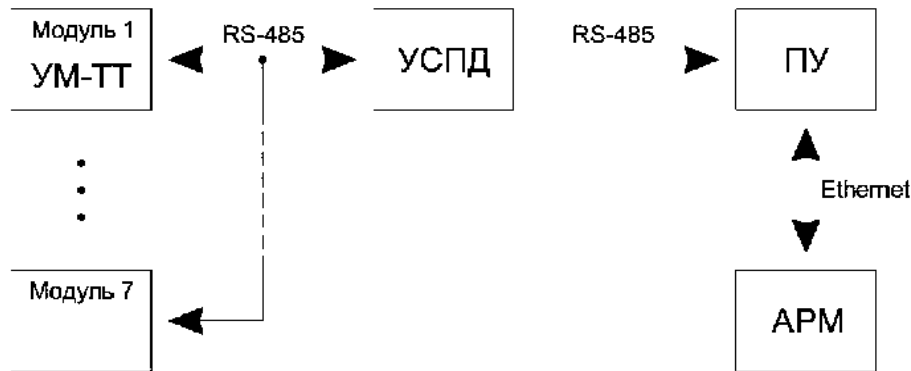


Рис. 1. Структурная схема подключения диагностического контроллера: УСПД – устройство сбора и передачи данных, ПУ – пункт управления. АРМ – автоматизированное рабочее место

На этапе разработки в качестве блока передачи данных использовали цифровой выход автомата диагностики сигнальной установки (АДСУ 24/16) с программным обеспечением 6.0.

Вывод информации осуществлялся на ПК, который подключили на месте эксперимента, на монитор системы диагностики, обеспечивающей непрерывный контроль параметров РЦ при участии её разработчиков ООО «КИТ» и на дисплей мобильного рабочего места заместителя начальника дистанции СЦБ (рис. 2).

Идентичность измеренных токов в дроссельных перемычках, вычисления разности токов и коэффициента асимметрии показывают о возможности применения предлагаемой методики диагностирования РЦ. Значения токов также фиксировались калиброванными токовыми клещами, подключёнными к дроссельным перемычкам. Измерения проводились в течении 2 часов, максимальное значение токов достигали 400 А, значение коэффициента асимметрии зафиксировано не более 6 %.



а) подключение токовых клещей и измерительных преобразователей к дроссельным перемычкам



б) мониторинг и сравнение параметров, поступающих с УМ–ТТ и выведенных на монитор ПК

Имя	Тип	Значение	Время
Коэффициент асимметрии	Процент	0,000 %	09:35:06
Максимальный ток	Ток	0,000 А	09:35:06
Напряжение ЛП1-ЛМ	Полос питания	43,12 В	09:36:34
Напряжение ЛП1-ЛМ1	Полос питания	47,93 В	09:36:35
Напряжение ЛП2-ЛМ2	Полос питания	28,00 В	09:36:35
Напряжение ОПХ-ОХХ	Фидер	213,0 В	09:36:40
Напряжение П-М	Полос питания	14,81 В	09:36:27
Напряжение РТХ-РОХ	Фидер	215,1 В	09:36:40
Напряжение С17-МС17	Полос питания	17,18 В	09:34:53
Напряжение СХ12-МСХ	Полос питания	14,87 В	09:36:27
Ток ПХ-ОХ	Ток	0,41 А	09:35:56
Ток на выходе т-ра ТК	Ток	0,000 А	09:35:01
Ток на выходе т-ра ТК_длит	Время	0,000 с	09:35:01
Ток обогрева РЦ	Ток	0,030 А	09:35:01

в) информация в мобильном рабочем месте

Рис. 2. Проведение подключения УМ–ТТ к действующей системе диагностики на участке железной дороги

Следующим этапом разработки и апробации системы контроля состояния РЦ по тяговому току в рельсовых нитях планируется размещение встроенных измерительных преобразователей в рельсовых соединителях для дополнительных данных о состоянии сборных токопроводящих рельсовых стыков. Программное обеспечение предлагаемое для УМ–ТТ возможно дополнить выводом информации о гармоническом составе тягового тока в РЦ для интеграции с предиктивными данными со смежных служб, обеспечивающими обслуживание локомотивного парка и систем электроснабжения на участке.

Заключение. Недостатком способа определения предотказного состояния по тяговому току является невозможность определения вандальных действий таких как изъятие рельсов, дроссельных перемычек и рельсовых соединителей, но при условии обучения системы на малых значениях тока менее 10 А и сопоставления с условиями контрольного режима РЦ вандальные действия с большой долей вероятности возможно обнаружить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Совершенствование алгоритма определения предотказного состояния рельсовых цепей при дистанционной диагностики / А. А. Солдатов, А. Г. Исайчева, Д. А. Шашин [и др.] // Наука и образование транспорту. 2019. № 1. С. 344–346. EDN CRPKYH.
- 2 Исайчева А. Г., Башаркин М. В., Шашин Д. А. Разработка устройства мониторинга тягового тока // Автоматика, связь, информатика. 2024. № 10. С. 2–4. DOI 10.62994/AT.2024.10.10.001. EDN PSWFNE.
- 3 Распоряжение ОАО «РЖД» от 22.07.2022 N 1896/р «Об утверждении Концепции развития и реформирования подходов в области диагностирования и мониторинга физических активов ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/71444564/?ysclid=mj4a1e9dz6264425452>
- 4 Исайчева А. Г., Вельмин С. А., Башаркин М. В. Устройство измерения тягового тока в процессе эксплуатации рельсовой сети // Наука и образование транспорту. 2018. № 1. С. 210–212. EDN YZAGNN.
- 5 Апробация системы контроля асимметрии тягового тока на полигоне куйбышевской железной дороги – филиале ОАО «РЖД» / В. С. Мазилкин, А. В. Заводовский, А. Г. Исайчева [и др.] // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 298–299. EDN ICBVBK.
- 6 Исайчева Н. А., Астапенкова А. А., Исайчева А. Г. Этапы разработки процесса автоматизации измерения токов в рельсовых нитях // Научно-технический вестник Поволжья. 2025. № 8. С. 122–125. EDN MZDQRZ.

УДК 625.143.4

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Е. М. Тарасов, С. А. Надежкина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Существующие различные виды схем замещения рельсовой линии применяются для анализа конкретного рассматриваемого объекта и его свойств и, в свою очередь, позволяют исследовать электромагнитные процессы в сложных системах. В зависимости от поставленных задач, в настоящее время используются обобщенные и основные схемы замещения, каждая из которых обладает отличной от другой методикой расчета и областью применения.

Так, в рамках представленной работы для разработки математической модели рельсовой цепи (РЦ), адекватно описывающей ее электрические и физические свойства, объект железнодорожной инфраструктуры, в частности, рельсовая линия (РЛ), являющаяся чувствительным элементом РЦ и компонентом передачи содержательной информации о контрольном состоянии железнодорожного пути, рассматривается в качестве симметричного четырехполюсника (рис.1) [1–3]. Такой подход позволяет сформулировать гипотезу о том, что четырехполюсник симметричный и визуализируемые графики зависимостей входного сопротивления Z_{VX} со стороны начала РЛ и обратного входного сопротивления Z_{VXO} со стороны конца РЛ $Z_{VX} \equiv Z_{VXO}$. Утверждение подтверждается графиками, отображенные на рис. 3.

Согласно [2], РЛ представляется в виде каскадного соединения четырехполюсников и визуализируется посредством основной схемы замещения в качестве линии с равномерно распределенными параметрами (рис.1). Такая композиционная модель представления РЛ позволяет более удобно описать происходящие электромагнитные процессы в РЛ [4–6].

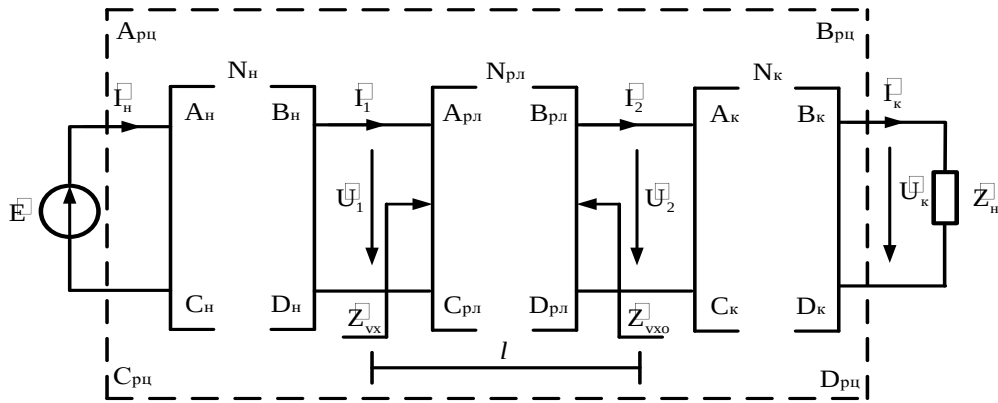


Рис. 1. Основная схема замещения РЛ

Для проведения анализа определения пределов информативных первичных параметров РЛ и ее характера изменения выполнено математическое моделирование при помощи программно – математического пакета Python.

Алгоритмическая блок – схема исследования пределов изменения параметров с учетом преобразования первичных параметров РЛ представлена на рис. 2, и состоит из следующих шагов.

- Шаг 1. Начало ввода исходных содержательных данных, в роли которых первичные параметры рельсовой линии.
- Шаг 2. Проведение расчета коэффициентов четырехполюсника рельсовой линии $[A, B, C, D]$, с учетом его симметричности $[A] = [D]$.
- Шаг 3. Осуществление вычисления напряжений и тока, которые являются информативными признаками.
- Шаг 4. Проверка на завершение исследований моделирования по воздействию проводимости изоляции и, соответственно, организация цикла вычисления. Если условие выполняется, то переход к следующему блоку.
- Шаг 5. Реализация условия невыполнения организованного цикла, и переход к блоку 1.
- Шаг 6. Вывод результатов на печать.

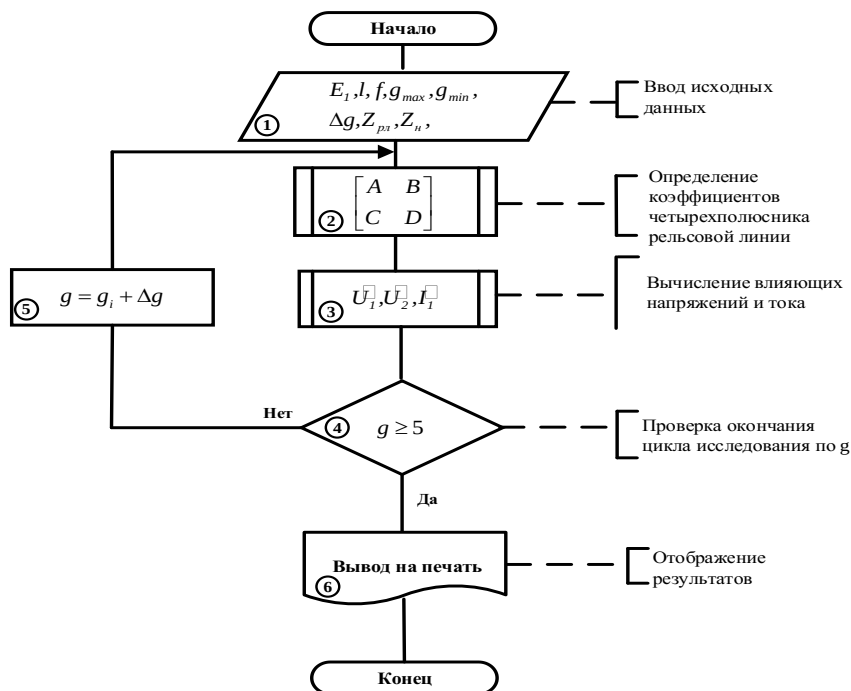


Рис. 2. Сформированная блок – схема по исследованию зависимостей первичных параметров рельсовой линии от проводимости изоляции

На основе предложенной математической модели РЛ получены зависимости первичных информативных параметров РЛ от проводимости изоляции.

Из графиков (рис.3 (а, б,)) следует симметричность входных сопротивлений РЛ, т.е. подтверждается гипотеза, выдвинутая ранее о симметричности.

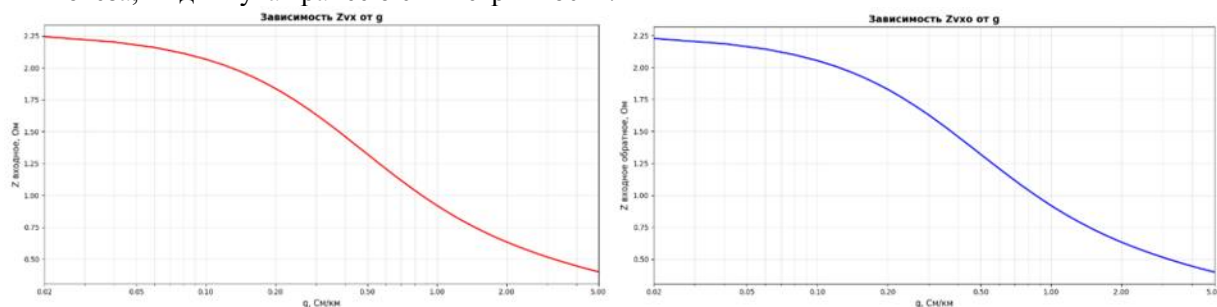


Рис. 3. Зависимость входного сопротивления от проводимости изоляции рельсовой линии в логарифмическом виде

а) Зависимость Z_{vx} от g

б) Зависимость Z_{vxo} от g

На основе проведенных исследований подтвердилась корректность математической модели. При малых значениях проводимости изоляции g в диапазоне от 0,05 до 0,2 Cm/km наблюдается резкое уменьшение Z_{vx} , при значениях проводимости изоляции g в пределах от 0,2 до 2,0 Cm/km график приобретает экспоненциальный характер, когда значения проводимости изоляции g варьируются в пределах от 2,0 до 5,0 Cm/km график приобретает линейный характер.

Вследствие доказательства гипотезы о симметричности четырехполюсника РЛ в нормальном режиме рис. 3 (б) представляет идентичные содержательные данные о зависимости Z_{vxo} от g , как и рис.3 (а).

Также при изменении входных параметров РЛ в зависимости от пределов изменения g , из графика на рис. 4 (а) следует, что при анализе зависимости напряжения со стороны начала рельсовой линии от проводимости изоляции можно выделить следующие характерные диапазоны: диапазон резкого снижения наблюдается при показателях проводимости изоляции от 0,02 до 0,10 Cm/km ; экспоненциальное уменьшение проявляется между значениями от 0,10 до 0,50 Cm/km ; линейный характер график начинает приобретать в диапазоне значений от 0,50 до 5,00 Cm/km .

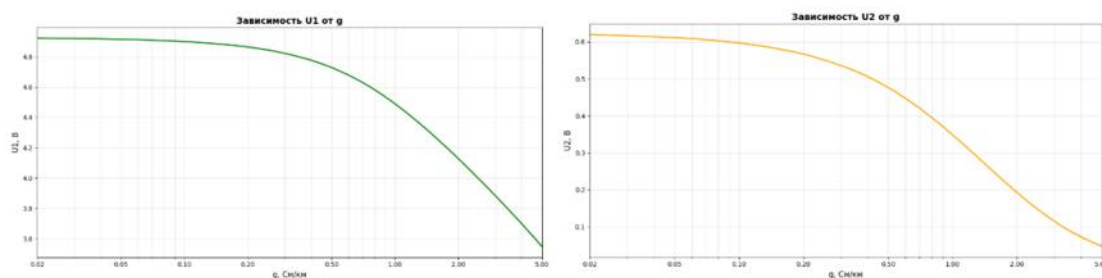


Рис. 4. Зависимость напряжения на входе и выходе рельсовой линии от проводимости изоляции в логарифмическом виде

а) Зависимость напряжения на входе рельсовой линии от g

б) Зависимость напряжения на выходе рельсовой линии от g

При рассмотрении влияния проводимости изоляции на напряжение на выходе рельсовой линии (рис.4 (б)) становится очевидно, что в диапазоне значений от 0,02 до 0,10 Cm/km график отражает линейный характер изменений, при рассмотрении параметров проводимости изоляции от 0,10 до 5,0 Cm/km проявляется экспоненциальное уменьшение.

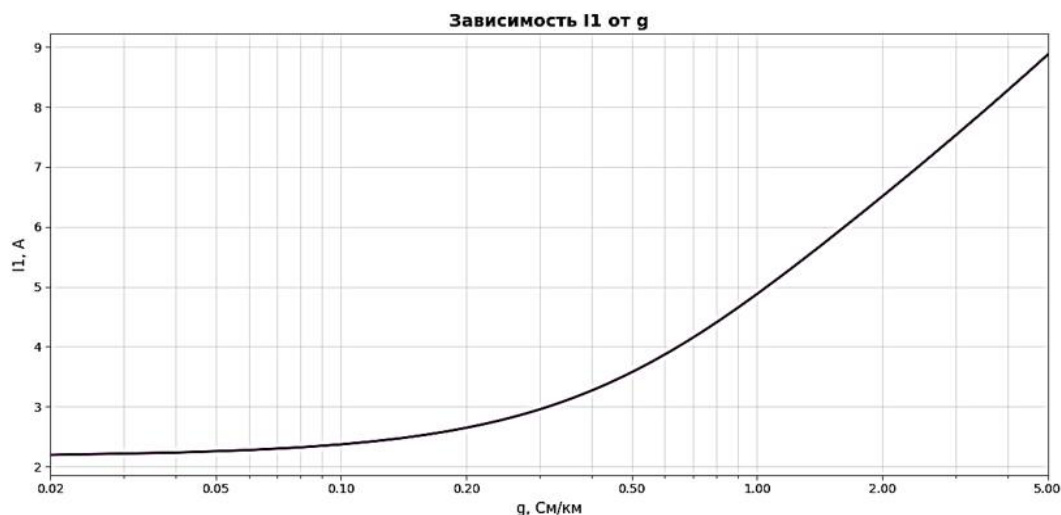


Рис. 5. Зависимость тока на входе рельсовой линии от проводимости изоляции в логарифмическом виде.

Рис. 5 отражает экспоненциальный рост тока при диапазоне изменений от 0,10 до 0,50 См/км, в то время как в области значений проводимости изоляции от 0,50 до 5,00 См/км график приобретает линейный характер.

Соответственно, сформированная алгоритмическая модель является адекватной и корректной, и позволяет на основе полученных результатов визуализировать характер изменения первичных параметров рельсовой цепи.

Выводы. В результате проведенного исследования разработана математическая модель рельсовой линии, которая, в свою очередь, представлена в виде симметричного четырехполюсника. Алгоритмическая модель корректно описывает электрические свойства рельсовой линии. Также авторами подтверждена гипотеза о симметричности четырехполюсника рельсовой линии в нормальном режиме работы посредством получения результатов математического моделирования, показавшими идентичность графиков зависимости входного сопротивления и обратного входного сопротивления от проводимости изоляции. Путем математического анализа установлены характерные пределы изменения проводимости изоляции, при которых наблюдается различный характер влияния на напряжение на входе рельсовой линии, на напряжение на выходе рельсовой линии, а также на ток в рельсовой линии. Полученные результаты обладают практической значимостью для дальнейших исследований в области систем диагностики и мониторинга состояния рельсовой линии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тарасов Е. М. Математическое моделирование рельсовых цепей с распределенными параметрами рельсовых линий: учеб. пособие / Е. М. Тарасов ; СамГАПС. Самара, 2003. 117 с.
- 2 Брылеев А. М., Кравцов Ю. А., Шишляков А. В. Теория, устройство и работа рельсовых цепей. М.: Транспорт, 1978. 344 с.
- 3 Аркатов В. С., Кравцов Ю. А., Степенский Б. М. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание. М.: Транспорт, 1990. 295 с.
- 4 Каллер М. Я., Соболев Ю. В., Богданов А. Г. Теория линейных электрических цепей железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: учебник для вузов. М.: Транспорт, 1987. 335 с.
- 5 Казиев Г. Д. Обеспечение надежной работы рельсовых цепей // Железнодорожный транспорт. 2006. № 4.
- 6 Тарасов Е. М., Надежкин В. А., Надежкина С. А. Исследование изменения входного сопротивления на контроль состояния изолирующих стыков // Наука и образование транспорту. 2023. № 1. С. 239–241.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ГИБРИДНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ОТЦЕПОВ

Е. М. Тарасов, А. Е. Тарасова, И. С. Бредун

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В Стратегии развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года, утвержденном распоряжением Правительства РФ от 17.06.2008 г. № 877–Р по дальнейшему развитию транспортного комплекса особое значение уделяется увеличению пропускной способности участков железных дорог и перерабатывающей способности сортировочных станций за счет автоматизации станционных процессов на основе цифровых железных дорог (ЦЖД) и цифровых железнодорожных станций (ЦЖС), представляющих как сложная технико–технологическая система, имеющая неразрывную связь с цифровой экономикой страны.

При этом высокую эффективность имеют механизация и автоматизация сортировочных горок посредством широкого внедрения автоматизированной системы управления сортировочными станциями на основе цифровых технологий.

Система контроля заполнения путей сортировочного парка относится к классу автоматизированных систем управления сортировочными процессами, функционирующих в режиме реального времени в условиях индустриальной эксплуатации [1].

Разработка обобщённой структурной схемы гибридного измерительного комплекса. Основная задача при разработке решающего устройства системы распознавания – автоматизация измерительных процедур от момента начала измерения сигналов, характеризующих состояния рельсовых линий первичными датчиками (Д), до момента преобразования информации в решающем устройстве [2].

Данная процедура выделяется (подразделяется) на 2 этапа преобразования информации:

- первичная, или предварительная обработка, реализация гибридными структурами, содержащими аналоговые каскады, аналого-цифровое преобразования, цифро-аналоговые процедуры и т. д.;
- основная обработка, реализуется с использованием микропроцессоров, микроконтроллеров, микро – ЭВМ и др.

Разделение процедуры образования информации на первичный и основной этап условное, т.к. сложность процедур и число этапов зависит от конкретных условий задачи. Из процедуры разделения и преобразования информации следуют две группы вычислительных средств обработки информации: гибридные и цифровые. На первом этапе используются гибридные системы, а на втором, основном – ЭВМ.

В соответствии с ГОСТ Р8.596–2002, Т80, от 01.03.2003, измерительный канал измерительной системы представляет собой конструктивно–функциональную часть измерительной системы, выполняющую функцию от преобразования сигнала в информацию до получения результата измерений виде числа или кода [3].

Соответственно, измерительные каналы являются наиболее сложной компонентой системы обработки информации. Как правило, измерительные каналы систем первичной обработки информации, в отличие от классификаторов состояний на базе распознавания образов, создаются в «полевых условиях», что может вызвать появление ошибок, которые достаточно трудно обнаружить [4].

Поэтому необходимо при создании измерительных каналов рассмотреть вопросы помехозащищенности, метрологической оценки сигналов, а также такие характеристики измерительных каналов, как порог чувствительности, динамический диапазон сигнала, ошибки измерения

Обобщённая структурная схема измерительного канала гибридной структуры представлена на рис. 1.

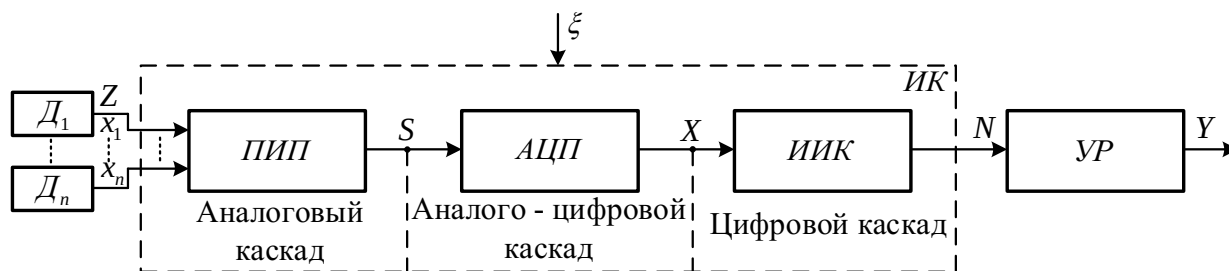


Рис. 1. Обобщённая структурная схема измерительного канала:

ИК – измерительный канал;

$D_1, \dots, D$ – датчики;

ПИП – первичные измерительные преобразователи;

АЦП – аналогово – цифровой преобразователь;

ИИК – интерфейс измерительного канала;

УР – устройство распознавания.

Получение измерительной величины $X = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ представляется как результат промежуточных преобразований информативных параметров $x_1, \dots, x_n$ в условиях воздействия внешних возмущений ξ , как помехи, изменение климатических воздействий: температуры, влажности и т.д.

Обобщённая структурная схема измерительного канала с выделением первичной обработки и измерительной информации представлена на рис. 2. Необходимо обратить внимание, что в представленной структурной схеме мультиплексор каналов, заключенный в ПИП на рис.1. выполнен как аналоговый коммутатор сигналов. Достоинством организации такой архитектуры является наличие одного аналого– цифрового преобразователя и при этом достигается повышенная точность измерения, т.к. исключается погрешность n – АЦП.

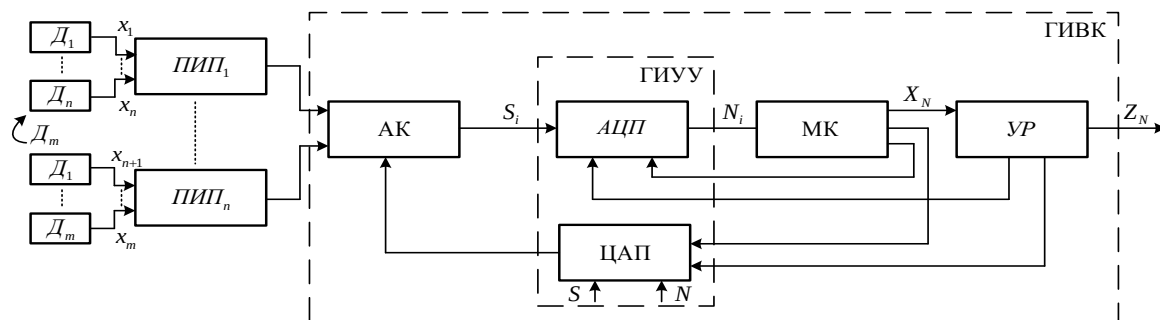


Рис. 2. Обобщённая структурная схема гибридного измерительного комплекса с основным коммутатором сигналов:

АК – аналоговый коммутатор;

ЦАП – цифроаналоговый преобразователь;

МК – мультиплексор каналов;

S, N – управляющие символы: S – аналоговый; N – цифровой;

X_N – цифровые образы состояний координат отцепов.

Блоки АЦП и ЦАП образуют гибридное информационно управляющее устройство (ГИУУ), оперирующие аналоговой и цифровой информацией S_i, N_i . Основная особенность ГИУУ заключается в архитектуре построения на базе решающих элементов с неразделимыми цифровыми и аналоговыми признаками преобразования. В отличие от этого каскада УР выполняет только обработку входной информации (образов состояний) только в цифровой форме. Сочетание ГИУУ и УР рассматривается как гибридный измерительно – вычислительный комплекс (ГИВК) [5].

Заключение. Таким образом, измерительные каналы являются наиболее сложной компонентой системы обработки информации. Как правило, измерительные каналы систем первичной обработки информации, в отличие от классификаторов состояний на базе распознавания образов, создаются в «полевых условиях», что может вызвать появление ошибок, которые достаточно трудно обнаружить.

Поэтому необходимо при создании гибридного измерительного комплекса измерительных каналов необходимо рассмотреть вопросы помехозащищенности, метрологической оценки сигналов, а также такие характеристики измерительных каналов, как порог чувствительности, динамический диапазон сигнала, ошибки измерения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Тарасов Е. М., Бредун И. С. Разработка модели определения состояния рельсовой цепи от изменения геопозиции поезда на блок-участке // Транспортное дело России. 2024. № 4. С. 210–213.
- 2 Реализация принципа двухканальности в волоконно-оптических информационно-измерительных системах / Е. А. Бадеева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2021. № 2(58). С. 87–98. DOI 10.21685/2072–3059–2021–2–8.
- 3 ГОСТ Р 8.596–2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения: принят постановлением Госстандарта РФ от 30.09.2002 № 357–ст: дата введения 2003–03–01. URL: <https://base.garant.ru/5369680/?ysclid=mj4a3xkt7y811793048>

- 4 Бойцов Д. А. Современные многопроцессорные системы обработки информации и управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2015. № 2. С. 38–40.
- 5 Ключев А. О., Кустарев П. В., Платунов А. Е. Аппаратные средства информационно-управляющих систем: учебное пособие. СПб : Университет ИТМО, 2015. 65 с

УДК 681.5

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ: ОБЗОР МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Е. М. Тарасов, Е. В. Тришина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Аккумуляторные батареи (АБ) стали неотъемлемой частью современной жизни в самых разнообразных сферах. Они используются как в системах автотранспорта и питании портативных устройств, так и в обеспечении бесперебойной работы ответственного оборудования и аккумуляции энергии в альтернативной энергетике. На железнодорожном транспорте АБ становятся критически важным элементом инфраструктуры, ведь они обеспечивают работу систем устройств связи, систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) и аварийного освещения, что напрямую влияет на безопасность и бесперебойность перевозочного процесса [1].

Во всех перечисленных случаях, и особенно на железнодорожном транспорте, преждевременный отказ аккумуляторных батарей может повлечь за собой серьезные сбои в работе. Именно поэтому высокую значимость имеет оперативная информация о текущем состоянии АБ для своевременной замены [2].

Методы оценки состояния аккумуляторных батарей. Резервная и номинальная емкости являются основными эксплуатационными характеристиками аккумуляторных батарей. Тем не менее, для прямого измерения емкости необходимо отключить батарею от рабочей системы, что нецелесообразно в условиях непрерывной эксплуатации. В целях оперативной оценки состояния АБ, как правило, применяют косвенные методы, основанные на анализе параметров, характеризующихся высокой скоростью измерения, например, внутреннего сопротивления.

«При анализе существующих методов прогнозирования разряда аккумуляторов позволяет выделить несколько основных подходов:

1. Прямое измерение. Этот способ основан на снятии основных физических параметров аккумулятора – напряжения и внутреннего импеданса. Полученные данные служат основой для расчёта разрядной кривой с помощью установленных эмпирических формул.
2. Кулоновские методы (КМ). Принцип метода заключается в том, что для оценки состояния аккумулятора используется ток его разряда. По сути, ведётся учёт количества электричества, отданного элементом питания.
3. Интеллектуальные системы. Методы этой категории способны самостоятельно подстраиваться под меняющиеся условия в ходе реальной эксплуатации, что повышает их гибкость и точность.
4. Гибридные методы. Для достижения максимальной точности прогнозирования в этих методах объединяются различные способы оценки. Такой синтез позволяет учитывать широкий спектр факторов и рабочих сценариев» [3].

Таблица

1. Прямое измерение	Метод хх по напряжению Метод анализа напряжения при замкнутой цепи Метод анализа по вч входному сопротивлению Спектроскопический метод импеданса
2. Кулоновские методы	КМ по разряду батареи Модифицированный КМ по временному анализу разряда
3. Интеллектуальные системы	Нейронные сети (НС) обратного распространения НС, радиально-базисных функций НС, на алгоритме опорных векторов НС, на нечёткой логике Метод, основанный принципом Фильтра Калмана
4. Гибридные методы	Совмещение Кулоновского счёта и методов учёта ЭДС. Совмещение Кулоновского счёта и фильтра Калмана Совмещение методов Кулоновского счёта и регрессионного анализа

Наиболее удобным методом прогнозирования разряда аккумуляторов для устройств телекоммуникационных систем на железнодорожном транспорте являются методы прямого измерения. В частности, метод импеданса, то есть измерение полного сопротивления батареи, на высокой частоте. Рассмотрим метод «измерения внутреннего сопротивления аккумулятора по переменному току» [4].

При выборе пользователем режима определения внутреннего сопротивления переменным током микроконтроллер запускает следующий алгоритм действий.

Шаг 1 контрольное измерение напряжения аккумуляторной батареи.

Шаг 2 проверка условия по напряжению: если напряжение аккумулятора выше установленного минимального уровня 2,6 В, то переход к следующему шагу.

Шаг 3 к измерительным клеммам подключается специализированный измерительный узел. Его функция – генерация переменного напряжения частотой 1 кГц, при этом он постоянно отслеживает и регулирует ток нагрузки так, чтобы гарантировать, что пульсации напряжения не выйдут за пределы 20 мВ.

Шаг 4 временная выдержка подключенного состояния измерительного контура в течение 10 секунд.

Шаг 5 по истечении временной выдержки фиксация среднеквадратичного значения переменного напряжения на аккумуляторе и тока через него.

Шаг 5 с использованием измеренных среднеквадратических величин напряжения и тока расчет итогового значения внутреннего сопротивления.

Вычисленный результат диагностики отображается на экране микроконтроллера. Затем микроконтроллер сохраняет текущее состояние аккумулятора в памяти и подготавливается к работе в другом режиме или к повторению цикла измерения и диагностики. Блок схема реализации последовательностей шагов диагностики представлена рисунке.

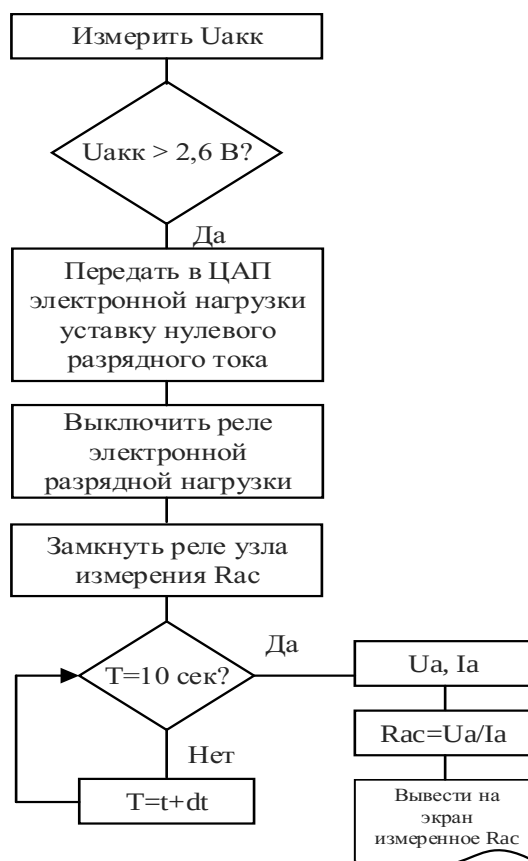


Рис. Блок схема реализации последовательностей шагов диагностики

Программная реализация данного алгоритма может быть интерпретирована с помощью языка программирования Python.

Использование Python также открывает возможности для интеграции алгоритма диагностики в более сложные системы мониторинга, например, для сбора статистики, прогнозирования остаточного ресурса аккумуляторной батареи или визуализации трендов её состояния в реальном времени. Таким образом, программная реализация на Python служит эффективным средством для верификации алгоритма, обучения персонала и разработки прототипов диагностических комплексов для железнодорожного транспорта.

Выводы. В проведенном анализе диагностики состояния аккумуляторных батарей в телекоммуникационных системах показало, что они являются важным звеном в обеспечении безопасного функционирования.

ния телекоммуникационных систем и устройств на железнодорожном транспорте и своевременная достоверная диагностика их состояния позволяет предотвратить отказы, и, соответственно, ущербом от отказов. В работе рассмотрены методы оценки состояния аккумуляторных батарей, включая метод прямых измерений, электролитические методы, интеллектуально-гибридные подходы. Оказалось, что для диагностики аккумуляторных батарей в телекоммуникационных системах на железнодорожном транспорте удобнее всего применить метод прямого измерения через измерение сопротивления аккумуляторной батареи на высокой частоте. Это позволяет обеспечить оперативную оценку состояния батареи в процессе их функционирования. В работе представлен разработанный авторами алгоритм высокочастотного измерения входного сопротивления батареи, предложенный реализовать с помощью микроконтроллера, что показывает реализуемость предложенного алгоритма диагноза состояния аккумуляторной батареи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Чупин Д. П. Параметрический метод контроля эксплуатационных характеристик аккумуляторных батарей: специальность 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Чупин Дмитрий Павлович. Омск, 2014. 22 с. EDN ZPMUJD.
- 2 Никитин А. Б., Шатохин В. А., Порошин А. А. Диагностика и мониторинг аккумуляторной батареи в устройствах электропитания железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика на транспорте. 2019. Т. 5, № 2. С. 233–243. DOI 10.20295/2412–9186–2019–5–2–233–243. EDN RMBKJU.
- 3 Chang W. Y. The state of charge estimating methods for battery: A review // International Scholarly Research Notices. 2013. Т. 2013.
- 4 Чупин Д. П. Исследование методов диагностики аккумуляторных батарей // Омский научный вестник. 2013. № 1 (117). 2013. С. 253–257.
- 5 Чупин Д. П. Метод определения емкости аккумуляторных батарей // Динамика систем, механизмов и машин: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. (Омск, 13–15 ноября 2012 г.) : в 5 кн. Омск : Изд-во ОмГТУ, 2012: Кн. 1. С.342–345.

УДК 004.4

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЯ

А. А. Уланов, Н. Ю. Туров

Сибирский государственный университет путей сообщения

Введение. До появления современных систем непрерывного мониторинга микроклимата контроль осуществлялся ручными методами. Эти методы были связаны с замерами температуры, влажности, скорости и направления ветра, количества осадков. Существенным недостатком ручного метода является то, что нужен был постоянный контроль.

Однако с появлением АСУ ТП и такой концепции как «Интернет вещей» (от англ. Internet of things, IoT), данный недостаток был устранён. Это концепция подразумевает подключение физических объектов и устройств к интернету с целью сбора, передачи и анализа данных. Эти объекты могут быть снабжены датчиками, микроконтроллерами и другой электроникой, которая позволяет им собирать информацию и выполнять действия на основе полученных данных.

IoT имеет широкий спектр применения, включая здравоохранение, умный дом, промышленность и многое другое. Основное назначение IoT – это автоматизация рутинных задач и сбор данных для анализа и принятия решений.

Цель научно-исследовательской работы – это разработать ПО для непрерывного мониторинга окружающей среды и микроклимата помещения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить предметную область;
- рассмотреть часто применяемые системы мониторинга микроклимата;
- изучить подключаемые устройства к системе;
- выбрать инструмент разработки и проектирования графического интерфейса;
- спроектировать базу данных;
- разработать программный код и выполнить отладку программы.

Предметная область – это разработка ПО для непрерывного мониторинга окружающей среды и микроклимата помещения.

Актуальность данной разработки обусловлена развитием и широким применением IoT. Системы мониторинга микроклимата позволяют автоматизировать процесс контроля за помещением, особенно для помещений с особыми требованиями (серверная комната, лаборатория и т.д.). Программное обеспечение, разрабатываемое в данной научно-исследовательской работе, позволит расширить функционал и решить проблемы, которые имеются у существующих аналогов.

Методы решения задачи. Предметная область охватывает разработку ПО для непрерывного мониторинга окружающей среды и микроклимата помещения.

Умный дом – это система, которая объединяет различные устройства в единую сеть для повышения комфорта и безопасности. К таким устройствам можно отнести различные датчики (температуры, влажности, протечки, движения и т.д.); устройства для управления освещением (умные выключатели, лампочки), климатом (кондиционеры, обогреватели) и устройства для безопасности (видеодомофоны и видеонаблюдение).

В рамках аналитического исследования были изучены результаты исследования GfK о знании систем умного дома и их использования в России. Согласно этим данным, 52 % россиян, проживающих в крупных городах, уже пользуются устройствами умного дома, и ещё 23 % планируют стать пользователями умного дома в ближайшем будущем.

Исследование в формате онлайн-опроса проводилось среди людей в возрасте от 18 до 65 лет, проживающих в крупных городах (с населением от 700 тыс. человек). В разных возрастных категориях количество людей, использующих устройства умного дома, отличается. Самые активные пользователи умных технологий – люди в возрасте от 18 до 45 лет, особенно – семьи с детьми. Но и в более старших возрастных группах количество пользователей или планирующих начать пользоваться умным домом превышает 50 % [1].

Подавляющее большинство жителей крупных городов рассматривают умный дом как то, что помогает сделать жизнь удобнее, комфортнее и безопаснее. Желание облегчить работы по дому – самый распространенный мотив покупки умных устройств среди пользователей. Исследование показало, что те пользователи, которые уже подключили умные устройства, чаще хотят создать единую экосистему и готовы приобретать новые гаджеты, чтобы автоматизировать домашнюю рутину [1].

«Интернет вещей» может быть потребительским (Consumer IoT, CIoT) и промышленным (Industrial Internet of Things, IIoT).

Потребительский интернет вещей. Это совокупность подключенных к сети устройств, предназначенных для использования в повседневной жизни. К таким устройствам относятся умные колонки, интеллектуальное освещение, автоматические окна, умные счётчики и т.д.

Промышленный интернет вещей. Это совокупность подключенных к сети устройств, которые собирают и передают данные для оптимизации промышленных процессов. К таким устройствам можно отнести оборудование компании «ОВЕН» (контроллер для управления холодильными установками, контроллер для отопления, двухканальный цифровой терморегулятор).

Размещение датчиков и их количество зависит от специфики помещения. Нужно учитывать площадь помещения, высоту помещения, тип помещения (склад, производство и т.д.), архитектурные особенности помещения (колонны) и т.д. Обычно датчики температуры, влажности устанавливаются на каждые 25 квадратных метров, на высоте 1,5 – 2 метра от уровня пола. Важно избегать близости окон, дверей, систем отопления для точного измерения.

Если рассматривать складское помещение, допустим 500 кв. м., то теоретически нам понадобится 20 датчиков, и это только датчики, предназначенные для измерения, регистрации и автоматического регулирования температуры и влажности.

Масштаб – одно из основных различий между потребительскими интернет вещами и промышленными интернет вещами.

Сферы применения «Интернет вещей»:

- *Энергетика.* Применяются для мониторинга каналов электроснабжения и реализации интеллектуальных энергосетей.
- *Метеорология.* Применяются для: измерения физических параметров в любом месте; получение информации в режиме реального времени; анализа данных и использования для подготовки прогнозов; предотвращения негативных последствий природных явлений.
- *Умные дома.* Применяются для автоматизации бытовых задач.
- *Нефтехимическая отрасль.* Применяются для автоматического распознавания отклонений от производственных норм.

- *Домашние животные.* Применяются для отслеживания здоровья, местоположения домашних питомцев.
- *Металлургия.* Применяются для сбора данных с датчиков, находящихся на труднодоступных участках производства.
- *Машиностроение.* Применяются для контроля и анализа функционирования оборудования и работы персонала в режиме реального времени.
- *Медицина и здравоохранение.* Применяются для мониторинга состояния здоровья и систем оповещения о чрезвычайных ситуациях.
- *Сельское хозяйство.* Применяются для сбора данных о температуре, количества осадков, влажности, скорости ветра и т.д.

Функции «Интернет вещей»:

- Автоматизация процессов;
- Экономия ресурсов;
- Наблюдение за безопасностью;
- Получение быстрого доступа к данным.

На рынке представлено множество систем мониторинга микроклимата, однако в данной научно-исследовательской работе будут рассмотрены наиболее часто используемые варианты.

Home Assistant. Это бесплатное программное обеспечение с открытым исходным кодом для домашней автоматизации, которое разработано как центральная система управления устройствами умного дома с акцентом на локальное управление и конфиденциальность [2].

Проект был запущен как приложение на Python Паулюсом Шутсеном в сентябре 2013 года и впервые опубликован на GitHub в ноябре 2013 года. В июле 2017 года была представлена управляемая операционная система под названием Hass.io, чтобы упростить использование Home Assistant на одноплатных компьютерах, таких как серия Raspberry Pi. Входящая в комплект система управления «супервизор» позволяла пользователям управлять, создавать резервные копии и обновлять локальную установку, а также предоставила возможность расширения функциональности программного обеспечения с помощью дополнений [2].

В декабре 2017 года была введена дополнительная услуга подписки за 5 долларов в месяц для решения сложностей, связанных с защищенным удаленным доступом, а также привязкой к Amazon Alexa и Google Assistant. В сентябре 2018 года была создана компания Nabu Casa, Inc. для приобретения услуг по подписке. Финансирование компании основано исключительно на доходах от услуги по подписке. Он используется для финансирования инфраструктуры проекта и оплаты труда штатных сотрудников, участвующих в проекте [2].

В январе 2020 года брендинг был скорректирован, чтобы было проще ссылаться на разные части проекта. Основная часть программного обеспечения была переименована в Home Assistant Core, в то время как полный набор программного обеспечения со встроенной операционной системой и встроенной системой управления «супервизором» был переименован в Home Assistant [2].

OpenHAB (Open Home Automation Bus). Это программное обеспечение для домашней автоматизации с открытым исходным кодом.

Проект openHAB стартовал в 2010 году. В 2013 году основной функционал стал официальным проектом Eclipse Foundation под названием Eclipse SmartHome. openHAB основан на Eclipse SmartHome и остается проектом по разработке привязок [3].

ioBroker. Это программное решение для автоматизации вашего дома. Это позволяет интегрировать широкий спектр систем умного дома, которые оставались бы изолированными без ioBroker, что обеспечивает комплексный контроль.

Таким образом, ioBroker является платформой интеграции Интернета вещей (IoT) и обеспечивает интеграцию бесплатных и коммерческих продуктов практически из всех сфер жизни, а также интеграцию самостоятельно созданных решений [4].

Среди отечественных разработок рассмотрим MajorDoMo, умный дом с Алисой (Яндекс), умный дом Sber (Sber Devices) и умный дом с Марусей (mail.ru).

MajorDoMo. Это программное обеспечение, которое устанавливается на сервер в локальной сети и обеспечивает взаимодействие между оборудованием от различных производителей как в ручном режиме (через устройства управления), так и в автоматическом режиме по заданным сценариям.

Умный дом с Алисой. Это система, в которой различные устройства подключаются к платформе Яндекс и управляются либо через приложение, либо через голосовые команды (Яндекс.Станция принимает команду, обрабатывает её и выполняет).

Умный дом Sber. Это система, которая позволяет управлять сотнями устройствами мировых производителей в одном мобильном приложении (приложение «Салют»).

Умный дом с Марусей. Это система управления различными устройствами с помощью голосового помощника Маруся.

Анализ полученных результатов. В результате проведенного аналитического исследования была изучена осведомленность граждан о знании систем умного дома и их использования в России, изучен перечень аналогов систем мониторинга микроклимата и описана предметная область. Сравнение существующих аналогов представлено в таблице.

Таблица

Сравнение существующих аналогов

Системы мониторинга	Сильные стороны
Home Assistant	– Интеграция с различными устройствами; – Бесплатное ПО с открытым кодом; – Мощные средства автоматизации; – Универсальные информационные панели.
openHAB	– Способность интегрировать множество других устройств и систем. OpenHAB объединяет другие системы домашней автоматизации, (интеллектуальные) устройства и другие технологии в единое решение; – Бесплатное ПО с открытым кодом; – Обеспечивает единый пользовательский интерфейс и общий подход к правилам автоматизации для всей системы, независимо от количества задействованных производителей и подсистем.
ioBroker	– Независимость платформы. ioBroker можно установить практически на все аппаратные платформы, работающие под управлением Linux, OSX, Windows; – Бесплатное ПО с открытым кодом; – Масштабируемость. Если со временем потребуется подключение дополнительных систем умного дома, пользователь может реализовать их в любой момент, используя дополнительные адаптеры во время работы.
MajorDoMo	– Кроссплатформенная работа; – Бесплатное ПО с открытым кодом; – Поддержка большого количества оборудования и протоколов; – Подходит для проектов любого масштаба.
Умный дом с Алисой	– Мощные средства автоматизации; – Совместимость с устройствами сторонних производителей.
Умный дом Sber	– Мощные средства автоматизации; – Энергосбережение; – Совместимость с устройствами сторонних производителей.
Умный дом с Марусей	– Удобный список устройств с их актуальными статусами; – Возможность управления параметрами устройств; – Возможность объединять устройства в группы; – Управление настройками умных колонок с Марусей; – Есть возможность прописывать разные сценарии.

Основываясь на данных, полученных из таблицы 1, можно сделать вывод, что данные системы предназначены для мониторинга потребительских интернет вещей, которые используются в коттеджах, квартирах. В свою очередь, моё разрабатываемое ПО будет использоваться для мониторинга промышленного интернета вещей, т.е. использоваться и на малых объектах, и на больших объектах. Также моя система будет использовать протокол MQTT (данный протокол предназначен для интернета вещей). По этому протоколу можно будет подключать устройства различных производителей оборудования IoT, которые поддерживают данный протокол.

Практическое приложение результатов. Планируется к разработке ПО, которое будет обладать следующим функционалом:

- мониторинг температуры, влажности и т. д.;
- климат-контроль;
- интеграция с различными устройствами;
- управление устройствами;
- хранение данных и многое другое.

Выводы. В результате выполнения научно-исследовательской работы было выполнено аналитическое исследование. В процессе исследования были решены следующие задачи:

- была изучена предметная область;
- были рассмотрены часто применяемые системы мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Исследование GFK: половина жителей крупных городов России уже используют устройства умного дома [Электронный ресурс]. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-06-05_issledovanie_gfk_polovina (дата обращения: 10.10.2025).
- 2 Home Assistant Design [Электронный ресурс]. URL: <https://design.home-assistant.io/#brand/our-story> (дата обращения: 10.10.2025).
- 3 Введение | openHAB [Электронный ресурс]. URL: <https://www.openhab.org/docs/> (дата обращения: 10.10.2025).
- 4 Документация ioBroker [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iobroker.net/#ru/documentation> (дата обращения: 10.10.2025).

УДК 003.27:004.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В. А. Устьянский, А. В. Попова

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Введение. Современные системы автоматизации, телекоммуникаций и электротехнические комплексы (Smart Grid, АСУ ТП) образуют критически важную инфраструктуру, отказоустойчивость которой напрямую зависит от безопасности управляющих и информационных каналов. Несмотря на повсеместное внедрение систем глубокого анализа пакетов (DPI), обнаружения и предотвращения вторжений (IDS/IPS), сохраняется класс угроз, эффективно обходящих традиционные средства защиты – атаки с использованием стеганографии.

В отличие от криптографии, скрывающей содержимое сообщения, стеганография маскирует сам факт передачи данных, что представляет особую опасность для распределенных систем. Данное исследование фокусируется на анализе стеганографических методов как инструмента эксплуатации уязвимостей компьютерных сетей, с акцентом на два ключевых направления: цифровую стеганографию (сокрытие вредоносного кода в медиафайлах и документах) и сетевую стеганографию (создание скрытых каналов в служебных полях сетевых протоколов).

Целью работы является систематизация современных стеганографических векторов атак, оценка их применимости для целевых атак на критическую инфраструктуру и выработка рекомендаций по противодействию. В статье рассматриваются реальные кейсы (IcedID, Vawtrak) и такие методы, как DNS-туннелирование, демонстрирующие, как злоумышленники используют избыточность данных и доверенные протоколы для скрытного управления, утечки информации и организации DDoS-атак, оставаясь необнаруженными в течение длительного времени.

Методы решения задачи.

Стеганография – это наука о скрытой передаче информации путем её маскировки в других видах мультимедийных данных, таких как изображения, аудио- и видеофайлы, текстовые файлы и т.д. Стеганография заметно отличается от криптографии, ибо вторая наука скрывает содержимое сообщения, в то время как первая должна скрывать наличие информации. Однако у этих двух дисциплин есть закономерности в терминологии и математических моделях.

Стеганография обладает множеством методов в своем арсенале, их классифицируют как:

- классическая стеганография, которая использует физические объекты (примером может служить крапленая колода карт, где контейнером является картон или пластик, а информация внедрена в рисунок рубашки карты);
- компьютерная стеганография, которая использует различные особенности компьютерных носителей информации и операционных систем;

- цифровая стеганография, которая использует особенности мультимедийных форматов и иных явлений (например, LSB, который использует как особенность записи данных изображения, так и качество зрительной системы человека [1]);
- сетевая стеганография, в которой в качестве носителей секретных данных используются протоколы сетевой модели OSI [2].

Главная задача стеганографии является создать канал скрытого обмена данных, что является преимуществом для тех, кто использует ее в целях замаскировать передачу информации и угрозой для тех, кому необходимо противодействовать различным бедствиям в области информационной безопасности.

Обычно стеганографические методы используются, как сказано выше, для создания скрытого канала передачи данных. Однако в последнее время злоумышленники приспособили данные инструменты для использования в кибератаках на инфраструктуру крупных предприятий и государственных учреждений из-за того, что в компьютерные сети корпораций и организаций по всему миру интегрируются продвинутые системы такие как DPI (deep package inspection, глубокий анализ пакетов), IDS (Intrusion detection system, система обнаружения вторжений), IPS (intrusion prevention system, система предотвращения вторжения), UEBA (User and Entity Behavior Analytics, системы поведенческого анализа пользователей и сущностей), межсетевые экраны с дополнительным функционалом и так далее [3]. Помимо вышеупомянутой причины для использования возможностей стеганографии, злоумышленники могут использовать данный метод для фишинга и социальной инженерии, создания скрытого канала утечки данных и использования уязвимостей, встраивая скрытые эксплойты и используя C2-коммуникацию.

Так, например, компания, специализирующаяся в области информационной безопасности Фортинет отчиталась, что в четвертом квартале 2018 года произошел всплеск атак с использованием стегоконтейнеров в виде изображений и документов, которые были распространены через всемирную сеть Интернет. В стегоконтейнеры были записаны команды, которые позволяли установить вредоносные программные обеспечения Vawtrak и Sundown Exploit Kit [4].

Также в 2021 году компания Спланк выпустила исследования насчёт набравшего в то время популярность вредоносного программного обеспечения IcedID, который был создан для компрометации банковских данных и дальнейшего их использования в финансовых преступлениях, отмывании денежных средств и переводе денег террористическим организациям. Данная атака была создана с использованием зловредной нагрузки, основанной на программном обеспечении Valak, Qakbot и Conti Ransomware. Но в данной атаке использовались документы в формате .docx. После открытия данного файла начиналось использование уязвимости вставленной информации (CVE–2017–8570) и скачивание троянской программы, которая в свою очередь начинала копирование интересующей информации из браузера на компьютере жертвы [5].

Статистика показывает, что с каждым годом число подобного использования цифровой стеганографии увеличиваются. При этом злоумышленники придумывают различные виды внедрения и сокрытия вредоносного программного обеспечения, используя не только изображения, но и скрытые поля в docx, xlsx и pdf-файлах [6]. Также преступники могут использовать и другие особенности форматов документов, например, вредоносное программное обеспечение, написанное на языке Visual Basic для приложений, который используется повсеместно в семействе программного обеспечения Микрософт Офис [3]. Данные угрозы необходимо воспринимать серьезно, так как антивирусное программное обеспечение не всегда может распознать данные объекты как носитель вредоносного кода. Эксперты в области информационной безопасности рекомендуют следить за развитием методов атак в данной области, обновлять базы данных антивирусных пакетов приложений, подтверждать источник загрузки данных и блокировать трафик с интернет-страниц, которые могут быть использованы для распространения фишинговых атак [7].

Помимо методов внедрения вредоносного программного обеспечения с помощью методов компьютерной стеганографии, в арсенале злоумышленников существуют инструменты сетевой стеганографии.

Как было сказано ранее, сетевая стеганография – вид стеганографии, в котором в качестве носителей секретных данных используются сетевые протоколы сетевой модели OSI. Передача данных осуществляется через скрытые каналы, который может существовать в любом открытом канале, где существует некоторая избыточность. Основным параметром для канала является пропускная способность и вероятность обнаружения.

Выделяют три группы сетевой стеганографии:

- методы, при которых изменяют структуру передачи пакетов;
- методы, при которых изменяют данные в полях заголовков и в полях полезной нагрузки пакетов;

- смешанные методы, которые используют вышеупомянутые техники.

Данные методы являются вспомогательными в целевых атаках повышенной сложности (также известны как APT (advanced persistent threat) атаки). Смысл данных несанкционированных действий заключается в том, чтобы нанести сокрушительный ущерб публичным компаниям, финансовым секторам экономики и стратегическим объектам. Эти атаки скрупулезно прорабатываются и используют утонченные техники и инструменты для того, чтобы нанести максимальный урон и остаться незамеченным на продолжительном промежутке времени. Согласно исследованию американского оператора сотовой связи Верайзон, в 2024 году в каждом месяце были раскрыты несколько атак подобного вида [8].

Одним из популярных методов создания атак подобного типа является DNS–туннелирование. Данная технология позволяет осуществлять передачу других протоколов поверх DNS трафика. Главная задача имплементации данной атаки заключается в том, чтобы заставить жертву отправлять запросы на сервер злоумышленника. В ответ с сервера злоумышленника будут приходить легитимные ответы, при этом в них будет встроена скрытая информация [9].

При данном использовании инструмента можно рассмотреть несколько сценариев развития событий:

- вывод данных с помощью скрытого канала передачи (однако при данном способе передачи информации канал передачи будет узким, но при этом скрытным и достаточным для передачи данных злоумышленником);
- управление и контроль (также известный как command and control, C2), когда злоумышленник использует протокол для передачи управляющих сигналов;
- IP–Over–DNS туннелирование, который позволяет передавать IP пакеты через DNS запросы и ответы в том случае, если сеть не позволяет передавать данные, однако есть возможность использовать 53 порт;
- сканирование сети на предмет наличия уязвимостей без угрозы обнаружения системами безопасности;
- слежка за активностью жертвы, которая помогает в разведке для исполнения последующей атаки.

Также данный методы используются и для распределенных атак отказа в обслуживании (также известные как DDoS–атаки). При данных видах атаках протокол DNS является одним из популярных из-за того, что его использование позволяет увеличить плечо атаки [10]. Туннелирование DNS трафика при данном сценарии использования позволяет усиливать атаки и создавать скрытого канала для управления ботнет-сетью на основе одного протокола.

Главная задача данного метода сетевой стеганографии, как и в случае использования цифровой и компьютерной стеганографии является обход систем противодействия компьютерных атак.

Для предотвращения атак с использованием DNS туннелирования необходимо понимать, что злоумышленники в любом случае будут использовать данный протокол, так он применяется повсеместно для поддержки коммуникации через сеть Интернет. Однако исследователи в области информационной безопасности предлагают различные методики:

- блокировка доменных имён, IP-адресов, регионов с неприемлемой репутацией использования в компьютерных атаках;
- анализ подозрительных DNS-запросов с помощью средств автоматизации;
- анализ длины, типа и размера DNS-запросов и ответов, а также установка правил, оценивающие данные параметры;
- анализ поведения пользователей.

Анализ полученных результатов.

Как видно из вышесказанного, необходимо уяснить, что атаки на компьютерные системы с помощью различных методов стеганографии являются реальной угрозой. Проанализированные способы создания скрытого канала передачи как на основе особенностей файлов, так и свободных полей заголовков протоколов передачи данных можно считать опасными в руках группировок, которые финансируются разведывательными службами и военными организациями иностранных государств, нацеленных на дестабилизацию социального, экономического и политического положения, используя в качестве целей объекты стратегической инфраструктуры и значимых в общенациональном масштабе организаций.

Практическое приложение результатов.

Приведенный анализ полезен для специалистов по безопасности, поскольку работа систематизирует современные стеганографические техники, предоставляя алгоритмы для выявления аномалий – анализ длины и частоты DNS-запросов, мониторинг нехарактерной сетевой активности, проверка целостности и метаданных файлов.

Результаты исследования обосновывают необходимость внедрения поведенческого анализа (UEBA) и технологий машинного обучения, способных выявлять не сигнатуры, а аномальные паттерны в передаваемых данных и сетевом трафике, что актуально для разработчиков защитных систем.

Статья служит основой для пересмотра стратегии безопасности организаций, эксплуатирующих критическую инфраструктуру, смещая фокус с чисто реактивной защиты на проактивный поиск скрытых угроз, включая регулярный аудит на предмет наличия стеганографических каналов.

Вывод. Проведенное исследование подтверждает, что стеганографические методы представляют собой серьезную и растущую угрозу для безопасности компьютерных сетей, в особенности для сложных систем автоматизации и телекоммуникаций. Стеганография используется как для скрытой доставки и активации вредоносного ПО (через изображения, документы), так и для организации скрытых каналов связи (через сетевые протоколы), что делает ее идеальным инструментом для целевых АРТ–атак с двойной природой угрозы. Такие методы, как DNS–туннелирование, используют фундаментальные, доверенные механизмы работы сети, что позволяет им в значительной степени игнорировать классические межсетевые экраны и системы IDS/IPS, ориентированные на сигнатурный анализ. Способность длительное время оставаться необнаруженной и передавать управляющие команды или извлекать данные делает стеганографию особо опасной для объектов энергетики, транспорта и промышленности, где последствия взлома могут быть катастрофическими.

Таким образом, борьба со стеганографическими атаками требует комплексного подхода, сочетающего технические меры, основанные на анализе поведенческих паттернов, и повышение осведомленности персонала. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку специализированных аппаратно–программных комплексов, способных в реальном времени детектировать скрытые каналы в трафике современных телекоммуникационных и автоматизированных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Устьянский В. А. Сравнение методов поиска информации, встроенной в изображения. Инновационные инфокоммуникации XXI в. : 25-я Всероссийская студенческая научная (очно-заочная) конференция / председатель ред. кол. С.И. Смагин [и др.]. Хабаровск : Изд-во ХИИК СибГУТИ, 2024, 918 с.
- 2 Шелухин О. И., Канев С. Д. Стеганография. Алгоритмы и программная реализация // Горячая линия – Телеком. Москва, 2017. 527 с.
- 3 Устьянский В. А., Кривошеев И. А. Обнаружение стегосистем, переданных через компьютерные сети, с помощью статистических методов. Информационные технологии в науке и образовании.: материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Хабаровск, 30–31 октября 2024 г.) / под ред. Р.А. Ещенко. Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2024, – 356с. : ил.
- 4 Fortinet quarterly threat landscape report Q4, 2018. URL : <https://www.fortinet.com/content/dam/fortinet/assets/threat-reports/threat-report-q4-2018.pdf>
- 5 Splunk Threat Research Team – Detecting IcedID... Could It Be A Trickbot Copycat? URL : https://www.splunk.com/en_us/blog/security/detecting-icedid-could-it-be-a-trickbot-copycat.html
- 6 Vulnerability Exploitations Using Steganography in PDF Files – Istteffanny Isloure Araujo, Hassan Kazemian DOI: 10.22247/ijcna/2020/193270, International Journal of Computer Networks and Applications (IJCNA) Intelligent Systems Research Center, London Metropolitan University, United Kingdom. URL : <https://www.ijcna.org/Manuscripts/IJCNA-2020-O-02.pdf>
- 7 Stegomalware – Identifying possible attack vectors. URL : <https://cyble.com/blog/stegomalware-identifying-possible-attack-vectors/>
- 8 Verizon business – 2024 Data Breach Investigations Report. URL : <https://www.verizon.com/business/resources/Tec/reports/2024-dbir-data-breach-investigations-report.pdf>
- 9 Derrick Rono, DNS tunneling. URL : https://www.researchgate.net/publication/277010994_DNS_Tunnelling
- 10 America's Cyber Defence Agency UDP-Based Amplification Attacks – URL : <https://www.cisa.gov/news-events/alerts/2014/01/17/udp-based-amplification-attacks>

ОБЗОР ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТИВНО-РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

А. С. Хохрин, Р. Р. Юсупов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Для обеспечения высокого уровня безопасности движения поездов на железных дорогах России применяется комплекс систем железнодорожной автоматики и телемеханики. Особое место в этом комплексе занимает автоматическая локомотивная сигнализация (АЛС), выполняющая критически важную функцию непрерывной передачи информации о показаниях напольного светофора в кабину машиниста [1, 2]. Информация передается по индуктивно-рельсовой линии связи (ИРЛ), подверженной влиянию различного рода внешних воздействий, вызывающих появление помех [3]. Последние, в свою очередь, искажают передаваемый по ИРЛ сигнал и могут привести к сбою в работе локомотивной аппаратуры АЛС и появлению ложного показания на локомотивном светофоре. Целью настоящего исследования является обзор факторов, влияющих на устойчивость работы ИРЛ, с учетом современных условий эксплуатации.

Основная часть

Индуктивная связь между рельсами и локомотивными приемными катушками основана на явлении электромагнитной индукции, что изначально предопределяет высокую чувствительность системы к различного рода помехам [4]. По рельсовым нитям одновременно протекают как сигнальный ток АЛС, так и обратные тяговые токи. При идеальном (симметричном) распределении тягового тока по рельсовым нитям встречное включение приемных катушек обеспечивает полную компенсацию помех от тягового тока, однако в реальных условиях эксплуатации достижение такого распределения невозможно [1].

Важнейшим аспектом проблемы является пространственно-временная изменчивость параметров ИРЛ. В процессе движения локомотива непрерывно изменяется взаимное расположение приемных катушек относительно рельсовых нитей. Эти изменения обусловлены комплексом динамических процессов, включающих вертикальные и боковые колебания кузова локомотива, изменение зазоров в ходовых частях, износ бандажей колесных пар и др. Как следствие, расстояния от центров катушек до осей рельсовых нитей являются не постоянными, а функциями времени, что существенно затрудняет учет этих факторов и приводит к нестабильности индуктивной связи [4].

Особую сложность представляет анализ распределения тяговых токов в рельсовых нитях. Как показывают многочисленные исследования [5–7], даже на относительно прямолинейных участках пути возникает асимметрия тягового тока, которая может существенно повышаться при наличии дефектов в стыковых соединениях, неравномерном износе рельсов, изменении сопротивления балласта и др. На участках с кривыми малого радиуса дополнительным фактором становится различие динамических нагрузок на внутреннюю и внешнюю рельсовые нити, что приводит к дифференциальному изменению их электрических параметров.

Многофакторность процессов, влияющих на устойчивость ИРЛ, требует системного подхода к их анализу. На рисунке представлена классификация факторов, влияющих на устойчивость индуктивно-рельсовой линии связи.

К динамическим факторам относятся все процессы, связанные с изменением взаимного пространственного положения элементов ИРЛ в процессе движения. Наиболее существенное влияние оказывают колебания кузова локомотива, возникающие при проезде изолирующих стыков и стрелочных переводов. Эти колебания носят полимодальный характер и включают вертикальные, боковые и галопирующие движения локомотива. Особенно критичным является движение в кривых участках пути, где возникает систематическое смещение приемных катушек относительно осей рельсовых нитей. Сложность учета этих факторов заключается в их стохастической природе и зависимости от множества параметров, включая скорость движения, состояние пути, тип подвижного состава и т.д.

Электрические факторы охватывают всю совокупность явлений, связанных с распределением и протеканием токов в системе. Центральное место здесь занимает проблема асимметрии тягового тока в рельсовой линии.

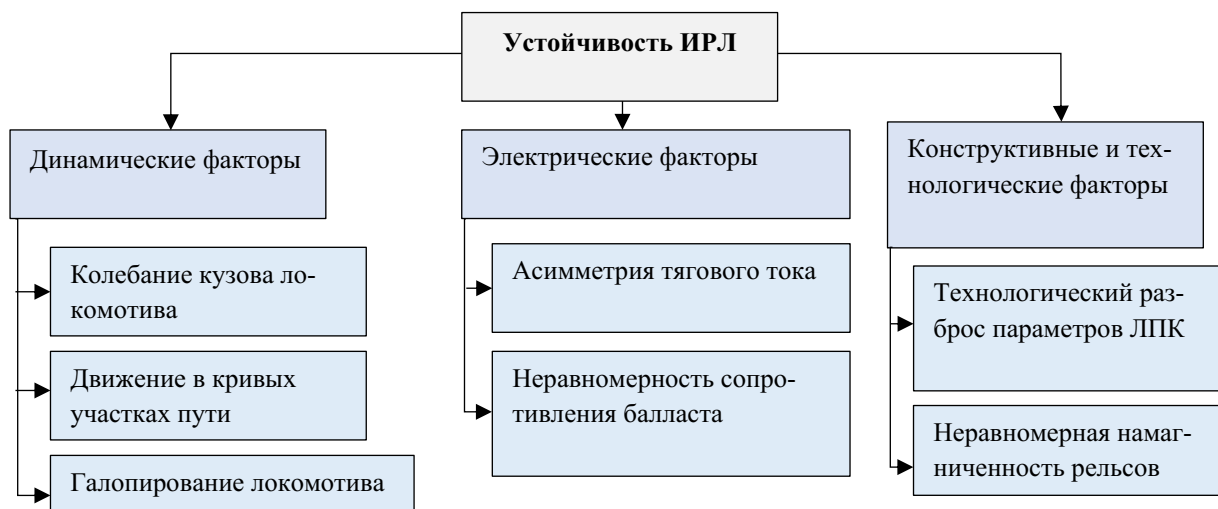


Рис. Классификация факторов, влияющих на устойчивость индуктивно-рельсовой линии связи

Конструктивные и технологические факторы включают в себя все аспекты, связанные с изготовлением, монтажом и техническим обслуживанием аппаратуры: технологический разброс параметров приемных катушек при их производстве, старение материалов и т.д. Отдельную проблему представляет неравномерная намагниченность рельсов, особенно проявляющаяся на участках, где проводился капитальный ремонт пути с заменой рельсо-шпальной решетки [8].

Анализ современного состояния проблемы позволяет выделить несколько направлений повышения устойчивости параметров ИРЛ. По мнению авторов, перспективным представляется развитие адаптивных методов компенсации помех, основанных на непрерывном мониторинге параметров ИРЛ и динамической подстройке алгоритмов обработки сигналов. Существенный резерв повышения устойчивости параметров ИРЛ заключается в совершенствовании методов диагностики состояния путевой инфраструктуры. Разработка и внедрение систем оперативного контроля продольной и поперечной асимметрии тягового тока, мониторинга целостности стыковых соединений, оценки намагниченности рельсов позволят своевременно выявлять и устранять причины возникновения помех. Также перспективным направлением является разработка систем предиктивной аналитики, способных прогнозировать ухудшение параметров ИРЛ на основе анализа изменения ее характеристик.

Заключение

Обеспечение устойчивости индуктивно-рельсовой линии связи является комплексной задачей, требующей системного подхода. В качестве основных направлений решения этой задачи перспективным представляется разработка адаптивных систем обработки сигналов и создание интегрированной системы мониторинга состояния путевой инфраструктуры (целость стыков, намагниченность рельсов). Реализация предложенных мер в комплексе позволит перейти на качественно новый уровень помехоустойчивости каналов АЛС и, как следствие, безопасности движения поездов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Леушин В. Б., Юсупов Р. Р. Особенности каналов автоматической локомотивной сигнализации магистральных железных дорог : учебное пособие для студентов специальности «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте». Самара : СамГУПС, 2007. 115 с. ISBN 978–5–98941–065–1.
- 2 Юсупов Р. Р. Цифровое устройство обработки сигналов автоматической локомотивной сигнализации повышенной помехозащищенности : специальность 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Юсупов Руслан Рифович. Самара, 2003. 162 с.
- 3 Юсупов Р. Р., Хохрин А. С. Анализ условий распространения сигнала АЛСН в рельсовой линии в процессе движения поезда // Транспорт Урала. 2025. № 1(84). С. 45–51. DOI 10.20291/1815–9400–2025–1–45–51.
- 4 Шаманов В. И. Индуктивная связь локомотивных катушек АЛСН с рельсовыми линиями // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 11. С. 2–5.
- 5 Шаманов В. И. Процесс формирования асимметрии тягового тока в рельсовых линиях // Электротехника. 2014. № 8. С. 34–38.
- 6 Шаманов В. И. Динамика асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях на двухпутных перегонах // Электротехника. 2016. № 10. С. 74–79.
- 7 Юсупов Р. Р., Хохрин А. С. Направления снижения числа сбоев в работе системы АЛСН // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 1 (109). С. 169–176.
- 8 Пулятьков А. В., Трофимов Ю. А. Анализ влияния неравномерной намагниченности рельсов на устойчивость работы АЛСН // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2011. №. 2. С. 206–210.

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ КВАДРАТУРНОГО ПРИЕМНИКА СИГНАЛОВ АЛСН С ПОДАВИТЕЛЕМ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

А. С. Хохрин, Р. Р. Юсупов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Повышение безопасности и интенсивности движения поездов является одной из ключевых задач развития отечественного железнодорожного транспорта. Важную роль в решении этой задачи играют системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), в частности, система АЛС непрерывного действия (АЛСН), по каналу которой в реальном времени на локомотив передается информация о показании напольного светофора. Передача информации по каналу АЛСН происходит в условиях сложной электромагнитной обстановки, характеризующейся наличием широкого спектра помех.

Воздействие помех, как это было ранее подчеркнуто в работах [1, 2] может привести к сбою в работе АЛСН, и, как следствие, к появлению ложного показания на локомотивном светофоре. В связи с этим, повышение помехоустойчивости приемной аппаратуры локомотивных устройств безопасности является актуальной научно-технической задачей.

Основная часть

В [3] авторами предложено применить для повышения помехоустойчивости приемника способ поэлементного приема сигналов АЛСН, отличающийся применением квадратурного амплитудного детектирования огибающей с восстановлением ее амплитуды. В приемнике данный способ реализуется посредством квадратурного коррелятора. Назовем этот приемник квадратурным. Хотя данный приемник и обладает повышенной помехоустойчивостью в целом, его эффективность в борьбе с импульсными помехами остается недостаточной. В [4] авторы предлагают применить в квадратурном приемнике способ подавления импульсных помех на основе нелинейного преобразования, отличающийся применением амплитудного ограничения в импульсах сигналов АЛСН и бланкирования в его интервалах.

Исследование предложенных выше решений возможно путем имитационного моделирования в среде Simulink. В связи с этим, целью настоящей работы является разработка имитационной модели квадратурного приемника сигналов АЛСН с нелинейным подавителем импульсных помех (КПИП).

Имитационное моделирование позволяет на этапе теоретического исследования провести всесторонние испытания алгоритма КПИП в контролируемых и воспроизводимых условиях. Моделирование является незаменимым инструментом для отладки сложных систем цифровой обработки сигналов, к которым относится и квадратурный приемник, позволяя визуализировать процессы на каждом этапе преобразования сигнала – от его поступления на вход приемных катушек до формирования сигнала на выходе приемника. Это особенно важно для анализа переходных процессов в приемнике и последствий воздействия импульсных помех.

На рисунке 1 представлена блок-схема разработанной имитационной модели КПИП.

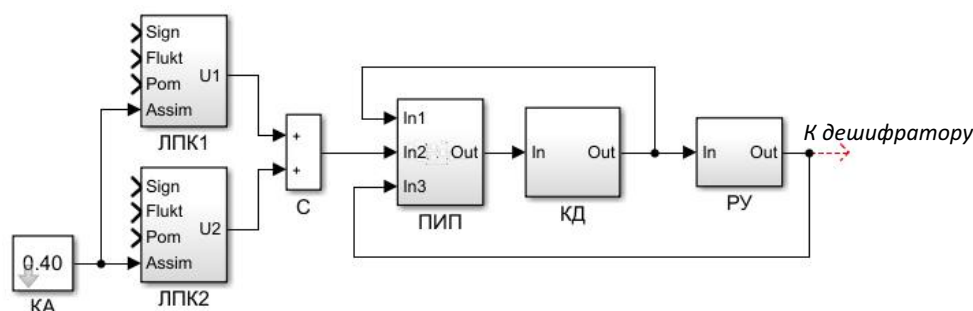


Рис. 1. Блок-схема имитационной модели КПИП

На схеме использованы следующие обозначения:

КА – блок, позволяющий задать значение асимметрии приемного тракта канала АЛСН;

ЛПК1 и ЛПК2 – модели локомотивных приемных катушек;

С – сумматор;

ПИП – подавитель импульсных помех;

КД – квадратурный детектор;

РУ – решающее устройство.

Описание блоков КА, ЛПК1, ЛПК2, С, КД и РУ представлено в [3].

На рисунке 2 представлена блок-схема имитационной модели блока ПИП.

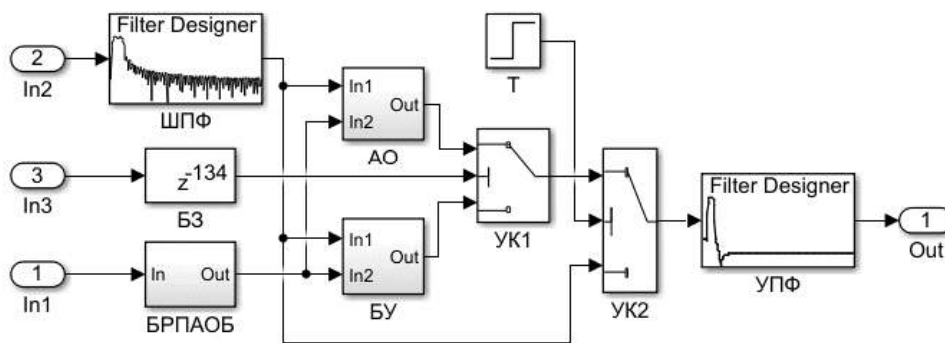


Рис. 2. Блок-схема имитационной модели ПИП

Модель ПИП содержит следующие блоки:

- 1) порты ввода–вывода сигналов In1–In3, Out;
- 2) широкополосный фильтр ШПФ;
- 3) блок задержки БЗ, который формирует признак наличия на входе амплитудного ограничителя АО и бланкирующего устройства БУ импульса принимаемого сигнала АЛСН путем задержки сигнала с выхода решающего устройства РУ на 134 отсчета;
- 4) блок расчета порога амплитудного ограничения или бланкирования БРПАОБ;
- 5) таймер Т;
- 6) управляемые ключи УК1 и УК2, осуществляющие проверку наличия импульса и времени работы приемника $\geq 1,5$ с соответственно;
- 7) узкополосный фильтр УПФ.

Исследование качества функционирования КПИП проведено в [4]. Результаты исследования показали эффективность применения нелинейных преобразований сигнала в виде бланкирования и амплитудного ограничения в борьбе с импульсной помехой в канале АЛСН.

Важным практическим результатом проведённой работы стало официальное признание разработанной имитационной модели в качестве объекта интеллектуальной собственности. По итогам разработки было получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2025614393 [5], выданное Федеральной службой по интеллектуальной собственности (Роспатент). Данный факт подтверждает творческий характер выполненной работы, а также потенциал дальнейшего практического использования созданной модели для исследований и разработки перспективных микропроцессорных приёмных устройств АЛСН.

Вывод

Таким образом, в рамках данной работы в среде Simulink разработана имитационная модель квадратурного приемника с подавителем импульсных помех. Подавитель импульсных помех может быть использован в проектных организациях при модернизации уже существующих или разработке новых приемников сигналов АЛСН в микропроцессорных локомотивных устройствах безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Юсупов Р. Р., Хохрин А. С. Направления снижения числа сбоев в работе системы АЛСН // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 1(109). С. 169–176.
- 2 Юсупов Р. Р., Хохрин А. С. Анализ процесса управления движением поезда с применением автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН // Транспортное дело России. 2025. № 1. С. 174–177.
- 3 Юсупов Р. Р., Хохрин А. С. Корреляционный приемник с квадратурными каналами для автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН // Транспорт Урала. 2022. № 3 (74). С. 49–54. DOI 10.20291/1815–9400–2022–3–49–54.
- 4 Юсупов Р. Р., Хохрин А. С. Нелинейная обработка сигналов в АЛСН для подавления импульсных помех // Автоматика, связь, информатика. 2025. № 3. С. 9–11. DOI 10.62994/АТ.2025.3.3.003.
- 5 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025614393 Российская Федерация. «Имитационная модель квадратурного приемника сигналов АЛСН с подавителем импульсных помех»: заявл. 13.02.2025 : опубл. 20.02.2025 / А. С. Хохрин, Р. Р. Юсупов, заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский государственный университет путей сообщения».

БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДАХ: ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ

А. С. Яковлева

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожные переезды во всем мире, включая Россию, остаются зонами повышенного риска, где ежегодно фиксируются случаи тяжелых ДТП. Столкновение автомобиля с поездом, движущимся с большой скоростью, почти всегда имеет катастрофические последствия, что делает задачу предотвращения таких инцидентов критически важной. На железных дорогах Российской Федерации эксплуатируется 8602 переезда, оборудованных переездной сигнализацией, из которых 568 находится на Дальневосточной железной дороге. В целом, устройства переездной автоматики работают с незначительным количеством отказов, так за 2024 год был зафиксирован 21 отказ, из которых 14 по вине службы Ш. Всего отказы распределились следующим образом: нарушение работы автоматического шлагбаума – 5 случаев, переездного светофора – 5 случаев, по 4 отказа произошли из-за сбоя в работе оповестительной сигнализации и светофора для автомобильного транспорта, устройства ограждения переездов 3 раза стали причиной нарушения работы АПС [1].

Причины нарушений безопасности на железнодорожных переездах.

Несмотря на то, что устройства АПС работают достаточно хорошо, ежегодно случается большое количество аварий на ж.д. переездах, так в период январь–сентябрь 2025 года на ДВЖД было зафиксировано 9 аварий.

Таблица

Причины нарушений безопасности на железнодорожных переездах и пути их решения

Факторы, способствующие возникновению аварий	Направления работы для повышения безопасности на переездах
Человеческий фактор. Зачастую водители, пытаясь сэкономить время, сознательно игнорируют запрещающие сигналы, объезжают шлагбаумы или выезжают на пути в последний момент перед приближающимся составом. Недостаточная информированность о реальной тормозной дистанции поезда также играет свою роль.	Профилактика и просвещение. Крайне важно вести постоянную разъяснительную работу с водителями. Эффективными мерами являются демонстрация социальной рекламы, распространение информационных материалов и проведение специальных занятий в автошколах, наглядно иллюстрирующих последствия легкомысленного поведения на переездах.
Техногенные риски. Работоспособность светофоров, шлагбаумов и систем оповещения не всегда остается безупречной. Внезапный отказ любого из этих устройств может ввести участников движения в заблуждение и спровоцировать трагедию.	Техническое перевооружение. Помимо планового ремонта, требуется активное внедрение новых технологий. Это включает установку дополнительных камер видеонаблюдения для фиксации нарушений, датчиков контроля состояния оборудования и современных систем оповещения, таких как табло с обратным отсчетом времени.
Неудовлетворительные дорожные условия. Плохая видимость из-за рельефа местности, близко расположенных построек или растительности, а также некачественное покрытие самого переезда увеличивают вероятность происшествий.	Ужесточение контроля и ответственности. Необходимо усилить надзор за техническим состоянием переездов со стороны контролирующих органов. Параллельно с этим важно пересмотреть меры административной ответственности за нарушения правил проезда, сделав их более суровыми.
Ошибки при обслуживании. Ненадлежащее техническое обслуживание оборудования персоналом также вносит свой вклад в общую статистику нарушений.	Аналитическая работа. Регулярный сбор и изучение данных о работе автоматики позволяет перейти от реагирования на проблемы к их активному предупреждению. Мониторинг времени срабатывания сигналов, частоты отказов и статистики нарушений помогает выявлять слабые места и целенаправленно устранять их.

Ключевая причина проезда переезда автомобилистами переездами на запрещающий сигнал это отсутствие наказания, именно ощущение безнаказанности «развязывает руки» водителям. В 2025 году штраф за проезд переезда на красный свет составляет 5000 рублей или лишение прав на срок от 3 до 6 месяцев, а при повторном нарушении – лишение прав на 1 год. Однако, зачастую, у виновников ДТП вообще нет водительских прав, а за езду без наличия прав штраф составляет 5000 – 15000 рублей. В первую очередь необходимо ужесточить административную ответственность за езду без прав и за проезд за проезд переезда на красный свет, также необходимо мероприятия по оборудованию ж.д. переездов системами видеофиксации нарушений.

Проблема длительного перекрытия железнодорожного переезда – это комплексная задача, которая решается одновременно по нескольким направлениям. Решения можно разделить на технические, организационные и инфраструктурные.

Технические решения, т.е. совершенствование систем переездной автоматики, – это основные меры, направленные на минимизацию времени, когда шлагбаумы опущены. К таким мерам относятся: внедрение тональных рельсовых цепей (ТРЦ) и счетчиков осей; оптимизация и автоматизация алгоритмов работы переездной автоматики; установка барьерных устройств нового поколения; оснащение переезда дополнительными средствами информации (использование гобо-проекторов, шумовых барьеров). Устройства проекторов выводят световую проекцию в виде стоп-линии на проезжую часть перед переездом, что дополнительно информирует водителей о въезде в зону повышенной опасности в темное время суток. Шумовая дорожная разметка – рельефные полосы, создающие акустическую и вибрационную реакцию шин при движении, повышают внимание водителей и информируют о потенциально опасных участках. Устанавливается перед железнодорожными переездами без шлагбаумов, предупреждая о необходимости снижения скорости.

Организационные и технологические решения, т.е. управление движением поездов – это меры направлены на то, чтобы минимизировать саму причину длительного закрытия – частоту и режим следования поездов. К таким мерам относятся: согласование графиков движения поездов, регулирование скорости поездов на подходах к переезду, приоритет для пассажирских и скорых поездов.

Инфраструктурные решения – это самый кардинальный, но и самый дорогой путь. Во всем мире, когда технические и организационные меры исчерпаны, прибегают к изменению самой инфраструктуры. К таким мерам относятся: строительство объездных путей, строительство путепроводов (виадуков или эстакад), ликвидация малодеятельных переездов.

Самое эффективное решение – это разведение ж.д. и автомобильного транспорта в разных уровнях, при этом полностью ликвидируется конфликт между автомобильным и железнодорожным транспортом. Потоки разделяются по уровням. Хотя это требует огромных капиталовложений, оно полностью снимает проблему задержек, ДТП и повышает пропускную способность, как автотрассы, так и железной дороги.

Системы безопасности, применяемые на железнодорожных переездах.

Автоматическая переездная сигнализация «УРАЛ». Современная микропроцессорная система с высшим уровнем надежности (SIL3). Отслеживает приближение поездов путем подсчета осей, управляет переездным оборудованием и автоматически переходит в безопасный режим при неисправностях. Работает через волоконно-оптические линии связи без рельсовых цепей, обладает автономным питанием и позволяет дистанционно контролировать состояние переезда.

Комплекс АПС–АСК. Включает светозвуковое оповещение и систему подсчета осей. Состоит из релейного шкафа, пульта управления и сигнальных устройств. Ключевые преимущества: модульная конструкция, встроенная диагностика и возможность удаленного мониторинга.

Системы АПС–МП и АПС–МНР. АПС–МП – экономичное автономное решение, не зависящее от систем автоблокировки. АПС–МНР обладает повышенной надежностью за счет дублирования оборудования – при отказе одного комплекта автоматически активируется резервный.

Заградительные устройства (УЗП). Физически предотвращают выезд на переезд при запрещающих сигналах. Оснащены датчиками контроля наличия транспорта на путях.

Системы контроля свободности переезда (КСЗП УЖДА). Обеспечивают автоматический контроль зоны переезда с передачей речевых сообщений машинистам, видеонаблюдением и архивной записью событий.

МАПС представляет собой электронный модуль, предназначенный для автоматического управления безопасностью на железнодорожных переездах. Данный модуль заменяет традиционные релейные шкафы и выполняет следующие функции: идентификация поезда с использованием рельсовых цепей или специализированных датчиков; обработка информации о скорости, направлении движения и местоположении поезда с помощью микропроцессорной техники; активация предупредительных сигналов (включение красного светового сигнала, генерация звукового оповещения, опускание шлагбаума), непрерывный мониторинг (контроль состояния светофорных систем, проведение самодиагностики компонентов, передача данных о текущем состоянии переезда и выявленных неисправностях на диспетчерский пункт).

ИСП «Благовест» – это информационно-сигнальное устройство для оповещения водителей на железнодорожных переездах, т.е. комплекс динамиков, которые передают голосовые сообщения и звуковые сигналы для привлечения внимания водителей и пешеходов. Основные задачи и функции ИСП «Благовест»: повышение безопасности (устройство предупреждает о приближении поезда), дублирование визуальных сигналов (работает совместно с автоматической светофорной сигнализацией и шлагбаумами), яркое и понятное оповещение (устройство передает заранее записанные голосовые сообщения).

Основные пути совершенствования переездной автоматики, применяемы на сети железных дорог. Традиционные рельсовые цепи не могут точно определить, когда длинный состав полностью покинет переезд, и держат шлагбаумы закрытыми «с запасом». ТРЦ и счетчики осей точно определяют момент, когда последняя ось поезда миновала переезд. Это позволяет поднять шлагбаумы практически сразу после прохода хвоста поезда, а не с большей задержкой «на всякий случай».

Время начала закрытия переезда заложено с фиксированным запасом, рассчитанным на поезд, идущий с максимальной скоростью на данном участке. Современные системы могут получать данные о реальной скорости и местоположении поезда (например, с систем GPS/ГЛОНАСС или от систем управления движением). Это позволяет начать закрытие переезда ровно за то время, которое необходимо для его освобождения транспортом, без излишнего запаса. Если поезд замедлился, переезд закроется позже.

Повышение безопасности на железнодорожных переездах напрямую связано с модернизацией систем управления защитными устройствами. Традиционные релейно–контактные схемы сегодня демонстрируют свои ограничения: их недостаточное быстродействие и общая надежность иногда создают потенциально опасные ситуации на линии. В качестве более эффективной альтернативы активно внедряются микропроцессорные технологии. Их ключевые преимущества – высокая скорость работы и отказоустойчивость. Конструктивно такие системы могут быть реализованы по–разному: некоторые работают по последовательно–параллельному принципу, другие используют несколько контроллеров для одновременной обработки данных.

На линиях, оборудованных современными комплексами ИРДП, применение микропроцессорных систем становится не просто предпочтительным, а единственно возможным решением. Огромные объемы данных, которые необходимо обрабатывать в реальном времени, им просто не под силу. В этой связи критически важными задачами становятся проектирование оптимальной архитектуры таких систем и тщательная оценка их устойчивости к различным сбоям.

Для решения проблемы медленной скорости опускания/подъема шлагбаума можно использовать более быстродействующих электромеханических приводов. А также можно установить табло с обратным отсчетом времени до закрытия или открытия переезда. Это не сокращает время закрытия, но снижает социальное напряжение, так как водители понимают, сколько им осталось ждать, и могут заглушить двигатель, экономя топливо.

Заключение

Таким образом, повышение уровня безопасности на железнодорожных переездах – это комплексная задача, требующая согласованных действий как со стороны властей и железнодорожных компаний, так и со стороны самих водителей. Актуальные проблемы развития переездной автоматики можно сформулировать как следующие: необходимость регулярного обслуживания заградительных устройств, ограниченная надежность GPS-систем, неполная координация между сигнализацией и заградительными механизмами, недостаточный контроль за соблюдением ПДД автомобилистами.

Совершенствование переездной автоматики направлено на комплексное повышение безопасности и оптимизацию времени закрытия переездов за счет внедрения интеллектуальных систем управления и диагностики. Наиболее распространенный и быстрый путь – это модернизация переездного оборудования (счетчики осей, ТРЦ, «умные» алгоритмы). Среднесрочный путь – оптимизация графика движения поездов. Стратегический и самый эффективный путь – строительство путепроводов, который является конечной целью для переездов с интенсивным движением.

Только сочетание технологической модернизации, строгого контроля и последовательной воспитательной работы позволит снизить количество происшествий и сохранить человеческие жизни.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1 Анализ эксплуатационной деятельности хозяйства автоматики и телемеханики Центральной дирекции инфраструктуры за декабрь и 12 месяцев 2024 года / Москва : ОАО «РЖД» Управление автоматики и телемеханики ЦДИ. 2025. 69 с.
- 2 Условия эксплуатации железнодорожных переездов утв. приказом Минтранса России № 237 от 31.07.2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71078536> (дата обращения: 15.10.2025).

СЕКЦИЯ 5

Электроснабжение железнодорожного транспорта

SMART CONDITION MONITORING AND DIGITALIZATION OF POWER TRANSFORMERS IN UZBEKISTAN'S ENERGY SECTOR

D. R. Abdullabekova¹, O. M. Kutbidinov², M. Z. Nazerbayeva¹

¹Department of SEO, Tashkent University of Information Technologies named after Al Khorezmi

²Department of SEO Tashkent State University of transport

Introduction

Power transformers play a crucial role in modern electrical power distribution networks. However, a significant portion of these assets has been in operation for over three decades. Among all substation components, power transformers are considered some of the most critical and expensive units in the power system in terms of maintenance and repair (M&R). Their failure can result in substantial financial losses and extended power outages. In medium-voltage distribution networks (35/6(10) kV), oil-immersed transformers are predominant, and approximately 60 % of them have exceeded their nominal service life of 25 years, as defined by regulatory standards. In most cases, the decision to continue operating these transformers is based on the results of their technical condition assessment.

The conventional maintenance system for power transformers, which follows fixed schedules prescribed by regulatory documents, often fails to detect early signs of degradation. Since inspections are performed at periodic intervals rather than continuously, undetected deterioration can lead to severe faults. Therefore, the development of continuous online monitoring systems capable of assessing the condition of transformers under operational voltage has become increasingly critical. Such systems enable timely diagnostics, comprehensive health evaluation, and justified life-extension decisions.

Background and Problem statement

An essential aspect of implementing intelligent systems for online monitoring and technical diagnostics (ISOMTD) is the identification of the most vulnerable components in oil-immersed power transformers within 35/6(10) kV distribution networks. Failures in these critical nodes can cause significant power supply interruptions and lead to high restoration costs.

In Uzbekistan, digital transformation of the energy sector has become a top national priority. The Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan has launched the “Digital Energy” project, which integrates the power, oil and gas, and coal industries – collectively forming the country’s fuel and energy complex. The primary goals of this initiative include the development of a digital regulatory framework, workforce training and retraining programs aligned with advanced technologies, and the implementation of supervisory and control mechanisms (Fig. 1).

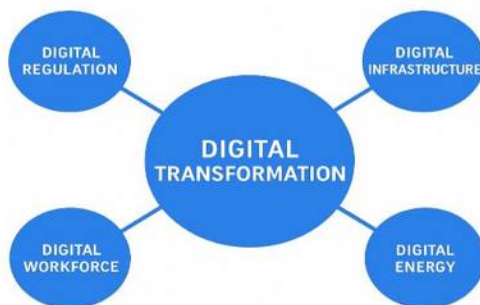


Fig. 1. Key directions of digital transformation in the energy sector

Methods

Currently, several mathematical approaches are used to analyze and process the technical condition parameters of oil-immersed transformers. These can be classified into three major categories:

1. Classical statistical methods – including correlation, regression, and factor analysis – relying on historical datasets [64, 65].
2. Probabilistic methods – such as reliability theory and probability theory – used to evaluate system dependability [66, 67].
3. Artificial intelligence (AI)–based methods – encompassing machine learning and data–driven analytics [68–70].

Each category offers distinct advantages and limitations. However, practical application of many traditional approaches in real–time monitoring scenarios remains challenging due to the multi-criteria decision–making required for interpreting large, diverse, and dynamic datasets.

The growing adoption of Big data analytics has transformed the field of transformer diagnostics. Big Data refers to massive volumes of structured and unstructured information that cannot be effectively processed manually [71]. Its fundamental characteristics are commonly described by the “4Vs”:

1. Volume – Power utilities collect enormous amounts of data, where scale becomes a critical analytical factor.
2. Velocity – Information is generated continuously, demanding real–time or near–real–time processing.
3. Variety – Data originate from heterogeneous sources and exist in multiple formats.
4. Veracity – Data quality directly influences the reliability of insights and decisions [72].

The integration of AI techniques enables efficient processing and interpretation of these vast and complex data streams, addressing uncertainties, incompleteness, and unstructured formats inherent in traditional monitoring datasets.

Results and Discussion

AI-based analysis provides an opportunity to accurately assess transformer condition by correlating operational, environmental, and diagnostic parameters. The complexity of transformer systems and the diversity of data types necessitate advanced computational tools capable of learning and adapting to new information patterns.

Machine learning (ML) – a core discipline of AI – allows systems to learn from data and improve performance over time (Fig.2). ML algorithms are highly effective in discovering hidden dependencies, predicting failures, and optimizing maintenance strategies. The major advantage of ML lies in its ability to extract new insights from raw datasets, enabling the generation of predictive and prescriptive knowledge for maintenance decision–making [73].

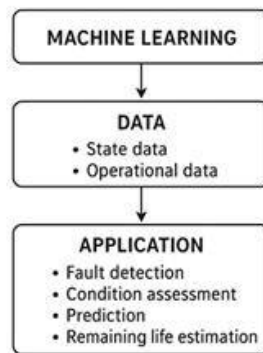


Fig.2. Structure of machine learning and its application in transformer diagnostics

Conclusion

The increasing aging of power transformers in distribution networks underscores the necessity of transitioning from periodic maintenance to intelligent, data–driven condition monitoring. The combination of Big Data analytics and AI-driven techniques provides a robust foundation for the development of digital diagnostic systems. Such systems can ensure operational reliability, optimize maintenance costs, and extend the service life of transformers – aligning with Uzbekistan’s national strategy for digital energy transformation.

REFERENCES

1. Bacha, S., Munteanu, I., & Bratcu, A. I. (2014). *Power electronic converters modeling and control for power quality improvement*. Springer.
2. Bengio, Y., Goodfellow, I., & Courville, A. (2017). *Deep Learning*. MIT Press.
3. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32.
4. Chen, Z., & Li, Y. (2021). Artificial intelligence applications in power transformer fault diagnosis: A review. *Energies*, 14(9), 2478.

- 5 Choi, Y., & Lee, J. (2022). Digital transformation strategies in the energy sector: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 160, 112281.
- 6 Ding, J., Wang, X., & Zhang, Y. (2020). Transformer health index assessment using fuzzy logic and dissolved gas analysis. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 35(5), 2473–2482.
- 7 Farhangi, H. (2010). The path of the smart grid. *IEEE Power and Energy Magazine*, 8(1), 18–28.
- 8 Khan, M. J., & Qureshi, M. I. (2021). Machine learning-based predictive maintenance for power transformers. *IEEE Access*, 9, 43258–43269.
- 9 Li, X., Zhang, C., & Yang, J. (2019). Big data analytics for power equipment condition monitoring. *Electric Power Systems Research*, 167, 230–239.
- 10 Ministry of Energy of the Republic of Uzbekistan. (2023). *Digital Energy Development Program 2023–2030*. Tashkent.
- 11 Rahman, M., & Islam, S. (2020). Recent advances in transformer condition monitoring and diagnostics. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 27(5), 1489–1500.
- 12 Sun, W., Wang, Y., & Zhao, Q. (2021). Data-driven reliability assessment for aging transformers using Bayesian models. *Energies*, 14(12), 3405.
- 13 Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Yin, K., & Kavuri, S. N. (2003). A review of process fault detection and diagnosis: Part I. *Computers & Chemical Engineering*, 27(3), 293–311.
- 14 Wang, F., Liu, C., & Tan, Z. (2020). Application of IoT and AI technologies for intelligent maintenance in smart grids. *IEEE Internet of Things Journal*, 7(11), 10835–10847.
- 15 Zhang, H., & Zhou, Q. (2022). A fuzzy logic-based hybrid model for online condition monitoring of oil-immersed transformers. *Energy Reports*, 8, 765–777.

УДК. 338

РИСКИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЕ

С. А. Блинкова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Современная транспортная отрасль переживает период глубокой трансформации, обусловленной внедрением цифровых технологий, автоматизации и новых бизнес-моделей. Процесс инновационного развития сопряжен с комплексом существенных рисков, которые могут нивелировать потенциальные выгоды и привести к значительным финансовым и репутационным потерям. В отличие от традиционных финансовых рисков, управление которыми часто основывается на хеджировании [1, 2], риски инноваций требуют более комплексного и проактивного подхода, интегрированного в стратегию компании [3].

Целью данного исследования является систематизация и анализ ключевых рисков инновационного развития в транспортной сфере и разработка теоретико-методологических основ для их оценки и минимизации.

Технологические риски. Разработанные на теоретическом уровне технологии часто сталкиваются с трудностями при внедрении в реальные эксплуатационные условия. Дополнительную сложность создаёт ускоряющийся темп технологического прогресса: решения, требующие значительных вложений и времени на внедрение, могут оказаться морально устаревшими ещё до выхода проекта на окупаемость. В результате железные дороги сталкиваются с необходимостью балансировать между инновационностью и устойчивостью, тщательно оценивая технологические риски на всех стадиях инвестиционного цикла. Снижение данных рисков требует цифровое моделирование, повышение уровня безопасности и развитие систем управления жизненным циклом устройств электроснабжения.

ФинансоВо-экономические риски. Ключевыми источниками финансовых рисков являются нестабильность инвестиционных потоков, недооценка стоимости внедрения инноваций, а также изменение макроэкономических условий, влияющих на стоимость кредитных ресурсов и доступность финансирования. Дополнительную угрозу представляет риск несоответствия плановых и фактических показателей эффективности, когда реальная экономическая отдача инновационных решений оказывается ниже ожидаемой из-за технологических сложностей, задержек в реализации или роста эксплуатационных расходов. Особое значение приобретают риски, связанные с волатильностью цен на электрическую энергию и ресурсы, используемые в производственном процессе. В целях минимизации финансово-экономических рисков целесообразно применять механизмы хеджирования, позволяющие зафиксировать цены на электрическую энергию и валютные курсы, а также использовать гибкие модели

финансирования (в том числе концессии, государственно–частное партнёрство, лизинг и проектное финансирование).

Операционные и интеграционные риски. Внедрение новой технологии в устоявшиеся, часто консервативные бизнес–процессы компаний имеет ряд трудностей. Возникает сопротивление персонала, обусловленное страхом перед изменениями, нежеланием осваивать новые навыки или непониманием преимуществ нововведения. Техническая интеграция новых платформ с существующими устаревшими системами приводит к сбоям, потерей данных и временным снижением общей операционной эффективности.

Параллельно с операционными вызовами возникают **регуляторные и правовые риски**. ГОСТ, регламенты и инструкции не сформированы в соответствии с технологическим развитием, создавая правовой вакуум. Яркими примерами являются отсутствие четких норм для коммерческой эксплуатации беспилотных автомобилей на общественных дорогах или правовой статус доставки грузов с помощью дронов в городской среде. Неясность в вопросах лицензирования, сертификации, распределения ответственности, а также соответствия требованиям по защите персональных данных создает значительные барьеры для масштабирования инноваций.

Успешное преодоление технологических, операционных и регуляторных барьеров еще не гарантирует коммерческий успех, так как сохраняются **рыночные риски**. Ключевым из них является неготовность рынка к восприятию новой технологии или услуги. Потребители могут проявлять консерватизм, не доверяя беспилотному управлению или отдавая предпочтение традиционным сервисам. Рыночный спрос может кардинально измениться под влиянием макроэкономических факторов или появления новых потребительских трендов. Кроме того, всегда существует угроза, что конкуренты представят аналогичную, но более совершенную или дешевую технологию, мгновенно обесценив собственные разработки компании.

Фундаментальной основой, без которой ни одна инновация невозможна, являются человеческие ресурсы, и здесь на первый план выходят **кадровые риски**. Развитие технологий порождает дефицит квалифицированных специалистов, обладающих узкоспециализированными компетенциями на стыке транспорта, квантовых технологий, беспилотных аппаратов, кибербезопасности и в целом обеспечения безопасности объектов.

Для повышения эффективности управления инновационными технологиями в транспортной сфере особое значение имеет **прогнозирование и предотвращение рисков**, способных оказать существенное влияние на финансовые результаты и устойчивое развитие организации. В рамках анализа рисков рассматриваются два возможных сценария развития – **положительный и негативный** [4, 5, 6].

При **положительном сценарии** после преодоления точки окупаемости наблюдается рост операционных денежных потоков и прибыли в несколько раз (коэффициент роста – u). В противоположном, **негативном сценарии**, соответственно, происходит сокращение этих показателей в u раз. Таким образом, фактор изменения операционных денежных потоков u выступает ключевым параметром, отражающим чувствительность проекта к воздействию внешних и внутренних факторов риска. Его значение определяется **экспертным путем**, на основе комплексной оценки вероятности и масштабов рисков событий.

Для положительного и негативного сценариев определяется дисконтированный доход по формулам (1) и (2):

$$PV_{O_t} = \sum_{i=t}^T \frac{CF_{O_t}}{(1+r)^{i-t}} \quad (1)$$

$$PV_{P_t} = \sum_{i=t}^T \frac{CF_{P_t}}{(1+r)^{i-t}} \quad (2)$$

где $PV_{O_t}(PV_{P_t})$ – дисконтированный доход инновационного проекта за расчетный период в положительном (негативном) сценарии, руб.;

r – ставка дисконтирования, процент, отражающий соотношение будущего дохода и его нынешней стоимости;

T – расчетный период.

При сокращении денежных потоков после окупаемости проекта следует отказаться от дальнейших инвестиций в проект. В случае исполнения опциона на отказ от будущих инвестиций в проект

денежные потоки проекта в негативном сценарии приравниваются к нулю начиная с года исполнения опциона T_{opt} .

Заключение

Инновационное развитие транспортной системы является необратимым фактором при достижении технологического лидерства страны. Ключевым выводом исследования является необходимость перехода от реактивного управления рисками к проактивному стратегическому риск-менеджменту, интегрированному в процесс разработки и внедрения инноваций. Для повышения эффективности управления инновационными технологиями в транспортной сфере особое значение имеет **прогнозирование и предотвращение рисков**, способных оказать существенное влияние на финансовые результаты и устойчивое развитие организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Блинкова С. А., Разумовская Е. М., Веляева К. С. Развитие инновационных секторов в России и за рубежом // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024. № 6. С. 235–244. DOI 10.24412/2220–2404–2024–6–5. EDN HBQUSY.
- 2 Блинкова С. А., Веляева К. С. Тенденции формирования транспортного рынка инновационных проектов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024. № 3. С. 167–173. DOI 10.23672/SAE.2024.89.93.004. EDN HPBPXS.
- 3 Галкин А. Г., Митрофанов А. Н., Митрофанов С. А. Методика проведения риск-анализа и прогнозирования показателей качества состояния контактной сети // Вестник Самарского муниципального института управления. 2011. № 3 (18). С. 172–182. EDN ODXFCR.
- 4 Блинкова С. А. Методика оценки инновационных проектов в транспортной отрасли // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2024. № 4. С. 190–195. DOI 10.23672/SAE.2024.4.4.006. EDN OOFXAC.
- 5 Гаранин М. А., Веляева К. С. Экономическая модель развития техностартеров и спин-аутов в университете нового поколения // Вестник СамГУПС. 2023. № 2(60). С. 9–15. EDN RVAWUD.
- 6 Blinkova S., Garanin M., Dobrynin E. Development of an Energy System at a Railway Station Using a Gas Turbine Power Station // Transportation Research Procedia, Novosibirsk, 25–29 мая 2020 года. Novosibirsk, 2021. P. 538–543. DOI 10.1016/j.trpro.2021.02.105. EDN OEQNNX.

УДК 625.1

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

И. Ф. Галиуллин, О. Н. Козменков

Приволжский государственный университет путей и сообщения

Введение. Одним из ключевых элементов системы тягового электроснабжения железнодорожного транспорта является контактная сеть (КС). Контактная сеть железных дорог представляет собой систему проводов, тросов, изоляторов, опор и арматуры, предназначенную для передачи электрической энергии от тяговых подстанций к электроподвижному составу (ЭПС). От исправной работы этой системы зависит надёжность перевозочного процесса.

Пропуск тяжеловесных поездов по участкам со сложным профилем пути с точки зрения электроснабжения вызывает ряд сложностей, возрастает риск возникновения аварийных ситуаций. В таких условиях требуется передача значительных мощностей для движения ЭПС, что создает значительные нагрузки на КС, а это может привести к перегреву элементов КС и перегосу контактного провода [1, 2].

Одним из наиболее уязвимых элементов в конструкции КС являются контактные соединения, так как именно в них под действием механических воздействий, коррозии и т.п., может увеличиваться переходное сопротивление, возникать локальный перегрев и обрыв контактного провода. Поэтому обеспечение надежного электроснабжения для тяжеловесных поездов на сложных участках пути требует внедрения современных технологий для непрерывной диагностики состояния всех элементов КС и особенно контактных соединений.

Актуальность темы обусловлена тем, что в процессе эксплуатации КС испытывает комбинированное воздействие электромеханических нагрузок, вибраций, климатических факторов и коррозионных процессов, что приводит к постепенной деградации всех её элементов. Состояние КС регулярно контролируется, в том числе с использованием вагона испытания контактной сети (ВИКС) и существующие ме-

тоды диагностики (визуальный контроль, тепловизионное обследование, электрические измерения [3, 11]) позволяют выявлять дефекты, но преимущественно уже проявившиеся или развивающиеся. Выявленные неисправности на КС как правило требуют снижения скоростного режима или ограничений при пропуске поездов большой массы тем более по сложному профилю пути, а это не всегда возможно.

Для пропуска тяжеловесных поездов по участкам со сложным профилем пути возрастает необходимость в непрерывном мониторинге технического состояния КС. Требуются недорогие высокочувствительные системы непрерывного контроля, способные фиксировать развитие дефектов на начальных стадиях, для предиктивного обслуживания и ремонта КС на основе данных о её техническом состоянии [4, 5].

Целью исследования является повышение достоверности и оперативности диагностики технического состояния КС на железнодорожном транспорте за счёт применения эффективного технического решения для непрерывного контроля на участках со сложным профилем пути.

В рамках исследования проведен анализ наиболее распространённых существующих методов диагностики КС на железнодорожном транспорте. Результаты сопоставления достоинств и недостатков представлены в таблице.

Таблица

Анализ существующих методов диагностики контактной сети

Метод	Достоинства	Недостатки
Визуальный осмотр	Не требует применения сложных и дорогостоящих технических средств	Не точный, часто требует подъёма на высоту или отключения участка, нет возможности обнаружения скрытых дефектов, низкая достоверность результатов
Тепловизионный контроль	Позволяет обнаруживать зоны перегрева, связанные с повышенным переходным сопротивлением, фиксирует преимущественно развивающиеся дефекты	Результат и точность зависит от внешних условий, требует использования дорогостоящего оборудования, посредственная достоверность результатов
Радиотермометрия	Эффективен при плохой видимости и осадках, высокая достоверность результатов	Низкое пространственное разрешение, необходима сложная калибровка, дорогое оборудование
Электрические методы	Измерение физических параметров электрической цепи даёт достоверную информацию, не требует дорогостоящего оборудования	Часто требует отключения участка, не выявляет развивающиеся механические разрушения, значительное влияние внешних условий, что влияет на достоверность результатов
Вибро– и акустический анализ	Позволяет получить информацию о развивающихся дефектах во всех элементах конструкции КС сразу	Чувствителен к внешним условиям, что влияет на достоверность результатов, требуется дорогостоящее оборудование

Анализ показал, что каждый из методов диагностики КС имеет свои преимущества и недостатки [10]. Визуальный осмотр прост и не требует сложного оборудования, но он неточен, требует подъёма на высоту и не позволяет обнаружить скрытые дефекты. Тепловизионный контроль эффективен для выявления зон перегрева, но зависит от условий окружающей среды и требует дорогостоящего оборудования. Радиотермометрия обеспечивает высокую достоверность результатов даже при плохой видимости, но имеет низкое пространственное разрешение и требует сложной калибровки. Электрические методы дают достоверную информацию, но часто требуют отключения участка КС. Вибро– и акустический анализ позволяет оценить состояние всех элементов конструкции, но интерпретация полученных значений требует высокой квалификации или готового программного решения, и дорогостоящего оборудования.

Для повышения эффективности диагностики часто используется комплексный подход, сочетающий несколько методов, например, наиболее эффективным техническим решением является использование ВИКС. Но для поддержания высокой надежности КС при пропуске тяжеловесных поездов по участкам со сложным профилем пути необходима непрерывная диагностика [7].

Решением поставленной задачи может стать метод акустической эмиссии (АЭ). Этот метод позволяет регистрировать микродеформации, микротрещины и искрение на элементах конструкции КС ещё до появления заметного нагрева или визуальных признаков повреждения, что делает его перспективным инструментом для внедрения в комплексную систему диагностики КС железнодорожного транспорта [9].

Метод АЭ основан на регистрации и анализе упругих волн, возникающих в материале при развитии дефектов. При нагрузке или эксплуатации любого материала происходят микроразрушения, которые вызывают акустические сигналы, эти сигналы улавливаются высокочувствительными пьезоэлектрическими преобразователями АЭ, которые преобразуют акустические волны в электрические сигналы. Анализ сигналов позволяет определить местоположение, тип и степень опасности дефектов.

Датчики акустической эмиссии могут устанавливаться на элементы контактной сети для создания плотного акустического контакта, они непрерывно регистрируют упругие импульсы, возникающие при микродефектах, трещинообразовании и искрении в различных узлах КС. Аналоговый сигнал с пьезоэлемента проходит усиление и полосовую фильтрацию для удаления фоновых низкочастотных вибраций и высокочастотных помех, после чего сигнал оцифровывается с высокой частотой дискретизации для сохранения формы импульса и вычисляются ключевые параметры события амплитуда, энергия, длительность и спектральные характеристики [8].

На локальном контроллере выполняется детекция импульсов, и временная привязка с точной синхронизацией между соседними датчиками, что позволяет определить координату источника импульса по разности времени прихода волн, дополнительно применяется корреляция сигналов и адаптивная фильтрация, чтобы отфильтровать шумы от ЭПС, ветровых или иных воздействий. Собранные параметры событий передаются по защищённым каналам связи на центральный сервер, где автоматизированные алгоритмы анализируют динамику активности импульсов, сравнивают текущие метрики с трендами за предыдущий период и классифицируют характер события на механический износ, усталость металла или электрическое искрение с присвоением уровня приоритета. Специализированное программное обеспечение анализирует сигналы, определяет местоположение и характер дефектов, а на основе анализа выносится заключение о состоянии контактной сети и возможности её дальнейшей эксплуатации.

При устойчивом росте числа событий или при появлении мощных широкополосных импульсов система формирует предупреждение для энергодиспетчера и автоматически создаёт задачу в системе технического обслуживания с указанием координат и описанием диагностической информации. При критических комбинациях параметров, формируется сигнал срочного реагирования и организуется незамедлительный выезд бригады для предварительной проверки участка КС с помощью доступных средств диагностики. Полученные данные за прошлый период времени служат для обучения моделей прогнозирования времени до отказа и для настройки пороговых значений с целью снижения ложных предупреждений системы при одновременном повышении чувствительности к реальным дефектам [6].

Структурная схема непрерывной диагностики технического состояния КС методом АС представлена на рисунке.



Рис. Структурная схема непрерывной диагностики технического состояния КС методом АС

Вывод. Внедрение метода акустической эмиссии позволит оперативно регистрировать микродеформации, трещины и искрение на ранних стадиях развития дефектов в КС, что существенно повышает достоверность диагностики за счет своевременного выявления потенциальных опасных ситуаций до появления видимых повреждений или нагрева. Оперативность повышается за счет автоматизированной системы сбора, анализа и классификации акустических сигналов, а также автоматического формирования предупреждений и задач для технического обслуживания в реальном времени. Благодаря высокой чувствительности датчиков, точной синхронизации и алгоритмам анализа, уровень достоверности диагностики может увеличиться примерно на 30–50 %, а оперативность – в несколько раз, поскольку система обеспечивает непрерывный мониторинг и автоматическую реакцию без задержек, характерных для ручных методов.

Таким образом, внедрение системы на базе метода АЭ позволяет значительно повысить безопасность и надежность эксплуатации КС при пропуске тяжеловесных поездов по участкам со сложным профилем пути, снизить риск аварийных ситуаций и сократить время реагирования на выявленные дефекты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Митрофанов С. А., Добрынин Е. В. Математическая модель расчета нагрева элементов контактной сети в задачах диагностики системы тягового электроснабжения // Математическое моделирование, численные методы и информационные системы : сборник статей Межвузовской научно-практической конференции, Самара, 01–31 октября 2009 года. Самара: Самарский муниципальный институт управления, 2009. С. 37–43. EDN UNTKMV.
- 2 Моделирование нагрева контактной подвески при профилактическом подогреве в условиях движения поездов / Е. В. Добрынин [и др.] // Электротехника. 2023. № 10. С. 24–28. DOI 10.53891/00135860_2023_10_24. EDN IKDGOY.
- 3 Бошкарёва Т. В., Табаков О. В., Еремеев Д. Ю. Реализация визуальной диагностики контактной сети // Наука и образование транспорту. 2017. № 1. С. 218–220. EDN YMHSUC.
- 4 Панов Е. Г. Анализ технического состояния токоприёмников и контактной сети железных дорог // Вестник транспорта России. 2021. № 7. С. 58–64.
- 5 Соловьев С. Д., Харитонов Т. В., Табаков О. В. Использование квадрокоптера для бесконтактной диагностики элементов контактной сети электрифицированных железных дорог // Наука и образование транспорту. 2021. № 2. С. 79–81. EDN DQTMQZ.
- 6 ГОСТ Р 56560–2015. Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль. Общие требования. Введ. 2016–07–01. М.: Стандартинформ, 2016. 24 с.
- 7 Инструкция по техническому обслуживанию контактной сети. М.: ОАО «РЖД», 2020. 152 с.
- 8 Бондаренко В. В., Иванов С. П., Кузнецов А. Н. Применение методов акустической эмиссии для диагностики электрических соединений // Электротехника. 2022. № 4. С. 25–31.
- 9 Долгих А. А. Мониторинг состояния контактной сети с использованием методов АЭ // Энергетика транспорта. 2023. № 2. С. 40–45.
- 10 Харитонов Т. В., Фроленков С. А. Разработка технического комплекса диагностики проводов контактной сети электрифицированных железных дорог // Транспортное дело России. 2025. № 5. С. 158–162. EDN XPAMZH.
- 11 Dobrynin E. V., Kharitonova T. V., Kudryashov D. A. Measuring the Geometry of Catenary Devices // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITSI-2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. Москва: AIP PUBLISHING, 2023. P. 020050. DOI 10.1063/5.0105972. EDN GMAYCH.

УДК 621.331.3.024: 656.073.5

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

М. А. Гаранин¹, А. Н. Потейко², А. Н. Митрофанов¹

¹Приволжский государственный университет путей сообщения (ПривГУПС)

²МООО «Российские студенческие отряды» (РСО)

Введение. Нормативными документами ОАО «РЖД» [1: 1] предусмотрен расчет пропускной и провозной способности железных дорог, в том числе по условиям электроснабжения. В ОАО «РЖД», начиная с 2016 года в качестве инструментария для мониторинга пропускной способности ведётся внедрение и усовершенствование автоматизированной системы «Паспорт наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД» (АС Паспорт НПС) [1: 2], разработанной в АО «Институт экономики и развития транспорта».

В качестве критериев ограничений пропускной способности на СТЭ и ЭПС выступают показатели:

- мощность силового оборудования тяговых подстанций;
- напряжение на токоприемниках электроподвижного состава» (ЭПС);
- температура нагрева проводов контактной сети».

Ранее авторами в ряде работ [2: 113, 3: 13] было определено, что на ряде полигонов железных дорог, в АС Паспорт НПС перечисленные показатели НС СТЭ в явном виде не используются. На рисунке 1 в качестве примера представлен фрагмент реальной таблицы заполнения выходной формы АС Паспорт НПС с фактическими данными о показателях пропускной способности железных дорог по условиям электроснабжения в нормальном режиме (режим А) для трех электрифицированных участков на одном из территориальных филиалов РЖД. По мнению авторов основной проблемой недостаточного качества используемых показателей состоит в том, что анализ производится не на каждой межподстанционной зоне, а полигонах значительной протяженности от 36 км до 115 км.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	№ п/п	Станция начала участка	Станция конца участка	Протяженность участка, км		Всего главных путей	Средств связи по движению поездов	Вид тяги	Пропускная способность устройств тягового электроснабжения в нормальном режиме (режим А)					
2									Грузовых поездов		Пассажирских поездов		Ограничивающий элемент по устройствам тягового электроснабжения	Коэффициент заполнения пропускной способности ограничивающего элемента по устройствам тягового электроснабжения
3									Туда	Обратно	Туда	Обратно		
4				Всего	в том числе, вторых путей									
49	1)	Пр	А	36,5	36,5			Э	97	100	21	21	Тяг. Подст.:ТБ, Пр. Конт.сеть: Пр-Ак,	0,72
50	1	Пр	ТБ	16,8	16,8	2	АБ							
51	2	ТБ	А	19,7	19,7	2	АБ							
52	2)	А	П	115,10	115,1			Э	64	46	21	20	Тяг.Подст.:Б, З, Ас, Кс, Ф, СГ, Конт. сеть: Кс-Ф, Ф-	1,12
53	1	А	СГ	22,50	22,50	2	АБ							
54	2	СГ	Ф	19,10	19,10	2	АБ							
55	3	Ф	Ас	21,50	21,50	2	АБ							
56	4	Ас	З	9,30	9,30	2	АБ							
57	5	З	Б	22,90	22,90	2	АБ							
58	6	Б	П	19,80	19,80	2	АБ							
59	3)	Кр	Кл	37,20	37,20			Э	82	78	23	24	Тяг.Подст.: Кл, Тр	0,86
60	1	Кр	Г	11,80	11,80	2	АБ							
61	2	Г	Тр	11,10	11,10	2	АБ							
62	3	Тр	Кл	14,30	14,30	2	АБ							

Рис. 1. Пример фрагмента выходной формы АС Паспорт НПС, для трех электрифицированных участков на одном из территориальных филиалов РЖД

Так, из рисунка 1 видно, что по представленным участкам 1) Пр – А, 2) А – П, 3) Кр – Кл показатели пропускной способности не заполняются. В качестве показателей ограничений наличной пропускной способности используются ограниченный перечень показателей:

- 1) перечень тяговых подстанций и участков контактной сети (КС) на уровне не точнее, чем одна межподстанционная зона;
- 2) значения коэффициентов заполнения пропускной способности ограничивающего элемента по устройствам тягового электроснабжения $k_{зап\ гр}^э$, определяемый сразу для двух направлений (Туда, Обратно), в то время как согласно инструкции пропускная способность должна определяться для каждого направления по отдельности.

Кроме того, анализ выходных форм АС Паспорт НПС показал, что текущая версия программы, по мнению авторов, обладает рядом недоработок:

1. Локализация мест ограничений пропускной способности на участках КС осуществляется с недостаточным уровнем детализации и требует повышения точности.
2. В выходных формах АС Паспорт НПС может наблюдаться наличие ошибочных значений $k_{зап\ гр}^э$. Так в таблице рисунка 1 для участка №2 А–П значение ошибочно определено и не откорректировано программой значение $k_{зап\ гр}^э=1,12$, что превышает максимально – допустимые значения $k_{зап\ гр}^э=1$. Согласно раздела нормативного документа [4: 6, 5: 176] значения $k_{зап\ гр}^э$ определяется как отношение фактического количества поездов $n_{гр}^{исп}$ к максимально возможному $N_{гр}$. Так, например, для двухпутных участков с преимущественно грузовым движением и с учетом пропуска поездов других категорий $n_{пс}$, $n_{пр}$ значение коэффициента определяется на основании выражения:

$$k_{зап\ гр}^э = \frac{n_{гр}^{исп} + n_{пс} \cdot \varepsilon_{пс} + n_{пр} \cdot \varepsilon_{пр}}{N_{гр} + n_{пс} \cdot \varepsilon_{пс} + n_{пр} \cdot \varepsilon_{пр}}$$

3. В выходных формах АС Паспорт НПС отсутствует критерий ограничений пропускной способности по критической массе грузовых поездов, учет которой предусмотрен в Инструкции [5: 176] и вариация которых будет влиять на пропускную способность.

4. В выходных формах АС Паспорт НПС отсутствует критерий ограничений пропускной способности, вносимых уровнем фактических минимальных межпоездных интервалов J , мин, мониторингу которых также отведен раздел Инструкции [5: 176] и которые связаны как с режимами пропуска поезда, так и с характеристиками СТЭ.

5. В выходных формах АС Паспорт НПС не учитывается скорость прохождения межподстанционных зон, рост которой наряду с ростом массы поезда требует увеличения мощности, подводимой к электроподвижному составу, и ограничивает пропускную и провозную способность [7: 27].

Представленные выше положения могут быть обоснованы рядом результатов исследований авторов. Так исходя из анализа результатов моделирования на программных средствах КОРТЕС, а также на программных средствах по расчету режимов работы СТЭ и наличной пропускной способности разработки ПривГУПС [6: 1, 7: 1] установлено, что наиболее информативным и доступным для диагностики нарушений показателей НС СТЭ является напряжение на токоприемниках ЭПС. На рисунке 2 а представлены фактические графики механических и энергетических процессов, характерных при пропуске грузового поезда массой поезда массой 6290 тонн по участку протяженностью $L = 231$ км с уклонами до $i = 8$ ‰ оборудованного СТЭ постоянного тока. Используемый тип электровоза – 2ВЛ10У. Из графиков рисунка 2 а видно, что фиксация нарушений условий НС СТЭ по критерию пониженного напряжения на токоприемнике относительно допустимого, то есть по критерию $U_{\text{кв}}(t) < U_{\text{кв.огр}}(2700 \text{ В})$, возможна не только на межподстанционных участках, но и попутно. Данные режимы наблюдаются, например, на пикетах 201 – 251; 1001; 1201– 1220; 1251; 1701. Инструментарием для идентификации режимов ЭПС и мест нарушения условий НС СТЭ по напряжению на токоприемниках ЭПС может являться микропроцессорная система управления и диагностики электровоза ЭЭС6 (МСУиД), которой контролируется до 75 % электровозов на дорогах постоянного тока.

На основании проведенного моделирования установлено значимое и малоизученное количественную взаимосвязь массы грузовых поездов и технической скорости преодоления руководящих уклонов. Используемый критерий – снижение напряжения на токоприемниках электровозов ниже 2700 В. На рисунке 2 б представлены графики интенсивности снижения напряжения на токоприемниках электровозов грузовых поездов различной массы при изменении скорости прохождения руководящего подъема в 8 промилле (‰). Установлено, что при росте массы грузовых с 6300 тонн до 9200 тонн (рост на 46 %) допустимая скорость пропуска поездов по данному участку в связи со снижением допустимого уровня напряжения на токоприемниках ЭПС снижается с 72 км/час до 45 км/час (снижение на 36 %). Таким образом, установленные взаимозависимости массы и скорости пропуска тяжеловесных поездов по электрифицированных участках постоянного тока будут оказывать влияние и на показатели пропускной и провозной способности.

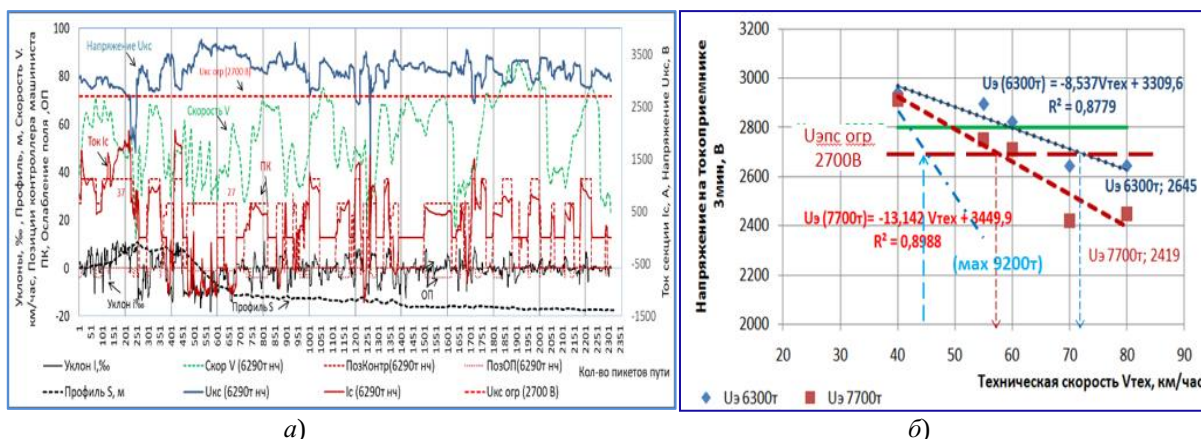


Рис. 2. Графики работы электровоза 2ВЛ10У при проведении поезда массой 6290 тонн

Выводы.

1. В существующую версию АС Паспорт НПС целесообразно включить модуль оценки корректности расчетов или ввода значений коэффициентов заполнения пропускной способности ограничивающего элемента по устройствам тягового электроснабжения $k_{\text{зап}}^3$ гр

2. Мониторинг показателей пропускной и провозной способности целесообразно и заполнения выходных форм АС Паспорт НПС необходимо производить для каждой из междоустанционных зон, входящих в состав междоустанционных участков.
3. В обновленных версиях АС Паспорт НПС с целью улучшения качества показателей пропускной и провозной способности на участках железнодорожных линий целесообразно предусмотреть введение количественных значений критериев: критические массы поездов, взаимосвязанные с критической скоростью пропуска поездов и с минимально – допустимыми межпоездными интервалами попутного следования на междоустанционных зонах участков по условиям электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Автоматизированная система «Паспорт наличной пропускной способности железных дорог ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: URL: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/575751/?sphrase_id=2579789 / (Дата обращения 20.10.2025).
- 2 Гаранин М. А., Потейко А. Н., Митрофанов А. Н. Анализ показателей пропускной способности на полигонах железных дорог по условиям электроснабжения // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 3 (111). С. 113–122.
- 3 Митрофанов А. Н., Потейко А. Н., Окладов С. А. Методы идентификации динамики пропускной способности на полигоне железной дороги по условиям электроснабжения // Вестник транспорта Поволжья. 2024. № 6 (108). С. 13–17.
- 4 Распоряжения ОАО «РЖД» от 24 января 2019 г. N 114/р Изменения, которые вносятся в инструкцию по расчету наличной пропускной способности железных дорог, утвержденную ОАО «РЖД» 10 ноября 2010 г. N 128 в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 24 января 2019 г. N 114/р [Электронный ресурс]. URL: <https://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=OTN&n=22963#xXiU42V8w0uA9uVm> (Дата обращения 20.10.2025).
- 5 Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» 4 марта 2022 г. № 545/р [Электронный ресурс]. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/vedomost_forma/0/instruktsiya_po_raschetu_propusknoy_i_provoznoy_sposobnostey.html/ (Дата обращения 20.10.2025).
- 6 Программный комплекс для интегральной оценки железных дорог по условиям электроснабжения (АРЭС–ЭЧ) / А. Н. Митрофанов, М. А. Гаранин, Е. В. Добрынин Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2005611049. Заявка № 2005610392 от 03.03.2005.
- 7 Программа для расчета системы тягового электроснабжения / А. Н. Потейко, Е. В. Добрынин, М. А. Гаранин. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2025666275, 24.06.2025. Заявка № 2025664399 от 03.06.2025.

УДК 658,5, 621.331

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕБАЛАНСОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГАХ ПОСТОЯННОГО ТОКА

М. А. Гаранин¹, А. Н. Митрофанов¹, С. А. Окладов¹, А. Н. Потейко²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения,

²МООО «Российские студенческие отряды»

Введение. В статье представлены результаты моделирования ключевого показателя эффективности *Небаланс электрической энергии в тяговой сети*. Предложен и апробирован метод идентификации показателей небалансов на базе авторской методики построения цифровых моделей энергетических и транспортных бизнес–процессов. Установлено, что точность оценки предложенного расчетного прогностического метода в стационарных периодах деятельности территориальных филиалов дирекции Трансэнерго превышает известный расчетный метод, используемый в методике ОАО «РЖД» не менее чем на 40 %.

Моделирование ключевого показателя эффективности (КПЭ) *Небаланс электрической энергии в тяговой сети* строится на методике идентификации энергоэффективности транспортных процессов железных дорог на базе моделей цифровых двойников [1].

Непосредственно КПЭ *Небаланс электрической энергии в тяговой сети*, % формируется как отнесенная (удельная) величина уровня небаланса (далее Уд. Небаланс $W_{\text{неб уд}}$), измеряемая в %, определяется по формуле:

$$W_{\text{неб уд}} = (W_{\text{т тп}} - W_{\text{эпс}}) / W_{\text{т тп}}, \% \quad (1)$$

где $W_{т\text{ тп}}$ и $W_{эпс}$ – соответственно объемы электроэнергии, потребляемой тяговыми подстанциями из системы внешнего электроснабжения и потребляемая электроподвижным составом (ЭПС) из системы тягового электроснабжения (СТЭ). На рисунке 1 представлены реализации фактических помесечных значений $W_{неб\text{ уд}}$ и $W_{неб\text{ пл}}$ – небалансов без учета заездов ЭПС на другие дороги на одном из исследуемых филиалов Трансэнерго ОАО «РЖД» оборудованных на 94 % СТЭ постоянного тока за период 171 месяц (57 кварталов) с 2007 по 2021.

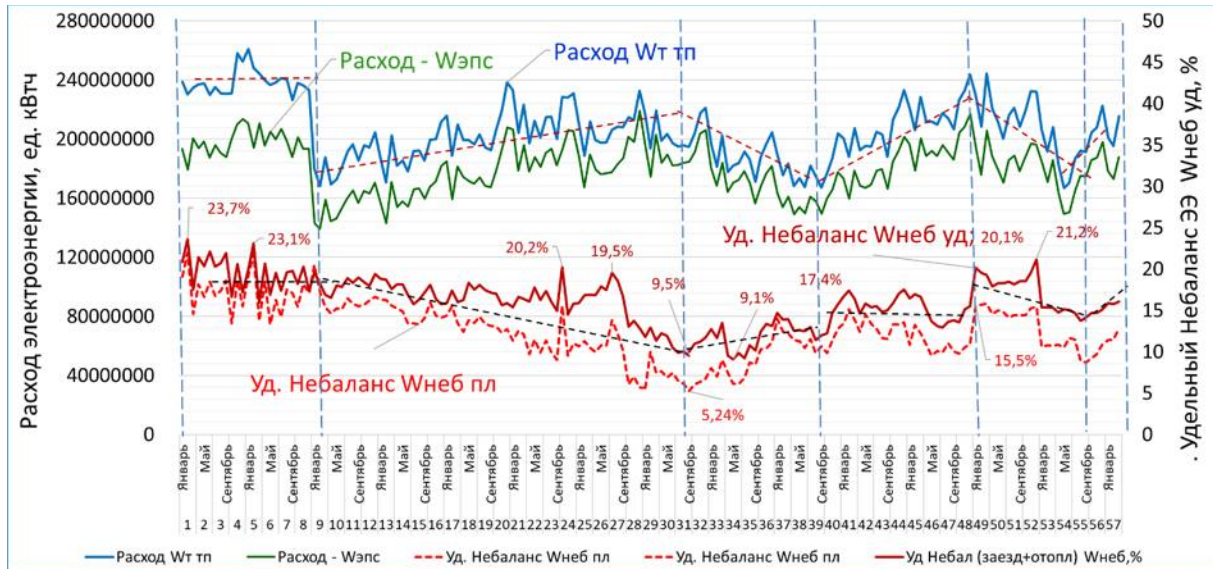


Рис. 1. Графики динамики расхода электроэнергии по показаниям счетчиков тяговых подстанций – $W_{т\text{ тп}}$, электроподвижного состава – $W_{эпс}$ и график небаланса данных показателей – $W_{неб\text{ уд}}$

Наибольшие значения показателя $W_{неб\text{ уд}}$, за анализируемый период находятся на уровне 23,7 %, наименьшее значение показателя $W_{неб}$ находится на уровне 9,1 %, разброс – 63 % от максимального значения. На рисунке 2 а представлены гистограммы показаний счетчиков тяговых подстанций – $W_{т\text{ тп}}$, электроподвижного состава $W_{эпс}$, а на рисунке 2 б и график небаланса данных показателей – $W_{неб\text{ уд}}$, $W_{неб\text{ пл}}$. Исходя из средних значений на последней гистограмме (14,392 % и 10,930 %) среднее различие в данных показателях составит около 3,5 %.

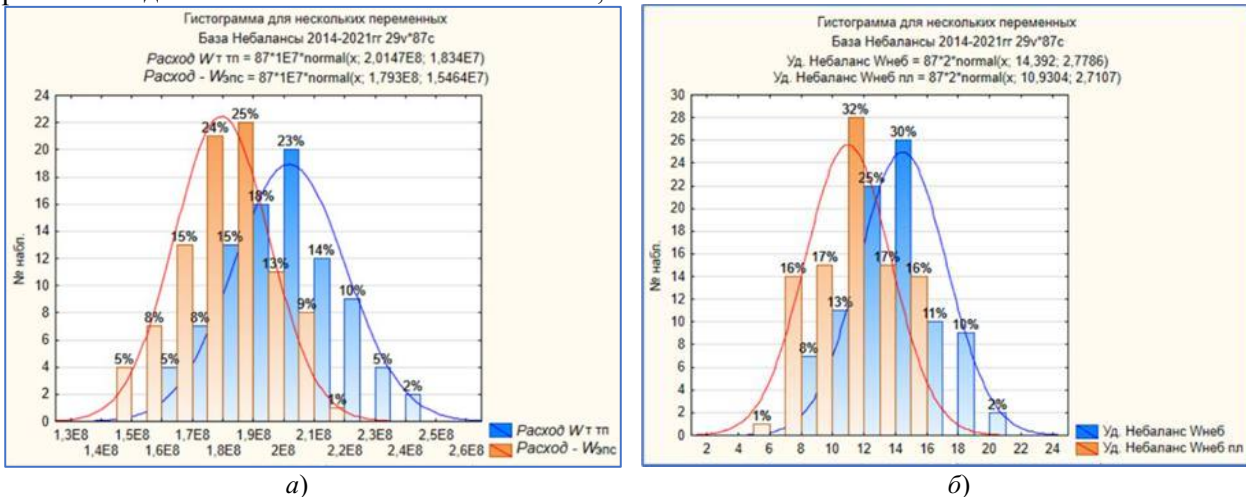


Рис. 2. Примеры гистограмм процессов: а) $W_{т\text{ тп}}$, $W_{эпс}$; б) $W_{неб\text{ уд}}$, $W_{неб\text{ пл}}$

В таблице 1 представлены примеры статистических оценок нескольких из 27-го анализируемых бизнес-процессов грузовых перевозок и энергообеспечения тяги поездов.

Таблица 1

Статистические оценки бизнес-процессов грузовых перевозок и энергообеспечения тяги поездов

№ набл (месяц)	№ КПЭ	1	2	3	4	5	27
	Статистические оценки	<i>Расход</i> $W_{т\text{ тп}}$	<i>Расход</i> $W_{\text{эпс}}$	<i>Работа</i> $A_{\text{общ}}$	<i>Удельный</i> <i>Небаланс</i> $W_{\text{неб}}$	<i>Скорость</i> <i>участковая</i> $V_{\text{уч}}$	% порожн. пробега грузового вагона к общему
1	<i>Среднее значение</i>	201472057	179297632	1900671	238	43	37
2	<i>Мода</i>	200072057	180297632	1800600	243	43,90	37,16
3	<i>Стандарт.откл.</i>	18339881	15463947	188543	12	3	2
4	<i>Максим.значение</i>	244413890	198045552	699246	255	48	43
5	<i>Миним. значение</i>	167017269	148928606	0	218	33	33
6	<i>Кэфф Ассим Ка</i>	0,10	-0,04	0,75	-0,37	-0,77	0,49
7	<i>Кэфф Эксц Ке</i>	-0,49	-0,47	-1,12	-0,81	0,34	0,31
8	<i>Кэфф Вариацион Кв</i>	9,10%	8,62%	9,92%	5,1%	8,05%	5,08%
9	<i>Кэфф откл Км</i>	-0,7%	0,6%	-5,3%	2,4%	1,8%	0,3%

Следующий этап методики заключается в идентификации взаимосвязи исследуемых показателей для оценки возможности включения их в математические модели цифровых двойников показателя $W_{\text{неб уд}}$ методами корреляционного и кластерного анализов [2].

При выборе «приоритетных» эксплуатационных показателей, значимо влияющих на показатель $W_{\text{неб уд}}$ в строящейся модели цифрового двойника, для устранения эффекта мультиколлинеарности в работе используются методы кластерного анализа. На рисунке 3 в результате обработки 27-х эксплуатационных показателей и ряда результатов расчетов представлены в виде дерева связей – дендрограммы. На основании приведенного кластерного анализа имеется возможность устранить эффект мультиколлинеарности переменных путем выбора из кластера только одной переменной.

На основании основной процедуры методики [1] предусмотрено:

- агрегирование данных для переменных для многофакторных моделей цифровых двойников из состава, ранее выбранных по результатам корреляционного и кластерного анализа эксплуатационных показателей;
- идентификация параметров эксплуатационных показателей и определение их степени влияния на показатель $W_{\text{неб уд}}$ в составе многофакторных моделей цифровых двойников;
- верификация полученных вариантов многофакторных моделей цифровых двойников показателя $W_{\text{неб уд}}$, посредством устранения мультиколлинеарности «приоритетных» эксплуатационных показателей;
- построение многофакторных моделей, пригодных для прогнозирования показателя $W_{\text{неб уд}}$ при использовании значений плановых «приоритетных» эксплуатационных показателей.

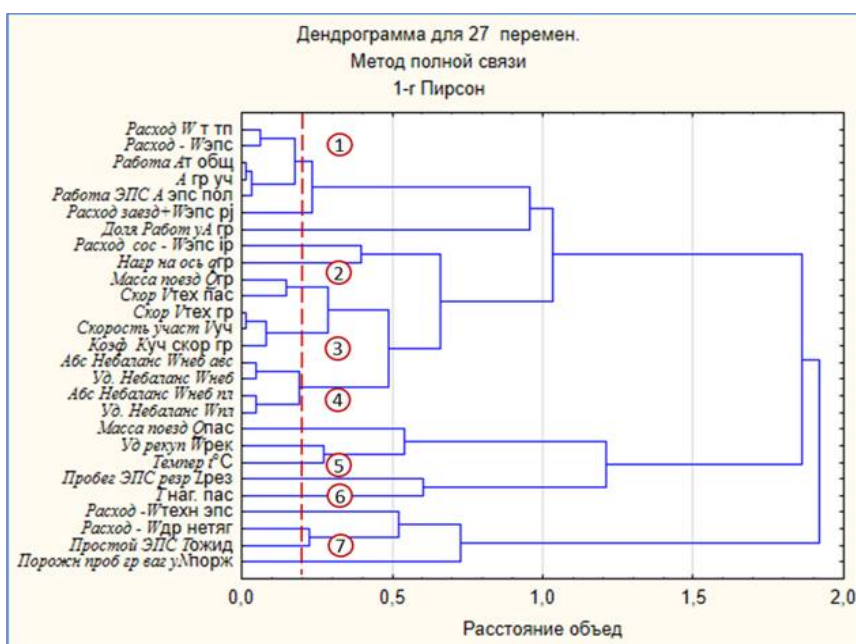


Рис. 3. Оценка близости взаимосвязей, построенная на базе кластерного анализа (дендрограмма 27 показателей)

В качестве способа построения моделей используется множественная регрессия, пакеты прикладных программ Statistica [3]. Агрегирование переменных для математических многофакторных моделей цифровых двойников целесообразно производить из состава «приоритетных» показателей, определенных методом кластерного анализа. В качестве формы математических многофакторных моделей цифровых двойников показателя $W_{\text{неб уд}}$ предлагается использовать форму линейных многофакторных стохастических уравнений регрессии вида:

$$W_{\text{неб уд}} = a_0 + (a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + \dots + a_i \cdot X_i + \dots + a_n \cdot X_n) + \xi_{\text{неб уд}} \quad (2)$$

где X_i – «приоритетные» эксплуатационные показатели из состава i кластеров; a_0 – свободный член многофакторной модели уравнения регрессии; $a_1, a_2, \dots, a_n$ – члены при X_i – «приоритетных» эксплуатационных показателей многофакторного уравнения регрессии; $\xi_{\text{неб уд}}$ – стохастическая составляющая стохастической многофакторной модели уравнения регрессии (2) из-за неучтенных факторов. Для оценки максимально возможной точности модели $W_{\text{неб уд}}$, вычисляемой по всей совокупности имеющихся эксплуатационных показателей (27 показателей), исключая явные показатели формирования $W_{\text{неб уд}}$, то есть $W_{\text{т тп}}$, $W_{\text{эпс}}$ и другие компоненты уравнения (2) с помощью инструментария [26] было произведено построение модели для стационарных данных на интервале с 29 по 49 кварталов в условиях визуального роста тренда показателя $W_{\text{неб уд}}$ (рис. 4, таблица 2).

Таблица 2

Результаты идентификации параметров 4-х факторной модели для показателя $W_{\text{неб уд}}$

№	КПЭ	Скорректир. коэффициент регрессии $Beta$	Коэффициенты регрессионного уравнения $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$	Достигнутый p -level при идентификации (допустимый $p = 0,05$)
1	2	3	4	5
0	<i>Свободный член уравнения a_0</i>		-186,389	0,000000
1	<i>Скорость техническая груз. поездов $V_{\text{тех гр}}$</i>	0,542516	0,570	0,000000
2	<i>Нагрузка на ось в груз. движении $q_{\text{гр}}$</i>	1,195595	8,324	0,000000
3	<i>Порожний пробег груз. вагона $y_{\text{Нпорж}}$</i>	1,053155	1,189	0,000002

В таблице 2 в столбце 2 представлены названия эксплуатационных показателей; в столбце 3 – показатель $Beta$ – скорректированный коэффициент регрессии, характеризующий степень влияния показателей в составе многофакторного уравнения; в столбце 4 – коэффициенты регрессионного уравнения вида (2); $a_1, a_2, \dots, a_n$; в столбце 4 – уровень значимости p -level, достигнутый в результате идентификации и сравниваемый с допустимым уровнем $p = 0,05$. Следуя инструктивным указаниям методики [1, 3] была произведена идентификация параметров моделей с различным количеством эксплуатационных показателей. В таблице 2 представлены результаты идентификации параметров модели для показателя $W_{\text{неб уд}}$ при использовании в уравнении восьми технологически – обоснованных факторов.

Точность 4-факторной модели показателя $W_{\text{неб уд}}$ характеризуется следующими показателями: множественный коэффициент корреляции ($Multiple R$) = 0,857; множественный коэффициент детерминации ($Multiple R^2$) = 0,715; скорректированный коэффициент детерминации ($Adjusted R^2$) = 0,702; критерий Фишера $F(4,55) = 37,94$, что больше нормативного $F_{\text{табл}} = 1,7$ при уровне значимости $p < 0,05$; стандартная ошибка оценки ($Std. Err. of Estimate$) = 1,237; средняя абсолютная ошибка = 0,67 %; средняя абсолютная ошибка моделирования ($MAPE$ -оценка) = 5,32 %.

На рисунке 4 представлены исходные показатели формирования показателя $W_{\text{неб уд}}$, то есть $Расход W_{\text{т тп}}$, $Расход W_{\text{эпс}}$, результаты моделирования показателя $W_{\text{неб уд}}$ при использовании: 1) временного линейного тренда; 2) регрессионных уравнений с различным количеством эксплуатационных КПЭ.

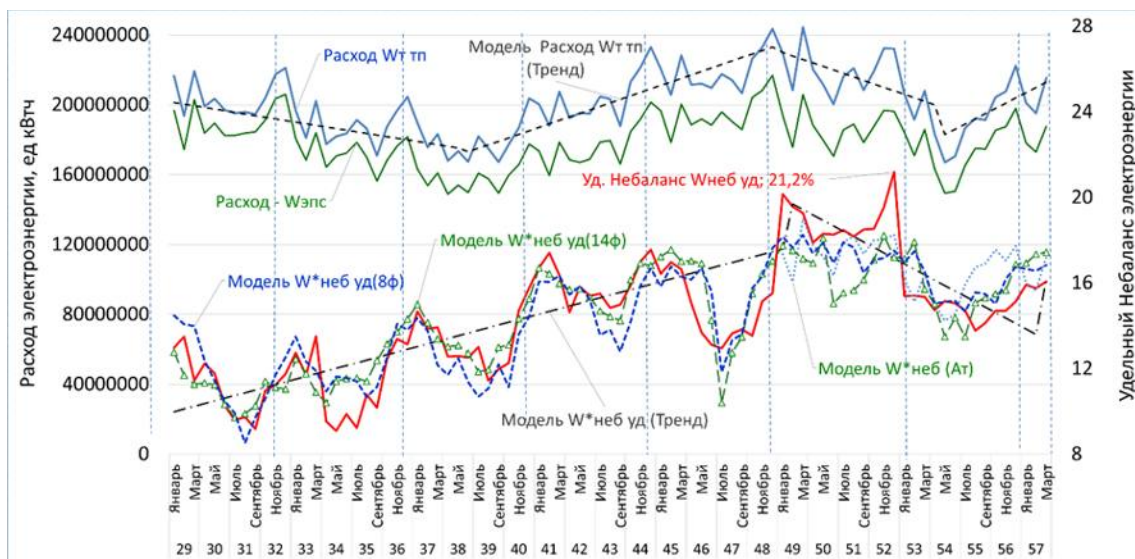


Рис. 4. Графики процессов формирования показателя $W_{неб\ уд}$ и результаты моделирования на базе многофакторных уравнений

По дополнительной оси представлены значения *абсолютной ошибки моделирования и средней абсолютной ошибки моделирования* – (Ср. Абс ош).

На графиках рисунка 4 представлены некоторые результаты моделирования:

- Модель $W_{неб\ уд}^*$ (Тренд) построена на основании временного линейного тренда на интервале с 29 по 49 периоды. Ср. Абс ош = 1,46 %;
- Модель $W_{неб\ уд}^*$ (1 факторная – Ат) с 49 по 57 периоды. Ср. Абс ош = 1,34 %;
- Модель 2 $W_{неб\ уд}^*$ (8 факторная) с 29 по 49 периоды. Ср. Абс ош = 0,63 %;
- Модель $W_{неб\ уд}^*$ (8 факторная) с 29 по 57 периоды. Ср. Абс ош = 1,06 %;
- Модель $W_{неб\ уд}^*$ (14 факторная) с 29 по 57 периоды. Ср. Абс ош = 1,09 %;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Митрофанов, А. Н. Методология построения моделей цифровых двойников процессов энергообеспечения тяги поездов / А. Н. Митрофанов, Ю. И. Жарков, С. А. Окладов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2024. № 2. С. 8–17. DOI 10.46973/0201–727X_2024_2_87.
- 2 Жамбю, М. Иерархический кластер–анализ и соответствия / М. Жамбю. Москва: Финансы и статистика, 1988. 345 с.
- 3 Боровиков, В. П. Statistica: искусство анализа данных на компьютере / В. П. Боровиков. 2–е изд. Санкт–Петербург: Питер. 2003. 688 с. ISBN 5–272–00078–1.

УДК 658

РЕГУЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ (СГРМ) В ТЯГОВОЙ СЕТИ С ОДНОСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ

Л. А. Герман¹, И. А. Саликов²

¹Нижегородского института путей сообщения филиала Приволжского государственного университета путей сообщения

²Горьковская дистанция электроснабжения – филиал ОАО «Российские железные дороги»

Введение. Способ регулирования, а также устройство и работа СГРМ рассмотрены в [1, 2] и где в соответствие с предложением завода-изготовителя [3] предложен закон регулирования СГРМ на посту секционирования (ПС) межподстанционной зоны – «стабилизация напряжения». Причем на основании разработки [4] показано, что для участков с двухсторонним питанием для повышения пропускной способности и снижения потерь электроэнергии возможно применение одной ступени стабилизации СГРМ на уровне 25,5–26,6кВ. Однако на сети железных дорог существуют участки тяговой сети с односторонним питанием, например, участок 2×25кВ Сергач–Шумерля с включенным постом секционирования

ния и отключенной смежной тяговой подстанции от контактной сети [5]. Пост секционирования «держат» включенным, чтобы не формировать нейтральную вставку. Известно, что введение нейтральной вставки требует её обслуживание, нейтральная вставка снижает скорости движения поездов. Вот почему на железных дорогах стараются избавиться от нейтральной вставки у поста секционирования. Однако при одностороннем питании тяговой сети на сформированном консольном участке тяговой сети от ПС до отключенной тяговой подстанции в связи с отсутствием нейтральной вставки у ПС известны повышенные требования к режиму напряжения на консольном участке контактной сети. Такая схема с консольным участком тяговой сети рассмотрена, например, в [5].

В связи с указанным при одностороннем питании контактной сети и отсутствии нейтральной вставки у ПС следует учитывать пониженный режим напряжения на консольном участке контактной сети и принимать соответствующие меры.

В статье [6] рассматривается межподстанционная зона тяговой сети двухпутного участка с односторонним питанием и постом секционирования ПС с СГРМ. Смежная тяговая подстанция отключена вводным выключателем. Недостаток схемы: пониженное напряжение в контактной сети на участке, примыкающем к смежной отключенной тяговой подстанции, что отрицательно влияет на прохождение тяжеловесных поездов.

Цель статьи: разработать алгоритм регулирования напряжения СГРМ поста секционирования контактной сети консольного участка при работе участка ТПА–ТПВ с отключенной подстанцией ТПВ для нормализации напряжения на участке от ПС до отключенной подстанции ТПВ.

Для реализации цели вводим второй повышенный режим стабилизации напряжения СГРМ, который формируется следующим образом:

- предварительно определяют норматив пересчета потерь напряжения третьей и первой гармоник тока ЭПС расположенного вблизи отключенной тяговой подстанции ТПВ, для этого при известном расположении ЭПС у ТПВ измеряют потерю напряжения ΔU_3 ($\Delta U_3 = U_3$) на ПС третьей гармоники тока специально установленным вольтметром напряжения третьей гармоники и рассчитывают потерю напряжения от тока первой гармоники ΔU_1 и в результате определяют отношение K потерь напряжения от третьей и первой гармоник тока

$$K = \Delta U_3 / \Delta U_1;$$

- при токе участка ПС–ТПВ более максимального значения тока I^* электровоза ЭПС при обычном режиме, расположенного вблизи ТПВ, определяется потеря напряжения третьей гармоники от этого тока на ПС;
- выполняется расчет потерь напряжения первой гармоники указанного тока по значению K ;
- в режиме пониженного стабилизированного напряжения определяется сумма напряжений на ПС и рассчитанной потери напряжения первой гармоники;
- если полученное напряжение более 27,7 кВ, то устанавливается второй режим стабилизированного повышенного напряжения 27,5 кВ, в противном случае режим напряжения остается прежним;
- расчет по указанному алгоритму повторяется (через каждые 1–2 мин) до тех пор, пока не установится второй стабилизированный режим повышенного напряжения;
- во втором режиме повышенного стабилизированного напряжения измеряется потеря напряжения третьей гармоники от тока ЭПС вблизи ТПВ и рассчитывается потеря напряжения первой гармоники по величине K ;
- если полученная разность напряжения ПС и вышеуказанная потеря напряжения меньше 27,5 кВ, то переходят на первый режим пониженного стабилизированного напряжения, в противном случае остается второй режим стабилизации на уровне 27,5 кВ и проверка уровня стабилизации продолжается до перехода на пониженную стабилизацию.

Для пояснения принципа регулирования представим схему СГРМ с регулированием мощности (рисунки 1) с введением следующих обозначений:

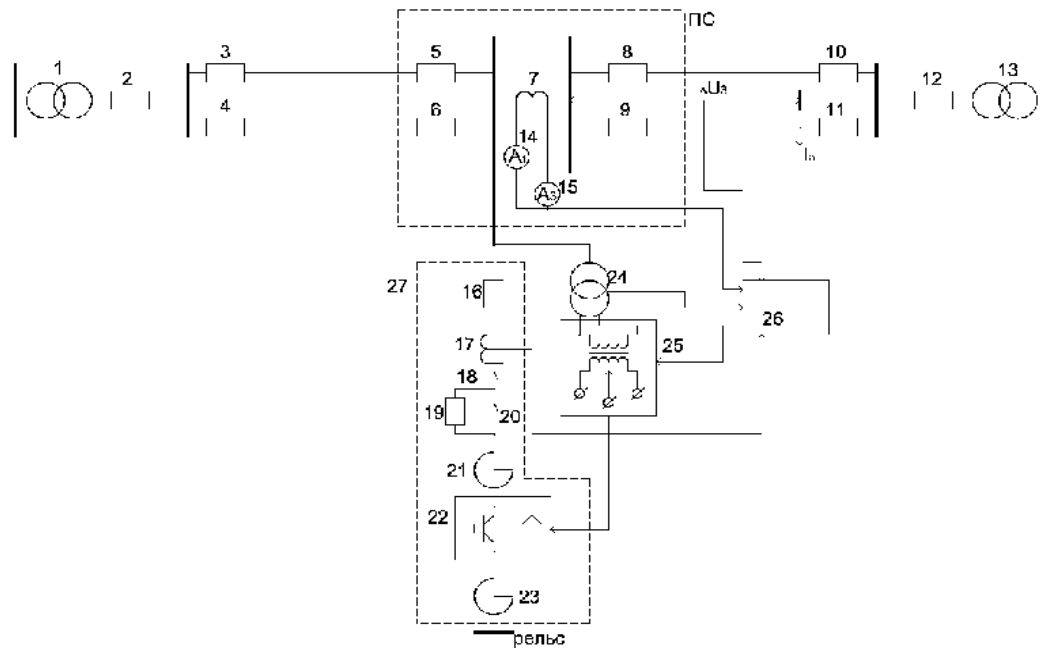


Рис. 1. СГРМ с регулированием мощности

- 1,13 –Тяговые трансформаторы ТПА и ТПВ;
 2,12 –Выключатель вводов 27,5 кВ ТПА и ТПВ, нормальное состояние ТПА –включен, ТПВ –отключен;
 3,4 – Выключатели питающих линий контактной сети ТПА, нормально включены;
 10,11– Выключатели питающих линий контактной сети ТПВ, нормально включены;
 5,6 – Выключатели поста секционирования (ПС) со стороны включенной ТПА, нормально включены;
 8,9 – Выключатели поста секционирования (ПС) со стороны отключенной ТПВ, нормально включены;
 7 – трансформатор тока в шине ПС;
 14 – амперметр тока первой гармоники;
 15 – амперметр тока третьей гармоники;
 16 – Выключатель СГРМ;
 17 –Трансформатор тока СГРМ;
 18 – разъединитель;
 19– демпфирующий резистор;
 20 – параллельно 19 включенный разъединитель;
 21 и 23 – реакторы;
 22 – блок силовых ячеек в цепи СГРМ;
 24 –Трансформатор напряжения 27,5 кВ;
 25 – блок регулирования стабилизированного напряжения;
 26 –измерительно-расчетный блок управления;
 27 – СГРМ;
 ПС – пост секционирования;
 I_{Σ} – ток ЭПС.

Краткое описание схемы и принципа регулирования в схеме электроснабжения межподстанционной зоны тяговой сети переменного тока с односторонним питанием от тяговой подстанции ТПА с СГРМ на посту секционирования ПС. При этом на ТПВ отключен вводной выключатель QВ, но включены выключатели питающих линий контактной сети Q3 и Q4. Таким образом, контактная сеть двухпутного участка ПС–ТПВ характеризуется удельным расщепленным сопротивлением $g_0 + jx_0$. Наихудший режим напряжения будет на ЭПС вблизи ТПВ. Будем считать, что Э находится на расстоянии l от ТПА. Тогда потеря напряжения от ПС на реактивном сопротивлении тяговой сети на токоприемнике Э от равна:

$$\Delta U_{\Sigma 1} = I_1 \cdot l \cdot x_{22}, \quad (1)$$

где I_1 – ток 1-й гармоники ЭПС Э, А; l –расстояние от ПС до ЭПС, x_{22} – развязанное погонное сопротивление двухпутного участка тяговой сети участка ПС–ТПВ, Ом/км.

К сожалению, в общем случае при любом расстоянии до ЭПС на ПС будет информация (по показанию амперметра) только о значении тока тяговой сети, но не известна потеря напряжения до ЭПС, так как не известно в общем случае расстояние до него. Поэтому не совсем ясно, какой режим напряжения следует установить на СГРМ.

Поэтому далее при определении потерь напряжения на токоприемнике Э **используется факт генерации тока гармонических составляющих**, точнее тока третьей гармоники. Индуктивное сопротивление на 3 гармонике резко возрастает (по сравнению с первой гармоникой – в три раза), и поэтому в первом приближении в расчетах будем учитывать только индуктивную составляющую напряжения третьей гармоники. На ПС потеря напряжения от тока третьей гармоники, генерирующей ЭПС, равна:

$$\Delta U_{\text{Э3}} = I_3 \cdot l \cdot (x_{22} \cdot 3) = (I_1 K) \Pi x_{22} \cdot 3) = (I_1 \cdot l \cdot x_{22}) \cdot 3K = \Delta U_{\text{Э1}} (3K) \quad (2)$$

где К – отношение токов третьей и первой гармоник.

Определим отношение:

$$\Delta U_{\text{Э3}} / \Delta U_{\text{Э1}} = \Delta U_{\text{Э1}} (3K) / \Delta U_{\text{Э1}} = 3K \quad (3)$$

В [7] отношение $K=0,14 - 0,26$ а в [8] $K=0,19 - 0,24$. При учете активной составляющей потери напряжения отношение $\Delta U_{\text{Э3}} / \Delta U_{\text{Э1}}$ будет ещё меньше. С учетом (3):

$$\Delta U_{\text{Э3}} / \Delta U_{\text{Э1}} = 3(0,14 \dots 0,26) = 0,42 - 0,78 \quad (4)$$

В [7] указано, что точный теоретический расчет процентного содержания тока третьей гармонической составляющей в полном токе питающей линии весьма затруднителен. Поэтому предпочтительнее пользоваться опытными данными. Покажем порядок расчета опытных данных потерь напряжения первой гармоники по измерениям потерь напряжения третьей гармоники.

Как указано выше, предварительно определяют норматив пересчета потерь напряжения третьей и первой гармоник тока ЭПС расположенного вблизи отключенной тяговой подстанции ТПВ. Для этого при известном расположении ЭПС у ТПВ измеряют потерю напряжения $\Delta U_{\text{Э3}}$ на ПС третьей гармоники тока специально установленным вольтметром напряжения третьей гармоники, далее рассчитывают потерю напряжения от тока первой гармоники $\Delta U_{\text{Э1}}$ и в результате определяют отношение К потерь напряжения от третьей и первой гармоник тока.

Порядок перехода на режим повышенной стабилизации СГРМ

Пока нагрузка ПС участка ПС–ТПВ не превосходит максимальное значение тока I^* обычного режима, то работа СГРМ соответствует включенному режиму пониженной стабилизации [4]. Будем называть обычный режим без следования тяжелосоставных поездов. Значение тока I^* определяется в эксплуатационных условиях. При нагрузке I_1 более I^* проверяется целесообразность перехода на режим повышенной стабилизации СГРМ. Рассмотрим режимы работы участка электроснабжения: заданные уровни стабилизации – пониженный – 26 кВ повышенный 27,5 кВ, предварительно измеренное отношение (норматив) $\Delta U_{\text{Э3}} / \Delta U_{\text{Э1}} = 0,6$. Далее приведены примеры реальных случаев перехода (или запрета) на повышенную стабилизацию, основанных на опытных измерениях потерь напряжения:

1случай –потери напряжения от тока 3 гармоники 600 В

- потери напряжения от тока 1гармоники $\Delta U_1 = 600 / 0,6 = 1000$ В;
- сумма напряжения на ПС + потери U_1 равна $25000 + 1000 = 26000$ В.

Так как полученное напряжение меньше 27,5кВ, следовательно, остается режим пониженного стабилизированного напряжения 26кВ.

2случай – по измерениям потери напряжения от тока 3 гармоники...2460 В

- тогда потери напряжения от тока 1 гармоники $\Delta U_1 = 2460 / 0,6 = 4100$ В;
- сумма напряжения на ПС + потери U_1 равны $24000 + 4100 = 28100$ В.

Полученное напряжение выше 27.5кВ., следовательно, необходимо переходить на режим повышенного стабилизированного напряжения 27,5кВ. Таким образом, при повышенных потери напряжения на консольном участке вводится режим повышенного стабилизированного режима СГРМ, в результате повышается уровень напряжения на контактной сети, что способствует повешению пропускной способности.

Схема (рисунок 1) работает следующим образом. Схема СГРМ, 27 подробно развернута на рис. 1. Режим СГРМ стабилизации повышенного или пониженного напряжения определяет блок силовых ячеек 22, который управляется измерительно-расчетным блоком управления 26. Пока нагрузка

консольного участка не превосходит ток I* режим СГРМ – пониженная стабилизация. При нагрузке консольного участка более тока I* проверяется необходимость перехода на повышенный режим стабилизации напряжения СГРМ. Если (4):

$$\Delta U_{\Sigma 3} / \Delta U_{\Sigma 1} > 0,42 - 0,78,$$

то устанавливается режим повышенной стабилизации напряжения.

Совершенно ясно, как указывалось, параметр (0,42–0,78) корректируется по опытным данным проведенных измерений.

Если СГРМ работает в режиме повышенной стабилизации напряжения, то условие перехода на пониженный режим стабилизации:

$$\Delta U_{\Sigma 3} / \Delta U_{\Sigma 1} < 0,42 - 0,78.$$

Как указано, значение $\Delta U_{\Sigma 3}$ определяется с помощью вольтметра третьей гармоники, подключенного к трансформатору напряжения 24 (вольтметр на схеме не показан), а $\Delta U_{\Sigma 1}$ рассчитывается по выражению (4) с учетом опытных данных примененного норматива.

Все расчёты по необходимости перехода на режим повышенной стабилизации производятся в измерительно-расчетном блоке управления 26, результат которого передается в блок 25 регулирования стабилизированного напряжения. Работа блока 25 подробно изложена в [6]. Ещё раз повторим, что переход на режим повышенной стабилизации происходит при выполнении расчета подобно вышеуказанному 2 случаю.

Технический результат статьи

1. За счет введения второго стабилизированного повышенного напряжения СГРМ улучшается режим напряжения при прохождении тяжеловесных поездов.
2. При отсутствии тяжелых поездов на консольном участке устанавливается режим пониженного стабилизированного напряжения СГРМ, что приводит к экономии электроэнергии в тяговой сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Герман Л. А. Субханвердиев К. С., Герман В. Л. Автоматизация электроснабжения тяговой сети переменного тока. М.: ГОУ УМЦ, 2021. Часть 2. 220 с.
- 2 Герман Л. А. Совершенствование тягового электроснабжения переменного тока для повышения пропускной способности железной дороги. М.: ГОУ УМЦ 2025 290 с.
- 3 СГРМ. Руководство по эксплуатации ООО НПП РУ Инжиниринг. Набережные Челны (Татарстан). 26 с.
- 4 Герман Л. А., Галкин К. В. Рациональный режим статического генератора реактивной мощности в тяговой сети // Железнодорожный транспорт. 2025. № 6.
- 5 Герман Л. А., Субханвердиев К. С., Герман В. Л. Автоматизация электроснабжения тяговой сети переменного тока. М.: ГОУ УМЦ, 2021. Часть 1. 230 с.
- 6 Патент №2819464 от 27.06.2023 Способ регулирования статического генератора реактивной мощности (Герман Л. А. [и др.]). Оpubл. 21.05.2024. Бюлл. № 15.
- 7 Кучма К. Г., Марквардт Г. Г., Пупынин В. Н. Защита от токов короткого замыкания в контактной сети. М.: Трансжелдориздат, 254 с.
- 8 Мамошин Р. Р. Повышение качества энергии на тяговых подстанциях дорог переменного тока. М.: Транспорт, 1973.

УДК 621.332

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ ОТ ПАРАМЕТРОВ ЭПС ПРИ ПРОХОДЕ ИЗОЛИРОВАННЫХ СЕКЦИЙ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Е. В. Добрынин, А. В. Скольский

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Одним из критических элементов системы тягового электроснабжения является контактная сеть, поскольку она не имеет резерва, а значит при выходе ее из работы происходит нарушение перевозочного процесса. Поэтому состояние контактной сети должно контролироваться и поддерживаться рабочим при любых погодных условиях [1, 2]. На ряду с механическими повреждениями эле-

ментов контактной сети возможны и электрические, которые возникают в моменты разрыва контакта между токоприемником и контактным проводом, сопровождающиеся электрической дугой.

Электрическая дуга, возникающая при движении электроподвижного состава между изолированными секциями контактной сети, является одной из актуальных проблем системы тягового электроснабжения железнодорожного транспорта. Горение электрической дуги приводит к разрушению всех участвующих при этом процессе устройств, а именно секционного изолятора и токоприемника электровоза, помимо этого резкий скачок тока при возникновении дуги может привести к ложному срабатыванию защиты фидеров контактной сети, также при горении дуги возникают помехи в системе СЦБ. Учитывая все вышеперечисленное, возникновение и горение электрической дуги при проходе электровозом сопряжения изолированных секций является недопустимым явлением в нормальной работе системы тягового электроснабжения [3, 4].

Для получения характеристики электрической дуги, а также определения ее зависимости от проходящих по участку электровозов, составлена математическая модель схемы питания для участка контактной сети, представляющей из себя железнодорожный перегон запитанный одновременно от двух тяговых подстанции и с секционным изолятором, расположенным в районе тяговой подстанции. Схема замещения, составленная для данного участка, представлена на рисунке 1.

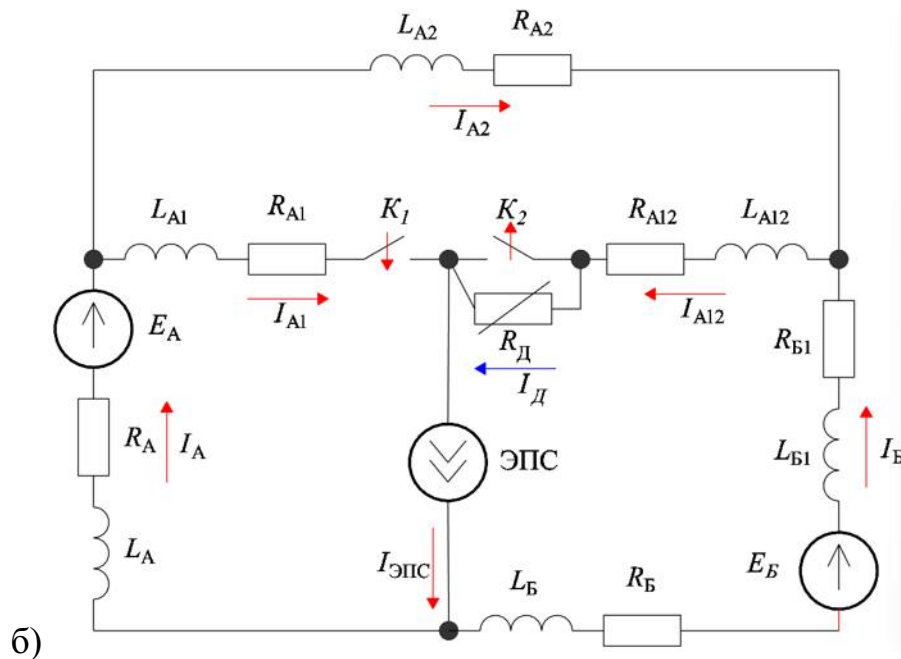


Рис. 1. схема замещения участка контактной сети

На данной схеме параметры тяговых подстанций А и Б, а именно напряжения холостого хода, внутренние сопротивления и индуктивность реакторов указаны обозначениями E_A , E_B , R_A , R_B , L_A , параметры линии, питающей секцию, по которой движется ЭПС до перехода – R_{A2} , L_{A2} , параметры контактной сети от точки присоединения питающей линии до секционного изолятора – R_{A12} , L_{A12} , параметры линии питающей секцию, на которую переходит ЭПС, и участок контактной сети от точки присоединения питающей линии до секционного изолятора – R_{A1} , L_{A1} , а также переменное сопротивление дуги обозначается как R_D . Движение ЭПС идет со стороны секции, запитанной от 2-го фидера, на секцию, запитанную от 1-го фидера.

Представим математическую модель движения ЭПС по участку в виде системы дифференциальных уравнений, тогда первая часть уравнений будет описывать электрическую схему всего участка контактной сети, с находящимся на нем электровозом, представленным в виде источником тока. Вторая часть уравнений представит из себя описание движения ЭПС и его электромеханическую схему [5].

Конечный вид математической модели представлен ниже.

$$\begin{cases} I_{\text{ЭПС}} - I_A - I_B = 0 \\ I_B + I_{A2} - I_{A12} = 0 \\ I_4 + I_{34} - I_{\text{ЭПС}} = 0 \\ I_{A2} \cdot R_{A2} + L_{A2} \frac{dI_{A2}}{dt} + I_{A12} \cdot R_{A12} + L_{A12} \frac{dI_{A12}}{dt} - I_{A2} \cdot R_{A2} - L_{A2} \frac{dI_{A2}}{dt} - R_D = 0 \\ I_A \cdot R_A + L_A \frac{dI_A}{dt} + I_{A2} \cdot R_{A2} + L_{A2} \frac{dI_{A2}}{dt} - I_B \cdot (R_B + R_{B1}) - (L_{B1} + L_B) \frac{dI_B}{dt} = E_A - E_B \\ U_{\text{ЭПС}} = E_A - I_A \cdot R_A - L_A \frac{dI_A}{dt} - I_{A2} \cdot R_{A2} - L_{A2} \frac{dI_{A2}}{dt} - I_{A12} \cdot R_{A12} - L_{A12} \frac{dI_{A12}}{dt} - R_D \\ F_T - F_{\text{сопр}} - m \frac{dv}{dt} = 0 \\ I_{\text{ЭПС}} = f(U_{\text{ЭПС}}, v_{\text{ЭПС}}, I_B, R_{\text{ш}}) \\ F_T = f(I_{\text{ЭПС}}, I_B, R_{\text{ш}}) \end{cases}$$

В момент замыкания токоприемником двух секций начинается процесс перераспределения токовой нагрузки между двумя фидерами, питающими эти две секции [6]. В результате ток на секции 1-го фидера начинает резко увеличиваться, а на секции, с которой заходит ЭПС, уменьшаться. Динамика изменения тока на 1-й секции в такой ситуации может стать причиной срабатывания защиты по приращению, если фидер оборудован ИнТер-3,3 [7]. Какое-то время, зависящее от скорости движения ЭПС секции замкнуты, затем токоприемник сходит с секции 2-го фидера и цепь питания с его стороны замыкается. Размыкание цепи с током приводит к резкому увеличению напряжения на концах образующегося разрыва, что способствует продолжению движения заряженных частиц. Образуется дуга, обладающая низким сопротивлением и протекание тока не прекращается. Благодаря конфигурации разрядных рогов образовавшаяся дуга под действием собственного магнитного поля растягивается, увеличивается ее сопротивление, ток нагрузки ЭПС перераспределяется на секцию 1-го фидера и дуга гаснет.

Величина ущерба, причиненного от горения дуги, зависит от количества мощности, выделенной дугой в процессе ее горения. Для определения величины выделяемой мощности смоделированы процессы ЭПС разной массы и различных скоростей между изолированными секциями контактной сети, в результате чего были получены следующие данные для проведения анализа:

- разница потенциалов на различных секциях контактной сети;
- величина тока, протекающего по электрической дуге;
- время горения электрической дуги.

В результате анализа были установлены следующие зависимости (рисунок 2):

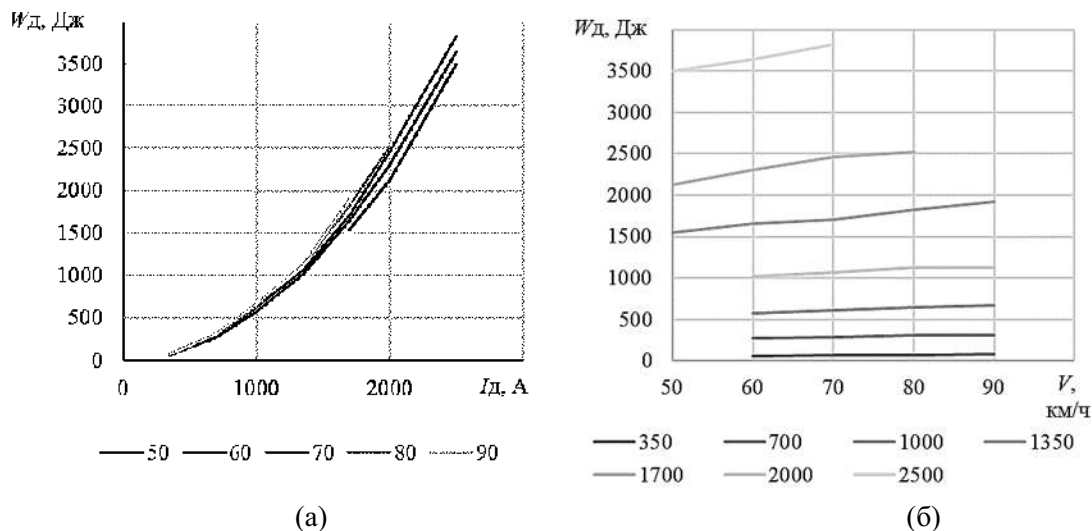


Рис. 2. Зависимость энергии дуги от тока (а) и скорости движения электроваза (б)

Результаты моделирования подтвердили данные, полученные в ходе эксплуатации системы тягового электроснабжения, чем меньше ток нагрузки электроваза, тем более худшие условия для возникновения электрической дуги. Снижение скорости с 90 до 50 км/ч дает время на перераспределение тока нагрузки между фидерами, что позволяет снизить энергию дуги на 10%.

Добиться полного избегания негативного влияния, то есть полного отключения нагрузки электроваза, можно несколькими способами. Во-первых опустив токоприемник, что может привести к затруднения его обратного поднятия за счет набегающего потока воздуха. Во-вторых отключив питание электроваза и перейдя в режим выбега, что в свою очередь приведет к ускоренному истощению ресурса коммутационного оборудования электроваза. Более эффективно данный способ можно реализовать через смену режима тяги электроваза, данный способ управления стал возможен на современных электровазах, начиная с ЭС6 Синара. При смене режима тяги произойдет изменение тока возбуждения и будет выполнен переход на тяговую характеристику, при которой создадутся условия для минимального потребления тока [8].

Проведенный анализ является основой для разработки системы автоведения электроваза между изолированными секциями контактной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Харитонов Т. В., Табаков О. В. Использование цифровых датчиков обнаружения гололедных отложений на проводах линий электропередачи // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 12. С. 487–489. DOI 10.24412/2071–6168–2023–12–487–488. EDN JHVUBF.
- 2 Харитонов Т. В., Табаков О. В. Своевременное выявление гололедных отложений на проводах контактной сети при помощи цифровой системы // Вестник транспорта Поволжья. 2023. № 1(97). С. 45–49. EDN PNSRTW.
- 3 Выявление причин излома контактного провода на элементах устройств секционирования с применением фрактографического исследования и спектрального анализа / И. В. Тарабин [и др.] // Бюллетень результатов научных исследований. 2024. № 2. С. 42–50. DOI 10.20295/2223–9987–2024–02–42–50. EDN ALSSJI
- 4 Кузнецов С. М., Демиденко И. С., Сухарева Е. А. Исследование переходных процессов в тяговой сети при проезде электроподвижного состава через секционный изолятор и совершенствование методики настройки уставок цифровой защиты // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2013. № 6. С. 70–72. EDN RKUYNB.
- 5 Добрынин Е. В., Гаранин М. А., Игнатенко И. В. Комплексное моделирование системы тягового электроснабжения и электроподвижного состава // Вестник транспорта Поволжья. 2025. № 3(111). С. 41–47. EDN VPGEUQ.
- 6 Учет распределения тока в тяговой сети при проектировании и усилении контактной подвески / Е. В. Добрынин [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 2(80). С. 16–21. EDN PFPBFK.
- 7 Добрынин Е. В., Мухарямов Р. И., Авдохина А. Д. Интеллектуализация систем релейной защиты // Наука и образование транспорту. 2016. № 1. С. 248–251. EDN XEPFFR.
- 8 Фролов Н. О., Кузнецов А. И. Моделирование режимов работы тяговых электрических двигателей постоянного тока // Транспорт Урала. 2019. № 4(63). С. 64–68. DOI 10.20291/1815–9400–2019–4–64–68. EDN QFAVRN.

УДК 621.316.9

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ФИДЕРОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ 3,3 КВ

Е. В. Добрынин, М. Е. Илюшкин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Стратегическое развитие ОАО «РЖД» неразрывно связано с цифровой трансформацией и внедрением передовых технологий, направленных на повышение эффективности, надежности и безопасности перевозочного процесса. В рамках Комплексной программы инновационного развития (КПИР) до 2025 года одной из ключевых задач является создание и внедрение систем предиктивной аналитики для инфраструктуры и подвижного состава «Эксплуатация инфраструктуры и подвижного состава на основе данных предиктивной аналитики» [1]. Целью данной группы проектов является переход от реактивного обслуживания к прогнозирующему управлению техническим состоянием на основе данных, что позволит существенно сократить эксплуатационные издержки, минимизировать количество внеплановых ремонтов и повысить общую производительность [2, 3].

В контексте этой масштабной задачи особую актуальность приобретает обеспечение бесперебойного и надежного энергоснабжения железнодорожного транспорта, являющегося критическим элементом всей транспортной системы [4]. На электрифицированных участках постоянного тока с ростом грузопотоков, масс поездов и применением кратной тяги существующие системы релейной защиты, основанные на устаревших принципах, демонстрируют свою неэффективность. Это проявляется в увеличении числа ложных срабатываний быстродействующих выключателей, что приводит к незапланированным остановкам поездов, значительным задержкам движения и прямым экономическим убыткам.

Актуальность темы реферата обусловлена возрастающими требованиями к надежности и бесперебойности энергоснабжения железнодорожного транспорта постоянного тока. В условиях увеличения грузопотоков, внедрения кратной тяги и роста масс поездов традиционные системы релейной защиты, основанные на электромеханических и статических реле, демонстрируют недостаточную эффективность [5, 6]. Особую остроту проблема приобретает в вынужденных режимах, которые возникают при плановом или аварийном выводе оборудования тяговых подстанций и постов секционирования из работы. В таких условиях зоны защиты фидеров контактной сети расширяются, что приводит к появлению «мертвых зон» – участков, где ток короткого замыкания оказывается ниже уставки срабатывания защит. Для обеспечения чувствительности защиты в этих зонах приходится снижать уставки быстродействующих выключателей, что в свою очередь, увеличивает риск их ложных срабатываний от рабочих токов электроподвижного состава и ведет к ограничениям пропускной способности участков. Одновременно с этим наблюдается рост числа несанкционированных отключений, вызванных увеличением тяговых нагрузок, что приводит к снижению напряжения в контактной сети, остановкам поездов и задержкам в движении. Например, на Западно–Сибирской железной дороге только за 2020 год было зафиксировано свыше 16 тысяч таких отключений [7]. Таким образом, совершенствование устройств защиты контактной сети постоянного тока, направленное на повышение их чувствительности в вынужденных режимах и отстройку от рабочих токов в нормальных условиях, решение этой проблемы позволит повысить надежность и эффективность системы тягового электропитания в целом.

Математическое описание функций объекта.

«Отключения из-за медленного нарастания тока» одна из ключевых проблем современных систем тягового электроснабжения постоянного тока. Речь идет о ситуациях, когда быстродействующий выключатель на тяговой подстанции отключается не из-за короткого замыкания, а потому что ток в контактной сети достигает значения уставки защиты в нормальном рабочем режиме движения поезда. Оно происходит в двух основных случаях:

1. Разгон поезда. Ток плавно нарастает по мере разгона, так как для поддержания ускорения требуется все большая мощность.
2. Приближение поезда к тяговой подстанции. Когда поезд подъезжает близко к подстанции, она начинает брать на себя большую часть нагрузки по сравнению с соседними подстанциями.

Защита не различает причину и скорость роста тока. Если ток достигает значения уставки – защита срабатывает, и выключатель отключается. Связаны отключения с: увеличилась масса грузовых поездов, используется кратная тяга несколько локомотивов в одном поезде.

Последствия таких отключений:

1. Остановка поезда. Отключение приводит к исчезновению или значительному падению напряжения на участке контактной сети. Поезда, находящиеся на этом участке, теряют мощность и останавливаются.
2. Задержки движения. Требуется время на выезд ремонтной бригады, поиск неисправности и повторное включение питания.
3. Износ оборудования. Частые отключения быстродействующих выключателей снижают их механический и коммутационный ресурс, требуют более частого технического обслуживания.

По статистике 15 % из всех отключений – ложные.

Количество ложных срабатываний.

$$N_{\text{ложн}} = N_{\text{откл}} \cdot 0,15 = 16081 \cdot 0,15 = 2412 \text{ отключений.}$$

$N_{\text{откл}}$ – общее число отключений в год (На Западно–Сибирской железной дороге за 2020 г. произошло 16 тысяч отключений).

Убытки от простоя за год из-за ложных срабатываний.

$$U_{\text{простоя}} = N_{\text{ложн}} \cdot t_{\text{простоя}} \cdot C_{\text{простоя}} = 2412 \cdot 0,2 \cdot 30000 = 14\,472\,000 \text{ рублей.}$$

$t_{\text{простоя}}$ – Среднее время простоя поезда при отключении 12 минут, при неавтоматическом включение.

$C_{\text{простоя}}$ – Средняя стоимость простоя грузового поезда 30000 рублей в час.

Внедрение адаптивной релейной защиты на основе интеллектуальных терминалов присоединения ИнТер–3,3 кВ на железной дороге направлено на реализацию адаптивной защиты. Эта адаптивная защита, требует усовершенствованный алгоритм направленной дистанционной защиты, использует два основных направления для совершенствования защит [8, 9].

Первое направление связано с мониторингом скорости нарастания тока в реальном времени для выявления режима максимального рабочего тока ЭПС и предотвращения ненужного отключения.

Проблема заключается в том, что максимальный рабочий ток ЭПС может быть соизмерим или даже превышать минимальный ток короткого замыкания. Анализ графиков токов, проведенный с использованием данных, выгруженных из систем диагностики оборудования, например, используемых на Западно-Сибирской железной дороге, показал, что приращения тока присоединения контактной сети в режиме максимальной нагрузки существенно отличаются от приращений токов в аварийных режимах. В режиме пускового тока ЭПС или при его приближении к питающему присоединению наблюдается медленное нарастание тока. Усовершенствованный алгоритм дистанционной защиты с адаптацией к тяговому режиму предусматривает контроль приращения тока с определенной дискретностью. Алгоритм сравнивает текущее измеренное значение тока с предыдущим значением, и если разница указывает на медленное, несвойственное току КЗ нарастание, то активируется цепь адаптации. Эта цепь корректирует, снижает уставку по сопротивлению дистанционной защиты, тем самым повышая порог срабатывания и позволяя избежать отключения БВ при протекании максимальных рабочих токов ЭПС. Дистанционная защита измеряет сопротивление. При коротком замыкании – напряжение резко падает, а ток резко возрастает. В результате сопротивление становится очень маленьким. При рабочем токе – напряжение проседает, но не так сильно, а ток большой, но не аварийный. Сопротивление будет больше, чем при КЗ, но все равно небольшое.

Второе направление касается изучения осциллограмм уже случившихся отключений для более точной настройки уставок защиты. Интеллектуальные терминалы ИнТер–3,3 кВ способны фиксировать осциллограммы аварийных отключений. Анализ этих осциллограмм позволяет определить характерные признаки изменения тока. Было выявлено, что значительная доля излишних отключений происходит именно от действия максимального рабочего тока ЭПС при его плавном нарастании. Осциллограмма может показать медленное нарастание тока до достижения значения уставки, после чего происходит отключение, что четко идентифицирует режим как максимальный рабочий ток, а не аварию. Изучение таких осциллограмм дает обоснование возможности снижения чувствительности защиты т.е. более точной настройки уставок. Уточнение значения коэффициента чувствительности и расширение диапазона выбора уставки по сопротивлению, основанное на анализе режимов, позволяющее адаптировать действие защиты в нагрузочном режиме и уменьшить число отключений БВ [10].

Внедрение такого оборудования даёт эффективность до 85%

Количество ложных срабатываний.

$$N_{\text{ложн}} = 2412 \cdot 0,15 = 362 \text{ отключений.}$$

Убытки от простоя за год из-за ложных срабатываний.

$$U_{\text{простоя}} = N_{\text{ложн}} \cdot t_{\text{простоя}} \cdot C_{\text{простоя}} = 362 \cdot 0,2 \cdot 30000 = 2\,172\,000 \text{ рублей.}$$

$t_{\text{простоя}}$ – Среднее время простоя поезда при отключении 12 минут, при неавтоматическом включение.

$C_{\text{простоя}}$ – Средняя стоимость простоя грузового поезда 30000 рублей в час.

3 Финансовая эффективность инновационного устройства

Длина электрифицированных участков Западно-Сибирской железной дороги составляет 4135,5 км, в том числе на переменном токе – 974 км. Длина постоянного тока 3160 км, поделив на средние 20 км найдем примерное количество подстанций [11].

$$N_{\text{ТП}} = 3160 / 20 = 158 \text{ подстанций.}$$

Внедрение на одну подстанцию терминала 250 тысяч рублей и 30% монтажные и пусконаладочные работы.

Вложения на внедрение.

$$K = 158 \cdot (250\,000 + 75\,000) = 51\,350\,000 \text{ рублей.}$$

Срок окупаемости.

$$T = \frac{51\,350\,000}{14\,470\,000 - 2\,172\,000} = 4,17 \text{ года.}$$

Вывод: срок окупаемости ниже 5 лет, что считается выгодным вложением. На основе приведенных данных: снижение количества ложных срабатываний с 2412 до 362 в год не только сокращает убытки от простоя, но и значительно уменьшает износ быстродействующих выключателей. Это ведет к увеличению их ресурса, снижению частоты замен и обслуживания, а также к экономии на затратах на человеко-часы и материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение ОАО «РЖД» от 22 сентября 2021 г. N 2071/р «Об утверждении паспорта Комплексной программы инновационного развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года».
- 2 Автоматизированный контроль и диагностика технического состояния трансформаторов на железнодорожном транспорте / И. А. Ефремова [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 3(81). С. 21–27. EDN MUODWI.
- 3 Ефремова И. А., Козменков О. Н., Добрынин Е. В. Математическая модель оценки технического состояния

- масляного трансформатора // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 329–332. EDN XLVWGD.
- 4 Методика идентификации граничных эксплуатационных показателей пропускания тяжеловесных поездов по условиям электроснабжения / А. Н. Митрофанов [и др.] // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 2(80). С. 27–35. EDN WDYDUR.
 - 5 Добрынин Е. В., Мухарямов Р. И., Авдохина А. Д. Интеллектуализация систем релейной защиты // Наука и образование транспорту. 2016. № 1. С. 248–251. EDN XEPFFR.
 - 6 Табаков О. В., Харитонов Т. В., Батищев А. М. Применение цифровых защит на трансформаторных подстанциях // Вестник транспорта Поволжья. 2022. № 4 (94). С. 25–31. EDN YDQTIХ.
 - 7 Хусаинов Е. К. Повышение эффективности эксплуатации системы тягового электроснабжения за счет совершенствования устройств защиты контактной сети постоянного тока в вынужденных режимах: дисс. ... канд. техн. наук. Омск: ОмГУПС, 2021. 144 с.
 - 8 НИИЭФА-ЭНЕРГО / Терминалы интеллектуальные для присоединений распределительных устройств напряжением 3 кВ постоянного тока. URL: https://www.nfenergo.ru/rus_product.html?itemid=89 (дата обращения 01.11.2025 г.).
 - 9 Добрынин Е. В., Ефремова И. А. Цифровая подстанция. Метод реализации // Вестник транспорта Поволжья. 2020. № 1 (79). С. 16–22. EDN DMDDMZ.
 - 10 Мысов А. Д., Добрынин Е. В. Автоматизированная система расчётов токов короткого замыкания для цифровой подстанции // Наука и образование транспорту. 2021. № 2. С. 56–59. EDN CQPHAR.
 - 11 Газета Трансиб / Постоянный ток поиска. URL: https://www.gudok.ru/zdr/180/?ID=665359&archive=27075&utm_source=perplexity (дата обращения 01.11.2025 г.).

УДК 004.9

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ФОРМЕННОЙ, СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ И СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

О. Н. Козменков, Ю. Н. Фёдорова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Федеральный закон и иные нормативно-правовые акты регламентируют обязанность работодателя по обеспечению работников средствами индивидуальной защиты (СИЗ), форменной и специальной одеждой, необходимыми для выполнения профессиональных обязанностей, во всех отраслях промышленности. Использование форменной одежды формирует имидж компании, а применение СИЗ и спецодежды обеспечивают безопасность. Охрана труда особенно актуальна в транспортной отрасли из-за повышенных рисков для безопасности и здоровья работников, эти средства обеспечивают защиту от физических, химических и биологических факторов, обеспечивают безопасность перевозочного процесса.

1 января 2025 года приказом Минтруда № 767н утверждены Единые типовые нормы (ЕТН) выдачи СИЗ. Теперь базовый набор СИЗ определяется профессией сотрудника, а использование дополнительных средств защиты обуславливается выявленными на рабочем месте опасностями. Сегодня работодателю недостаточно просто купить форменную или спецодежду и выдать ее сотрудникам – требуется системный подход к контролю за соблюдением законодательства на каждом этапе – от тщательного анализа каждого рабочего места и оценки профессиональных рисков до контроля соблюдения работником требований по эксплуатации выданных СИЗ, форменной и специальной одежды, их технического или эксплуатационного состояния, выполнения процедур по уходу, хранению и своевременной замене изношенных или поврежденных элементов, а также их утилизации [1].

В разных отраслях промышленности и на каждом предприятии в отдельности затраты на СИЗ, форменную и специальную одежду могут значительно отличаться, и по отношению к общим затратам предприятия на основную деятельность в 2025 году в среднем составляют от 0,25 % до 1 %. В хозяйстве электрификации и электроснабжения на железнодорожном транспорте затраты на обеспечение одного работника СИЗ, форменной и специальной одеждой могут достигать 500 тыс. руб. в год. При этом нарушение существующего трудового законодательства предусматривает кроме административной (штраф от 130 до 200 тыс. руб.) и уголовную ответственность если невыдача СИЗ привела к тяжкому вреду здоровью работника или его гибели.

Работодатель также обязан обучить работников применению сложных СИЗ, поскольку респираторы, страховочные привязи, противогазы требуют практических навыков. Работника нужно не только обучить, но и проверить его умения, документально зафиксировав результаты.

На предприятиях со штатом более 100 человек ведение такого объёма документации вручную становится весьма затруднительным, слишком много аспектов этой сферы деятельности предприятия необходимо контролировать.

В настоящее время на крупных промышленных предприятиях применяют специальные компьютерные программы, которые способны значительно повысить эффективность деятельности в сфере охраны труда и снизить риски нарушений законодательства за счёт автоматизированного расчёта потребности в СИЗ и специальной одежде, контроля сроков их выдачи и замены, формирования отчетной документации для проверяющих органов. Такие программы или модули легко интегрируются с уже используемыми системами (на базе программного комплекса 1С), которые помогают анализировать расходы и оптимизировать закупки, исключают ситуации накопления невостребованных размеров одежды при дефиците востребованных. Интеграция таких программ с кадровым учетом обеспечивает автоматизированное определение нужных СИЗ, форменной и спецодежды при приеме на работу или переводе сотрудника в другое структурное подразделение.

При этом подобные программные решения не способны осуществлять мониторинг качества, удобства эксплуатации, надёжности и эргономичности закупаемых средств защиты, форменной и спецодежды, а это является важным фактором при обеспечении безопасности сотрудников предприятия. Экономия на качестве СИЗ, также, как и ненадлежащее содержание и использование форменной и спецодежды может обернуться серьезными проблемами. Такие программные решения не «умеют» контролировать состояние СИЗ, форменной и специальной одежды, выбирать поставщика, проверять наличие сертификатов или деклараций соответствия, ввиду ограниченных функциональных возможностей, завязанных на особенности используемой программной платформы.

Задача. Наиболее популярными в настоящее время являются программные решения, построенные на платформе 1С. Программа 1С:ЗУП КОРП предлагает удобный инструмент для решения некоторых задач в сфере контроля СИЗ. Функционал учета в 1С:ЗУП КОРП предназначен для автоматизации всего процесса – от планирования потребностей до списания изношенных средств защиты. Этот модуль значительно упрощает работу специалистов по охране труда и кадровых работников. Модуль позволяет формировать план потребности в СИЗ, контролировать поступления и выдачу, возврат и списание (рис 1). Простая интеграция с 1С: Бухгалтерия позволяет получать различные отчёты и вести учёт [2]. Основными недостатками является отсутствие аппаратной части для верификации СИЗ, форменной и спецодежды, а, следовательно, отсутствуют возможности мониторинга качества закупаемых средств, их оборота среди работников и контроля их эксплуатационного или технического состояния.

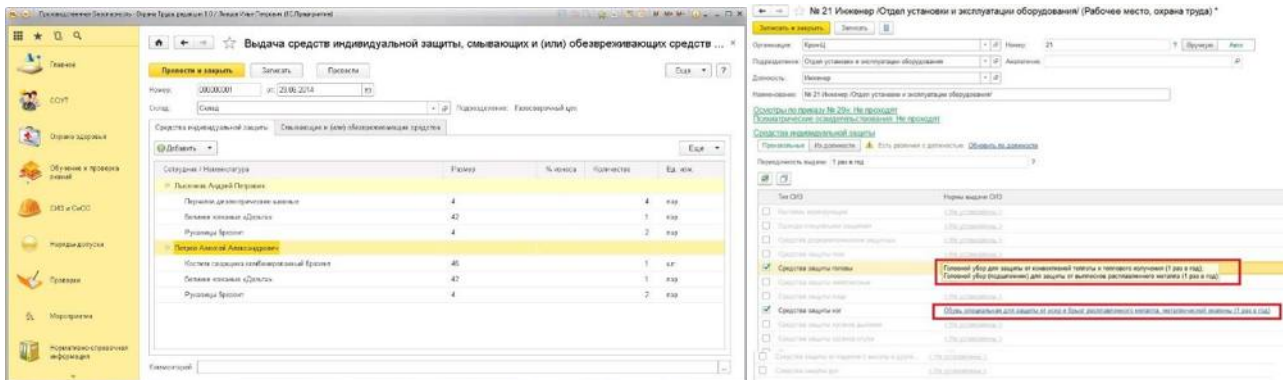


Рис. 1. Пример экранной формы 1С:ЗУП КОРП

БИТ.СИЗ – программа для учета спецодежды в 1С. Позволяет осуществлять контроль потребности предприятия в СИЗ, соответствие личных карточек работников законодательству. Пользователю доступна разработка и актуализация локальных норм выдачи СИЗ, планирование расходов и контроль даты выдачи спецодежды. Это позволяет снизить объём не востребованных размеров форменной или спецодежды на складах и оптимизировать расходы на СИЗ. Функционал программного продукта похож на 1С:ЗУП КОРП, но позволяет взаимодействовать с существующими, ставшими популярными продуктами на базе 1С системами, без необходимости их замены (рис. 2). Такой функционал позволяет не дублировать настроенные процессы и избежать путаницы в управлении. Основным недостатком этого продукта является отсутствие аппаратной части, а значит отсутствие возможности контроля качества закупаемых СИЗ, их эксплуатационного или технического состояния [3].

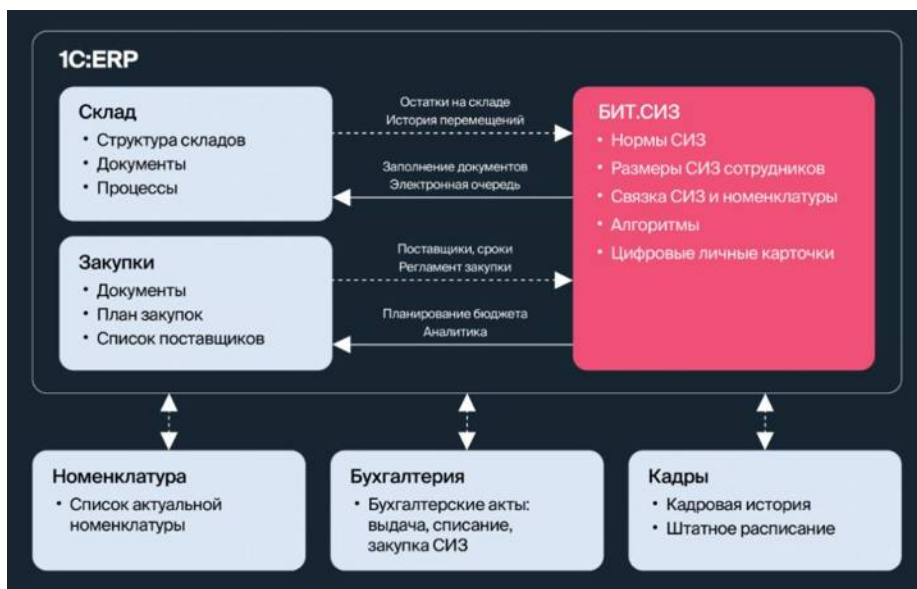


Рис. 2. Схема взаимодействия программы БИТ.СИЗ с другими системами в 1С

Автоматизация учета специальной одежды и СИЗ при помощи программы «Охрана труда» осуществляется за счёт блока обмена данными с типовыми конфигурациями на платформе 1С:Предприятие: «Управление производственным предприятием», «Зарплата и управление персоналом», «Бухгалтерия предприятия». Функционал программы отчасти дублирует программные решения, рассмотренные ранее. Программа позволяет автоматически вести учет движения на складах по спецодежде и СИЗ, а может обмениваться информацией с какой-либо другой учетной программой. Результатом работы этого программного решения является получение достоверных данных о наличии, об обеспеченности и о потребностях в закупках. При этом все необходимые перерасчеты, связанные с перестановкой или сокращением персонала, остановкой при простое или запуском участка работы, открытии нового производства сразу отражаются в отчетности (рис. 3). Основными недостатками этого программного решения является отсутствие аппаратной части, отсутствуют возможности мониторинга качества закупаемых средств и контроля их эксплуатационного состояния, а достоверность определяется процессами, выполняемыми вручную [4].

Организация	Подразделение	Объект учета	Количество (требуется)	Количество (выдано)	Количество (остаток)	Состояние
ЗАО «Делта»	Бухгалтерия	Алимова Елена Игоревна	2	1	1	Нужно выдать
		Разметовые перчатки	2	1	1	Нужно выдать
		Старая информационная технология	8	1	7	Нужно выдать
		Белов Сергей Константинович	1	1	0	Нужно выдать
		Очки	1	1	0	Нужно выдать
		Горин Роман Александрович	1	1	0	Нужно выдать
		Очки	1	1	0	Нужно выдать
		Давыдова Светлана Сергеевна	1	1	0	Нужно выдать
		Очки	1	1	0	Нужно выдать
		Ельщик Антон Максимович	1	1	0	Нужно выдать
Прогнозист (Принтер N0001)	Разметовые перчатки	Шарин Виктор Андреевич	1	1	0	Нужно выдать
		Очки	1	1	0	Нужно выдать
		Хохловский судья	3	2	1	Нужно выдать
		Васильева Галина Дмитриевна	1	1	0	Нужно выдать
		Штанга	1	1	0	Нужно выдать
		Васильева Мария Викторовна	1	1	0	Нужно выдать
		Очки	1	1	0	Нужно выдать
		Программист (Принтер N0001)	1	1	0	Нужно выдать
		Разметовые перчатки	1	1	0	Нужно выдать
		Шарин Виктор Андреевич	1	1	0	Нужно выдать
Хохловский судья	Васильева Галина Дмитриевна	3	2	1	Нужно выдать	
		1	1	0	Нужно выдать	
Штанга	Васильева Мария Викторовна	1	1	0	Нужно выдать	
		1	1	0	Нужно выдать	

Рис. 3. Пример экранных форм программы «Охрана труда»

Существуют и другие программные решения для автоматизации контроля за движением СИЗ, форменной и специальной одежды на предприятиях. Это могут быть программные модули на базе 1С, онлайн решения или самостоятельные программные продукты, при этом функциональные возможности таких систем очень похожи между собой и обусловлены в первую очередь требованиями, предъявляемыми к отчетности Федеральным законодательством [5].

В ходе анализа средств повышения эффективности деятельности в сфере охраны труда выявлено, что существующие программные решения не решают ряд задач, связанных с автоматизированным контролем за СИЗ, форменной и спецодеждой, а именно:

1. Форменная, специальная одежда и СИЗ не имеют уникальных идентификаторов, из-за чего невозможно достоверно отследить, кому и когда они были выданы.
2. После выдачи контроль за использованием форменной, специальной одеждой и СИЗ отсутствует – часть вещей теряется, передаётся посторонним или выводится из оборота без достаточных на то оснований.
3. Из-за отсутствия аппаратного контроля до 30 % форменной, специальной одежды и СИЗ списываются раньше срока из-за утери или нецелевого использования.
4. Из-за отсутствия верифицированных данных об остатках на складе, формируются заявки на закупку избыточных объёмов форменной, специальной одежды и СИЗ, что приводит к неоправданным затратам.
5. Отсутствие аппаратного контроля, влечёт за собой ошибки во время инвентаризации, которая проводится вручную и занимает много времени.

Техническое решение. Предлагается расширить функциональные возможности предлагаемых на рынке программных решений, а именно повысить достоверность контроля за форменной, специальной одеждой и СИЗ за счёт применения аппаратных средств. Автоматизированная система контроля жизненного цикла форменной, специальной одежды и СИЗ (АС КЖЦОС) на базе RFID-технологий – это решение, направленное на полную цифровизацию контроля жизненного цикла форменной, специальной одежды и СИЗ – от момента закупки до списания, обеспечивая сквозной контроль и прозрачность всех операций.

Предлагаемое техническое решение представляет собой комплект оборудования и программного обеспечения, включающий RFID-метки для крепления на форменной, спецодежде или СИЗ, стационарные и мобильные считыватели данных, облачную платформу для обработки информации, а также пользовательские интерфейсы для различных категорий сотрудников. Метки устойчивы к многократным стиркам, химическому воздействию и механическим повреждениям, что гарантирует их работоспособность в течение всего срока службы форменной, специальной одежды и СИЗ.

Программно-аппаратный комплекс автоматически обрабатывает сигналы с RFID-меток, которые закрепляются на каждом элементе форменной, спецодежды или СИЗ и содержит уникальный идентификатор, привязанный к цифровому паспорту изделия. Этот паспорт содержит всю ключевую информацию: производителя изделия, дату производства, срок службы, данные о выдаче конкретному сотруднику, историю эксплуатации (стирки, ремонта), а также нормативные требования к замене. Для считывания данных используются стационарные и мобильные RFID-сканеры, установленные в местах выдачи, на складах, в прачечных и ремонтных мастерских (рис. 4).



Рис. 4. Схема функционирования автоматизированной системы контроля жизненного цикла форменной, специальной одежды и СИЗ (АС КЖЦОС) на базе RFID-технологий

Алгоритм контроля жизненного цикла и прогнозирования износа форменной, специальной одежды и СИЗ базируется на основе искусственного интеллекта и аппаратных данных о фактической эксплуатации (количество стирок, ремонтов, условия использования), система прогнозирования объема закупки новых партий форменной, специальной одежды и средств индивидуальной защиты, механизм контроля подлинности RFID-меток, предотвращающий их подделку, а также оперативный контроль использования средств индивидуальной защиты сотрудниками.

Развитие программно-аппаратного комплекса предполагает использование мобильного приложения для контроля эксплуатационного или технического состояния форменной и специальной одежды, а также средств индивидуальной защиты непосредственно пользователем, т.е. работником.

Выводы. Комплексный подход к управлению жизненным циклом форменной, специальной одежды и СИЗ в настоящее время является ключевым элементом эффективной системы управления

охраной труда. Обоснованные инвестиции в качественную форменную, специальную одежду и СИЗ, а также в управление их жизненным циклом многократно окупаются снижением травматизма и связанных с ним расходов.

Анализ современных программных решений показывает их ограниченные возможности в обеспечении полной автоматизации и повышения эффективности управлением системой охраны труда. Основные недостатки связаны с отсутствием аппаратных средств для мониторинга качества, состояния и подлинности закупаемых средств, что негативно сказывается на безопасности работников и экономической эффективности управления форменной, специальной одеждой и СИЗ.

В связи с этим, перспективным направлением является внедрение сквозных технологий на базе RFID-меток и систем искусственного интеллекта, позволяющих обеспечить полный цикл контроля – от закупки до списания – с высокой точностью и прозрачностью. Такой подход позволит снизить потери, оптимизировать расходы и повысить уровень безопасности, соответствовать требованиям законодательства и современным стандартам охраны труда. Внедрение автоматизированных систем с аппаратной поддержкой является важным шагом к развитию безопасных и эффективных условий труда в промышленности, особенно в отраслях с повышенными рисками, таких как транспорт и электрообеспечение. Предлагаемое решение – это не просто автоматизированная система контроля, а комплексное решение для цифровой трансформации процессов обеспечения персонала форменной, специальной одеждой и средствами индивидуальной защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Подольхов М. И. Учет и выдача СИЗ: обязательные нормы, правила и решения [Электронный ресурс]. URL: <https://kontur.ru/articles/729>
- 2 Сайт ООО «Альфа и Омега» Учет средств индивидуальной защиты (СИЗ) в 1С ЗУП КОРП [Электронный ресурс]. URL: https://samara.1cbit.ru/blog/uchet-sredstv-individualnoy-zashchity-siz-v-1s-zup-korp/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F
- 3 Сайт компании «Первый Бит» Автоматизация учета и контроля спецодежды в 1С [Электронный ресурс]. URL: https://1solution.ru/company/?utm_referrer=https%3A%2F%2F1solution.ru%2Fproducts%2Fbit-siz%2F%3Futm_referrer%3Dhttps%253A%252F%252Fyandex.ru%252F
- 4 Просвирнин Д. Г. Организация учета спецодежды на предприятии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ot-soft.ru/articles/organizaciya-ucheta-specodezhdy>
- 5 Якева И. В. Автоматизация и ведение оперативного, бухгалтерского и налогового учетов обеспечения спецодеждой и СИЗ на предприятии (часть 1) // Корпоративные информационные системы. 2020. №3 (11) – С. 17–37. URL: <https://corpinfosys.ru/archive/issue-11/99-2020-11-safetyequipment>.

УДК 629.423.1, 621.316.7, 004.89

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

А. Н. Митрофанов,¹ К. В. Ефишин¹, О. В. Семин¹, А. Н. Потейко²

¹Приволжский государственный университет путей сообщения,

²МООО «Российские студенческие отряды» (РСО)

Введение. В эпоху цифровизации транспортной отрасли искусственный интеллект (ИИ) всё чаще применяется для принятия решений сложных технологических задач. К данному классу задач в компании ОАО «РЖД» в полной степени относится задача по оценке пропускной и провозной способности железных дорог по условиям электроснабжения. Методическое сопровождение при решении данной задачи в структурных подразделениях компании осуществляется на основании использования «Инструкции по расчёту пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД», утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 4 марта 2022 г. № 545/р. Данная задача актуальна также и для использования в рамках научных проектов и учебных программ транспортных вузов [1: 1].

Цель настоящей работы – оценить точность, полноту и практическую применимость ответов ИИ в сравнении с нормативным документом, а также определить перспективы применения искусственного интеллекта в задачах оценки пропускной способности железных дорог.

В статье проведён сравнительный анализ положений «Инструкции по расчёту пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» [2: 176] (далее Инструкция) и ответов ряда нейросетей. В эксперименте были задействованы общедоступные нейросети моделей DeepSeek [5: 1] разработки КНР и Grok [6: 1] разработки США. Качество ответов оценивалось экспертным способом по оценке степени

адекватности ответов сетей – положениям Инструкции, по оценке корректности выбранных ИИ методов расчёта показателей пропускной способности, по оценке степени корректности приведенных практических примеров, графиков, которыми модели ИИ дополняли традиционные формулировки и формулы.

Оценка корректности производилась по четвертому разделу Инструкции: расчёт пропускной способности по устройствам электроснабжения и по его подразделам – пунктам: пункт 4.3 – определение межпоездных интервалов, а также по шестому разделу – проверка уровня заполнения. На рисунке 1 приведен пример сопоставления ответов моделей нейросетей с положениями нормативной Инструкции ОАО «РЖД» по разделу 4.

На основе анализа оценивается возможность применения искусственного интеллекта (ИИ), реализованного в виде моделей нейронных сетей при решении задач по ознакомлению пользователей (обучающихся, слушателей курсов и т.п. контингента) с понятиями «пропускная способность железнодорожных линий» и с методами её оценки.

ПРИВГУПС		
СРАВНЕНИЕ ПО КЛЮЧЕВЫМ РАЗДЕЛАМ		
Раздел 4. Пропускная способность по устройствам электроснабжения		
Критерий: ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		
Инструкция ОАО «РЖД» 4 марта 2022 г. № 545/р	GROK (США)	DeepSeek (Китай)
- Координаты тяговых подстанций - Параметры силового оборудования - Мощность районной нагрузки - Схема питания и секционирования контактной сети - Марки проводов тяговой сети и координаты границ секций контактной сети с отличающимися параметрами	- Суточное количество поездов - Характеристики локомотивов - Коэффициенты съема - Координаты ТП - Мощность оборудования - Профиль пути - Результаты тяговых расчетов	- Длина участка и его профиль - Схема контактной сети - Размещение и типы тяговых подстанций - Характеристики движения поездов - Характеристики устройств электроснабжения

Рис. 1. Пример сопоставления ответов моделей нейросетей с положениями нормативной Инструкции ОАО «РЖД» по разделу 4 Инструкции

Об адекватности ответов моделей нейросетей можно судить из сопоставления ряда ответов с положениями Инструкции. Так, согласно разделу 4 «Пропускная способность по устройствам электроснабжения» определений и условий расчета, согласно положениям действующей Инструкции [2: 176]: «пропускной способностью железнодорожного участка с преимущественно грузовым движением по устройствам электроснабжения называется максимальное число грузовых поездов заданной массы, которое может быть пропущено в каждом направлении за сутки с учетом заданных размеров пассажирского движения исходя из показателей нагрузочной способности:

- силового оборудования тяговых подстанций, а именно – понижающих трансформаторов, преобразовательных трансформаторов, автотрансформаторов системы электроснабжения переменного тока 2×25 кВ и преобразователей системы электроснабжения постоянного тока;
- системы тягового электроснабжения по уровню напряжения в тяговой сети;
- тяговой сети по допустимой температуре нагрева проводов».

Согласно Инструкции [2: 176] «исходными данными для расчета пропускной способности по устройствам электроснабжения являются:

- координаты тяговых подстанций и линейных объектов системы тягового электроснабжения;
- реактансы системы внешнего электроснабжения или мощность (ток) трехфазного короткого замыкания на вводе каждой тяговой подстанции;
- тип, количество и номинальные параметры силового оборудования тяговых подстанций и линейных объектов системы тягового электроснабжения;
- напряжения холостого хода на шинах распределительного устройства тяговой подстанции, питающего тяговую сеть;
- фазировка плеч питания тяговых подстанций систем электроснабжения переменного тока;
- мощность районной нагрузки и нетяговых потребителей, получающих питание от тех же трансформаторов, что и тяговая нагрузка;
- схема питания и секционирования контактной сети;
- марки проводов тяговой сети и координаты границ секций контактной сети с отличающимися параметрами;

- сечения питающих и отсасывающих линий тяговых подстанций и линейных объектов системы тягового электроснабжения» [2: 176].

Для получения ответа от нейросетей авторами был сгенерирован запрос: «Какой порядок расчета пропускной способности железнодорожных участков по устройствам электроснабжения. Приведи общие положения». На данный запрос нейросетями были даны ответы несколько отличающиеся от нормативных.

Так, развернутый ответ нейросети *Grok* [6: 1] был следующий:

«Пропускная способность определяется как наибольшее число поездов, которое может быть пропущено в каждом направлении движения, исходя из нагрузочной способности устройств: мощности силового оборудования тяговых подстанций (трансформаторов, выпрямителей), напряжения на токоприемниках электроподвижного состава и температуры нагрева проводов контактной сети. Расчет проводится для систем постоянного тока (3,3 кВ), переменного тока (25 кВ) и двухсистемного питания (2×25 кВ). Границы расчетного участка устанавливаются службой управления движением, а схема электроснабжения включает смежные межподстанционные зоны и ветви» [6: 1].

Исходные данные включают: суточное количество поездов (пассажирских, пригородных, грузовых), характеристики локомотивов, коэффициенты съема, координаты подстанций, мощность оборудования, профиль пути и результаты тяговых расчетов (массивы тока по координатам поезда)» [6: 1].

Тезисный вариант данного ответа нейросети *Grok* приведен в центральном столбце рисунка 1. Здесь курсивом и зеленым цветом выделены положения совпадающие с приведенными в инструкции, красным – не совпадающие.

Развернутый ответ другой тестируемой нейросети *DeepSeek* [5: 1] был следующий:

«Общие положения

1. Цель расчета: Определить наибольшие размеры грузовых и пассажирских перевозок (в поездах, парах поездов, тоннах), которые могут быть освоены на участке в течение заданного периода времени (обычно сутки) без нарушения нормальной работы устройств электроснабжения и при обеспечении требований правил технической эксплуатации (ПТЭ).

2. Основное ограничение: Пропускная способность по устройствам электроснабжения определяется мощностью тяговых подстанций (ТП) и пропускной способностью контактной сети (КС) по току и напряжению. Расчет ведется по наибольшему току, протекающему через элементы системы (фидеры, секции контактной сети), и по наибольшей потере напряжения» [5: 1].

Исходные данные участка:

- «– длина участка и его профиль (уклоны, кривые);
- схема секционирования контактной сети (места расположения постов секционирования, нейтральных вставок);
- размещение и типы тяговых подстанций;
- длины участков питания (расстояние между подстанциями)» [5: 1].

Характеристики устройств электроснабжения:

- «– тип, мощность и количество трансформаторов (преобразователей) на ТП;
- допустимые длительные и кратковременные токи фидеров;
- сечение и материал контактной сети (определяет ее допустимый ток);
- допустимый уровень напряжения в конце участка питания» [5: 1].

Характеристики движения поездов:

- «– вес и тип поездов (грузовые, пассажирские, электровозы, электропоезда);
- расчетные скорости движения на участках;
- интенсивность движения (график движения) – интервалы между поездами» [5: 1].

Тезисный вариант данного ответа нейросети *DeepSeek* приведен в правом столбце рисунка 1. Здесь курсивом и зеленым цветом выделены положения совпадающие с приведенными в инструкции, красным – не совпадающие.

При подготовке ответа нейросеть *Grok* [6: 1] делает ссылку на Инструкцию [3: 1]. Анализ ответов нейросетей показывает, что точность ответа нейросети *Grok* [6: 1] выше, чем у нейросети *DeepSeek* [5: 1].

Об адекватности ответов моделей нейросетей по пункту 4.3 раздела 4 Инструкции – расчет допустимых межпоездных интервал можно судить по содержанию положений Инструкции, которые представлены в левом столбце рисунка 2, и по их совпадению с ответами тестируемых нейросетей.

ПРИВГУПС		
СРАВНЕНИЕ ПО КЛЮЧЕВЫМ РАЗДЕЛАМ		
Раздел 4.3. Расчет допустимых межпоездных интервалов		
Инструкция ОАО «РЖД» 4 марта 2022 г. № 545/р	GROK (США)	Критерий: МЕТОДЫ РАСЧЕТА
- Основной расчет является моделирование графика движения с применением методов его равномерного сечения - Расчет допустимых межпоездных интервалов на базе использования параллельных графиков движения - Определение коэффициентов использования нагрузочной способности $K_{\text{ннс}}$ для каждой межподстанционной зоны	- Расчет нагрузочной способности СТЭ - Моделирование графика движения методом равномерного сечения - Определение минимальных интервалов - Определение $K_{\text{ннс}} \leq 1$ коэффициентов использования нагрузочной способности $K_{\text{ннс}} \leq 1$ и расчета пропускной способности участка.	- Построение графика суммарного тока фидера - Проверка ограничений для заданного интервала - Проверка по максимальному току фидера - Проверка по падению напряжения - Проверка по мощности тяговой подстанции - Итерационный процесс нахождения минимального интервала

Рис. 2. Пример сопоставления ответов моделей нейросетей с положениями нормативной Инструкции ОАО «РЖД» по разделу 4.3 Инструкции

Для моделей тестируемых нейросетей был составлен следующий запрос: «Расчет допустимых межпоездных интервалов моделирование графика движения поездов с применением методов его равномерного сечения».

Развернутый ответ нейросети *Grok* [6: 1] был следующий:

- «– расчет учитывает нагрузочную способность тяговых подстанций, контактной сети и других элементов электроснабжения.
- моделирование графика движения поездов осуществляется с использованием методов равномерного сечения графика, что позволяет разделить участок на межподстанционные зоны и оценить нагрузку в каждой зоне отдельно. Метод равномерного сечения предполагает равномерное распределение нагрузки по зонам, с учетом реальных токопотреблений поездов, полученных из тяговых расчетов. Метод сочетается со статистическими подходами для учета вариаций скоростей и токов, минимизируя ошибки (до 5–65 % в зависимости от точности сечения).
- определение минимальных интервалов при обеспечении значений коэффициента использования нагрузочной способности $K_{\text{ннс}} \leq 1$ и расчета пропускной способности участка» [6: 1].

Тезисный вариант данного ответа нейросети *Grok* приведен в центральном столбце рисунка 2. Здесь курсивом и зеленым цветом выделены положения совпадающие с приведенными в инструкции, красным – не совпадающие.

Ответ нейросети *DeepSeek* [5: 1] представлен в правом столбце рисунка 2, в котором курсивом и зеленым цветом выделены положения совпадающие с приведенными в Инструкции, красным – не совпадающие.

Выводы: общедоступные анализируемые нейронные сети *Grok* разработки США и *DeepSeek* разработки КНР демонстрирует на настоящий период (в соответствии со степенью их «обученности») уровень адекватности, достаточный для их использования при ознакомлении с проблемой расчета пропускной способности железнодорожных линий в рамках научных проектов и учебных программ транспортных вузов.

Однако на момент публикации знания представленные в ответах тестируемых нейросетей не позволяют произвести количественную оценку показателей пропускной и провозной способности железнодорожных линий согласно положений действующей инструкции ОАО «РЖД» № 545/р [2: 176].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Приказ Ректора ПривГУПС от 14 октября 2024 г. № 633 «О принципах публикационной этики».
- 2 Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД», утвержденная Распоряжением ОАО «РЖД» 4 марта 2022 г. № 545/р [Электронный ресурс]: URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/vedomost_forma/0/instruktsiya_po_raschetu_propusknoy_i_provoznoy_sposobnostey.html (Дата обращения 01.11.2025).
- 3 Изменения, которые вносятся в Инструкцию по расчету наличной пропускной способности железных дорог, утвержденную ОАО «РЖД» 10 ноября 2010 г. N 128» (утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 24.01.2019 N 114/р) [Электронный ресурс]: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/rasporyazhenie/2/izmeneniya_kotorye_vnosyatsya_v_instruktsiyu_po_raschetu.html (Дата обращения 01.11.2025).

- 4 Приказ Минтранса России от 18.07.2018 N 266 «Об утверждении Методики определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования» (Зарегистрировано в Минюсте России 09.08.2018 N 51837).
- 5 Нейросеть DeepSeek [Электронный ресурс]. URL: <https://www.deepseek.com> (Дата обращения 01.11.2025).
- 6 Нейросеть Grok [Электронный ресурс]. URL: <https://grok.com> (Дата обращения 01.11.2025).

УДК 658,5, 621.331

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ РОССИИ

С. А. Окладов, И. В. Митрофанова, В. С. Окладов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Железнодорожный транспорт является ключевым элементом транспортной системы Российской Федерации, обеспечивающим массовые перевозки грузов и пассажиров. В условиях реализации «Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 года» и перехода к низкоуглеродной экономике особую актуальность приобретают задачи повышения энергоэффективности, надежности и экологичности тягового электроснабжения [4]. Современные системы тягового электроснабжения (СТЭ) российских железных дорог, базирующиеся преимущественно на стандарте переменного тока 25 кВ 50 Гц, сталкиваются с рядом системных ограничений. К ним относятся наличие нейтральных вставок, приводящих к потере скорости и механическим воздействиям, низкий коэффициент использования рекуперативной энергии торможения, негативное влияние на качество электроэнергии в питающей сети, а также ограниченная возможность интеграции возобновляемых источников энергии.

Цель настоящей статьи – анализ перспективных направлений модернизации СТЭ, направленных на устранение указанных недостатков и формирование технологического задела для цифровой трансформации отрасли. Для достижения поставленной цели был проведен комплексный анализ мирового и отечественного опыта развития СТЭ. Методология исследования включала систематизацию и сравнительный анализ существующих и перспективных схем электроснабжения. Рассматривались как решения по модернизации существующих сетей переменного тока, так и принципиально новые архитектуры, включая гибкие системы непрерывного питания и системы постоянного тока среднего напряжения. Особое внимание уделялось оценке применимости данных решений в условиях российской железнодорожной инфраструктуры с учетом требований энергетической безопасности и программ импортозамещения.

Методы и средства. Развитие СТЭ демонстрирует четкий тренд от простых нерегулируемых систем к сложным, управляемым электронными преобразователями структур. Исторически сложившиеся системы постоянного (3 кВ) и переменного (25 кВ) тока, используемые в России и ряде других стран, обладают известными недостатками, связанными с их архитектурой.

Одним из направлений модернизации является внедрение **систем маршрутизации мощности** (рис. 1). В таких системах на тяговых подстанциях и постах секционирования устанавливаются Railway Power Conditioners (RPC) – двунаправленные преобразователи. Они позволяют перераспределять активную и реактивную мощность между соседними питающими участками. Это способствует балансировке нагрузки в трехфазной сети, повышению уровня использования рекуперативной энергии и стабилизации напряжения. Важным преимуществом является возможность интеграции с накопителями энергии и возобновляемыми источниками без кардинальной перестройки существующей инфраструктуры.

Для полного устранения нейтральных вставок и организации непрерывного питания разрабатываются гибкие системы непрерывного электроснабжения (Рис. 3). В таких системах тяговые подстанции оснащаются полностью электронными преобразователями (Power Electronic Transformer – PET), которые осуществляют преобразование энергии по схеме AC–DC–AC. PET позволяют генерировать однофазное напряжение с едиными параметрами по всей длине контактной сети, обеспечивая ее гальваническую развязку с внешней сетью. Это полностью исключает нейтральные вставки, решает проблемы качества электроэнергии и создает основу для построения устойчивой тяговой сети с интегрированными распределенными энергоресурсами.

Более радикальным решением является комбинированная система совмещенного питания (Рис. 2). В ее составе, наряду с традиционным тяговым трансформатором, используется компенсирующий

преобразователь (Power Flow Converter). Его ключевая функция – динамическая компенсация токов обратной последовательности на стороне первичного напряжения, что позволяет обеспечить симметричную нагрузку трехфазной сети. Подобные системы уже прошли апробацию на полигонах РЖД и демонстрируют высокую эффективность в улучшении качества электроэнергии.

Перспективным направлением для магистральных линий с большой пропускной способностью является система с высоковольтной линией постоянного тока (рис. 4). В данной архитектуре создается двухуровневая схема: главные подстанции преобразуют трехфазный ток в высоковольтный постоянный (± 60 кВ), который передается по специальному фидеру к тяговым подстанциям. На них инверторы формируют однофазный переменный ток для контактной сети. Такое решение снижает потери при передаче энергии на большие расстояния и предоставляет естественный интерфейс для подключения солнечных электростанций и ветрогенераторов, расположенных вдоль пути.

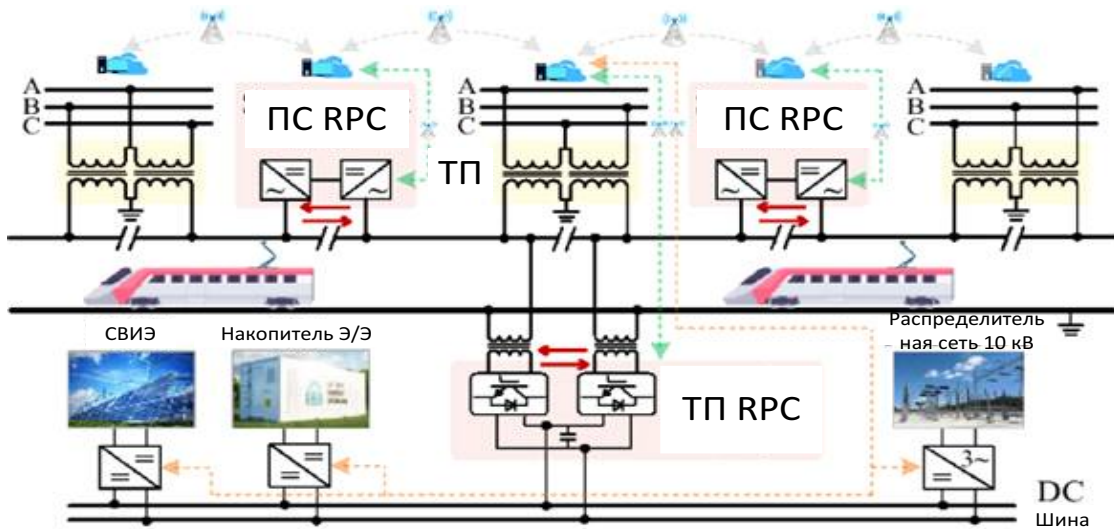


Рис. 1. Системы маршрутизации мощности

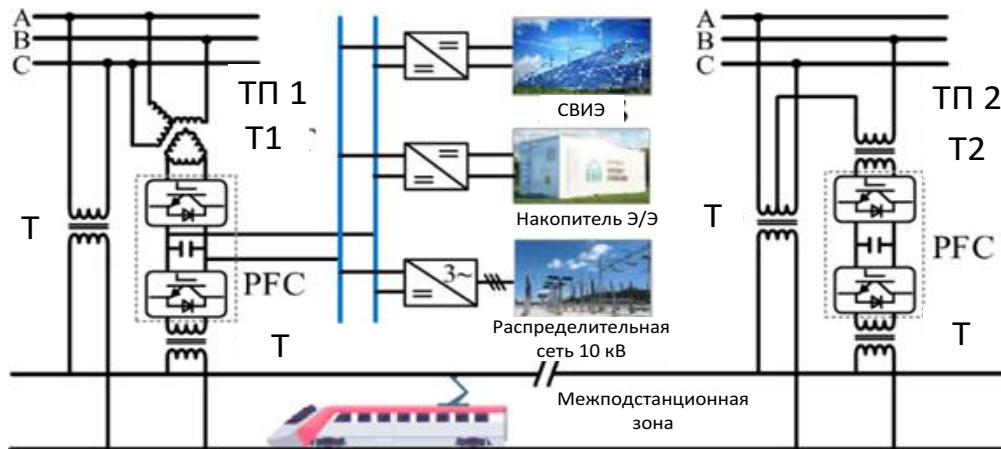


Рис. 2. Комбинированная система совмещенного питания

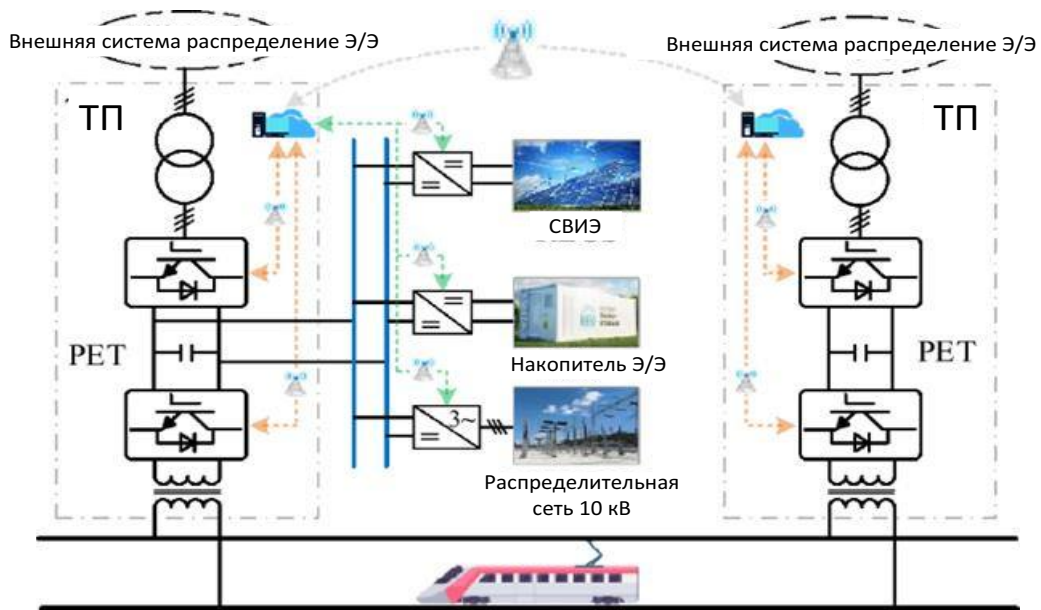


Рис. 3. Гибкие системы непрерывного электроснабжения

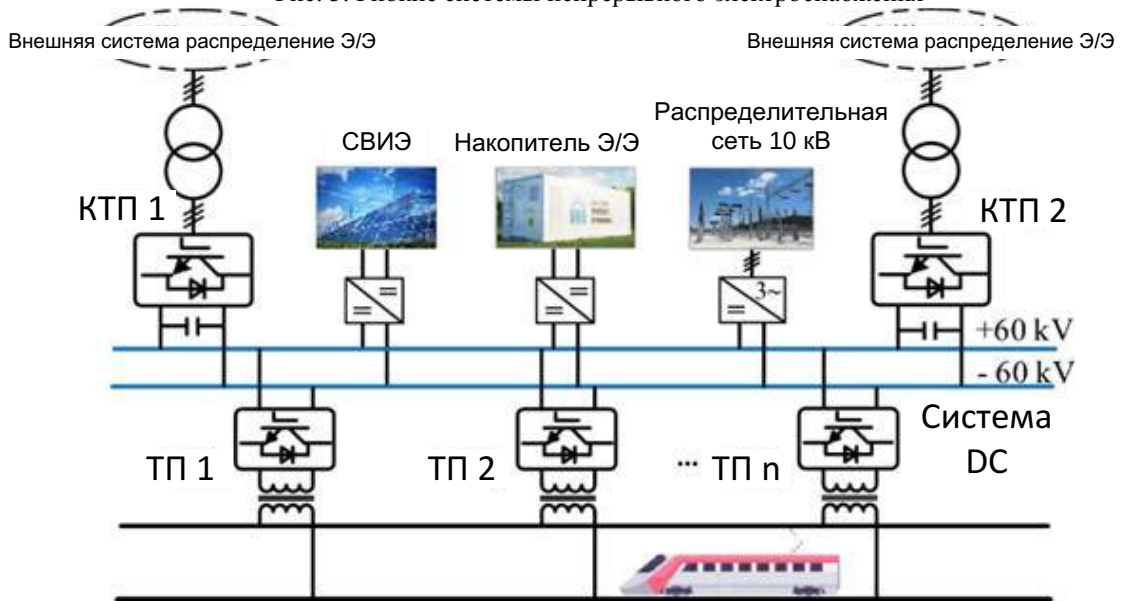


Рис. 4. Система с высоковольтной линией постоянного тока

В сегменте систем постоянного тока, актуальных для городского и пригородного транспорта, наблюдается тренд на повышение напряжения до средних уровней (9–24 кВ). **Гибкие системы постоянного тока среднего напряжения** (Рис. 5) на основе ММС–преобразователей позволяют значительно увеличить расстояние между тяговыми подстанциями (до 100–160 км) и создают основу для формирования устойчивых микросетей с активным участием накопителей энергии и возобновляемых источников.



Рис. 5. Гибкая система постоянного тока среднего напряжения

Сравнительный анализ рассмотренных систем по ключевым параметрам (количество нейтральных вставок, дальность питания, качество электроэнергии, капитальные затраты) представлен в Таблице.

Таблица

Сравнительная характеристика перспективных систем тягового электроснабжения

Технология	Нейтральные вставки	Дальность питания	Влияние на сеть	Стоимость
Распределения мощности	Сохранены	Не изменена	Улучшено (компенсация)	Низкая
Комбинированная совмещенная	Устранены на ТП	Не изменена	Улучшено (компенсация)	Средняя
Гибкая непрерывная	Полностью устранены	Увеличена	Минимальное	Высокая
С ВЛ постоянного тока	Полностью устранены	Значительно увеличена	Минимальное	Очень высокая

Результаты проведенного анализа позволяют сформулировать конкретные предложения для технологического развития ОАО «РЖД»:

1. Для модернизации существующей инфраструктуры наиболее целесообразным является поэтапное внедрение систем маршрутизации мощности и комбинированного совмещенного питания на критически нагруженных участках, особенно в регионах со слабыми электрическими сетями. Это позволит повысить пропускную способность и энергоэффективность без капитальной реконструкции контактной сети.
2. Для новых строящихся высокоскоростных магистралей (ВСМ) рекомендуется рассматривать гибкие системы непрерывного электроснабжения или системы с высоковольтным фидером постоянного тока. Эти решения обеспечат бесперебойное питание подвижного состава на высоких скоростях, высокое качество электроэнергии и заложат основу для создания «цифрового» энергокомплекса магистрали.
3. В рамках реализации климатической повестки все рассматриваемые перспективные системы создают технологическую платформу для широкомасштабной интеграции возобновляемой

генерации и систем накопления энергии. Это будет способствовать выполнению задач по снижению углеродного следа от железнодорожных перевозок.

4. Развитие данных направлений потребует кооперации с отечественными производителями силовой преобразовательной техники и разработки соответствующих стандартов в рамках программ импортозамещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Распоряжение Правительства РФ от 19 марта 2019 года № 466–р «Долгосрочная программа развития ОАО «Российские железные дороги» до 2025 года».
- 2 Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877–р.
- 3 Хохлов В.А. Электроснабжение электрифицированных железных дорог: учебник для вузов. М.: ФГБОУ «Учебно–методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2018. 583 с.
- 4 Hu H., Liu Y., Li Y. et al. A review on advanced traction power systems for electrified railways: configurations, applications, and future trends // Railway Engineering Science. 2023. № 31. P. 3–32.
- 5 Трушин В.В., Тарасова А.Е., Корытин Л.В. К вопросу о электромагнитной совместимости системы тягового электроснабжения и рельсовых цепей // Инновационная система обеспечения движения поездов: материалы I Международной научно-практической конференции. Самара: СамГУПС, 2016. С. 55–57.

УДК 621.3.022

ОБЗОР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

И. А. Сафронова, Ю. А. Дубровина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В настоящее время на сети железных дорог огромное внимание уделяется контролю и мониторингу силового оборудования, в том числе и масляных трансформаторов [1, 2]. Продолжительный срок службы, а иногда и превышающий в разы нормативный срок сказывается на работе данного оборудования.

Современные трансформаторы выпускаются с уже встроенными индикаторами температуры масла и обмотки. Но большое количество оборудования на тяговых подстанциях железных дорог эксплуатируется без встроенных датчиков, поэтому для контроля и мониторинга этого оборудования требуются дополнительные средства диагностики [3].

Рассмотрим статистику (таблица 1) по эксплуатации трансформаторов. Заметим, что количество трансформаторов со сроком службы более 50 лет увеличивается из года в год, так как модернизация подстанций не производится и новое оборудование не устанавливается.

Таблица 1

Статистика по работе трансформаторов

Год	Показатель	Трансформаторы силовые	Трансформаторы тяговые
2021 г.	Количество	299	369
	Со сроком службы более 50 лет	77 (26%)	88 (24%)
	На хроматографическом контроле	26 (9%)	67 (18%)
2022 г.	Количество	299	369
	Со сроком службы более 50 лет	77 (26%)	88 (24%)
	На хроматографическом контроле	32 (11 %)	61 (20 %)
2023 г.	Количество	297	369
	Со сроком службы более 50 лет	113 (38%)	164 (44%)
	На хроматографическом контроле	27 (9 %)	54 (15%)
2024 г.	Количество	297	369
	Со сроком службы более 50 лет	118 (40%)	169 (46%)
	На хроматографическом контроле	23 (8%)	53 (14%)

В настоящее время основным способом контроля работы трансформаторов железных дорог является хроматографический анализ масла, он показывает выявлять дефекты в конструктивных узлах

трансформаторов. Результаты анализа оцениваются путем сравнения с данными, которые были получены при введении трансформатора в эксплуатацию.

Далее будет приведена статистика (таблица 2) по хроматографическому обследованию силовых и тяговых масляных трансформаторов. Общее количество проведенных анализов и дефектных трансформаторов приведено в таблице.

Таблица 2

Статистика по хроматографическому анализу масла

Вид устройства	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Количество анализов	963	971	993	1064
Количество дефектов в силовых трансформаторах	28	29	34	38
Количество дефектов в тяговых трансформаторах	67	63	65	66
Всего	95	92	99	104

Выделим основные составляющие трансформатора, в которых в большинстве случаев возникают дефекты. К ним относят:

- магнитопровод (повреждение изоляции, ослабление прессовки);
- бак трансформатора (утечка масла. Старение, загрязнение масла, выделение влаги);
- система охлаждения (вентиляторы, маслососы);
- ввода (перекрытие и пробой, нарушение герметичности, течь масла, нагрев и нарушение изоляции) [4.5].

Основной причиной внедрения интеллектуальных систем диагностики силовых трансформаторов на железной дороге является необходимость в прогнозе и контроле технического состояния устройств, а также оценке вероятности возникновения дефектов и неисправностей для проведения своевременного технического обслуживания и ремонтов [6, 7].

В настоящее время в России применяются следующие системы диагностики:

- СМТО (производитель ООО «АСУ–ВЭИ»);
- НЕВА–АСКДТ (производитель НПФ «Энергосоюз»);
- ВЕЛЕС (производитель ПАО «ЗТР»);
- ЭДИС Альбатрос (производитель УрФУ);
- СУПА (производитель Холдинг МРСК).

Проведен анализ предложенных систем, выявлены основные особенности и места реализации. Основные характеристики систем приведены в таблице 3.

Таблица 3

Основные параметры интеллектуальных систем

Интеллектуальная система	Параметры электроэнергии (установившиеся процессы)	Параметры электроэнергии (переходные процессы)	Приборы защиты	Параметры магнитной системы	Параметры обмоток	Параметры изоляции	Параметры вводов	Параметры системы охлаждения	Параметры переключающих устройств	Определение месторасположения отказа	Прогнозирование отказов	Виртуальная оболочка	Наличие баз данных	Онлайн управление
СМТО	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
НЕВА–АСКДТ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ВЕЛЕС	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ЭДИС Альбатрос	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
СУПА	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	+	+	–

Каждая из систем имеет стандартный набор методов: основными является хроматографический анализ масла и измерение полного сопротивления короткого замыкания. Система представляет собой многоуровневый процесс, в которых производится сбор диагностической информации при помощи

датчиков, обработка данных, расчет диагностических параметров, вся информация передается в базы данных, а также в шкаф автоматизированного рабочего места (АРМ) [8].

Отметим основные особенности рассмотренных выше систем. В интеллектуальной системе СМТО есть возможность внедрения цифрового оборудования на подстанцию, тем самым обеспечивается связь системы и цифрового оборудования. Интеллектуальная система НЕВА–АСКДТ рассчитана на более мощные подстанции, для трансформаторов мощностью до 1250 МВА. Использование системы ВЕЛЕС дает возможность следить за техническим состоянием не только силовых трансформаторов, но и кабельных линий подстанции, а также за состоянием элегазового оборудования. В функционал системы ЭСМДУ–Транс заложены усовершенствованные функции по принятию решений для работы подстанции после проведенного анализа. Система ЭДИС Альбатрос позволяет обращаться к базе данных предшествующих проверок и на их основе принимать решения о дальнейшей эксплуатации. Система СУПА имеет функцию управления активами предприятия

Отметив особенности приведенных выше интеллектуальных систем, наиболее современной и подходящей для эксплуатации на тяговых подстанциях является система СМТО.

СМТО компании ООО «АСУ–ВЭИ» – это система управления, мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования. Она выполняет такие функции, как приём, обработка и передача диспетчерской информации о состоянии оборудования, непрерывный расчёт важнейших параметров и другие. Данная система позволяет осуществить интеграцию с цифровыми подстанциями, это является стратегически важным этапом в развитии электроэнергетики железных дорог.

Процессы цифровизации подстанций дает возможность повысить надежность и эффективность энергосистем. Внедрение интеллектуальных систем диагностики силовых трансформаторов необходимо для оптимизации контроля работы силового трансформаторного оборудования с целью повышения надежности системы электроснабжения.

Внедрение такой системы на существующие подстанции железных дорог даст возможность в режиме реального времени отслеживать техническое состояние трансформаторов, кабельных линий и элегазового оборудования, своевременно находить недостатки в работе, отклонения, искать неисправности в конструктивных элементах оборудования и сигнализировать обслуживающему персоналу. Такие мероприятия повысят надежность системы в целом, а также продлят срок службы оборудования, появится возможность проводить работы и ремонты не по графику, а по техническому состоянию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ефремова И. А., Козменков О. Н., Добрынин Е. В. Математическая модель оценки технического состояния масляного трансформатора // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 329–332. EDN XLVWGD.
- 2 Система оперативной диагностики и контроля ресурса трансформаторов тяговых подстанций / Е. В. Добрынин, М. А. Гаранин, С. А. Блинкова, Е. А. Семушина // Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте : материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Омск, 21–22 ноября 2013 года. Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2013. С. 318–323. EDN RZOWGZ.
- 3 Мухарямов Р. И., Добрынин Е. В., Окладов С. А. Автоматизация контроля текущего состояния системы электроснабжения нетяговых потребителей железнодорожного транспорта // Наука и образование транспорту. 2015. № 1. С. 136–138. EDN VOKPGX.
- 4 Бубенчиков А. А., Нурахмет Е. Е. Наиболее характерные неисправности в силовом оборудовании // Международный научно исследовательский журнал. 2016. № 5. Часть 3. С. 56–58.
- 5 Костинский С. С. Обзор состояния отрасли трансформаторного производства и тенденций развития конструкции силовых трансформаторов // Известия высших учебных заведений. 2018. Энергетика. № 1.
- 6 Сетин С. А. Интеллектуальная классификация сигналов, используемых в электротехнике // Человек и научное познание. Социокультурные аспекты науки: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 31 июля 2018 года, г. Смоленск. Смоленск: МНИЦ «Наукосфера», 2018. С. 103–105.
- 7 Проектирование силовых трансформаторов с использованием методов оптимизации / Ю. А. Арутюнов [и др.] // Омский научный вестник. Электротехника. Энергетика. 2017. № 6 (156). С. 47–53.
- 8 Вопросы теории и расчета трансформаторов / под ред. С.Б. Васютиной. Л.: Энергия, 1970. 432 с.

ПЕРЕХОД ОТ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ К СТАЦИОНАРНОЙ ДЛЯ РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

И. А. Сафронова, Е. В. Добрынин

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. Электрификация железной дороги начинается с предпроектных исследований и расчетов основных параметров системы тягового электроснабжения, к которым относятся расстояние между тяговыми подстанциями, включая места их расположения и мощность, а также выбор подвески контактной сети. ГОСТР 57670–2017 [1] содержит методику выбора этих параметров, основывающуюся на имитационном моделировании. При этом расчет расстояния и выбор мест расположения тяговых подстанций включает только одну эмпирическую формулу по расчету максимального значения, зависящего от грузонапряженности участка и условия, что расстояния должны быть не более пределов, определяемых родом тока и объемом поездной работы.

Согласно описываемой выше методике, расположение тяговых подстанций выбирается произвольно с учетом среднего расчетного расстояния. Далее, по обозначенным межподстанционным зонам, используя тяговые расчеты, определяется мощность силового оборудования и расчет сечения подвески. Используя имитационное моделирование выбранное оборудование проверяется с точки зрения обеспечения пропускной способности проектируемого участка [2, 3]. Если пропускная способность не обеспечивается, то итерационным путем подбираются варианты, включающие увеличение сечения, изменение схемы питания и расположения тяговых подстанций, увеличения их мощности и т.п., пока не получится приемлемый вариант [4, 5].

Основные сложности, с которыми приходится сталкиваться, используя такой подход – это первоначальная расстановка и интуитивно–экспертный подход выбора нового варианта оборудования для системы тягового электроснабжения. Поэтому предлагается усовершенствовать подход на этапе выбора, чтобы ускорить процесс и приблизить конечный вариант к оптимальному с точки зрения использования потенциала оборудования системы электроснабжения, а также снижения потерь электроэнергии при ее эксплуатации при заданных параметрах и объемах перевозочного процесса.

Выбор центров питания (трансформаторных и распределительных подстанций) для стационарной энергетики определяется числом логистической задачей – поиск оптимальной точки или нескольких точек, запитывая с которых потребителей потребуется минимум протяженностей линий электропередач, сечение которых выбирается по величине нагрузок и режимах работы потребителей. В тяговой энергетике задача усложняется тем, что нагрузка перемещается и на одном и том же участке уровень потребляемого тока может существенно меняться. Причем это зависит не только от массы поездов, но и от их управления, т.е. один электроподвижной состав может пройти в режиме тяги с разгоном, а другой, с такими же параметрами по массе, длине и электровозу, может пройти этот отрезок в режиме выбега [6, 7, 8].

Для решения задачи выбора мест расположения тяговых подстанций рассмотрен переход от динамической нагрузки к стационарной. Условие эквивалентного перехода устанавливается по равенству действия тока, равному произведению тягового тока на время: $S_I = I \cdot t$.

Для проектируемого участка длиной L при выполнении поездной работы на нем в течение периода времени T форма условия будет интегральной:

$$S_I = \sum_{i=1}^n \int_0^L I_{ix} \cdot dt = \sum_{i=1}^n \int_0^L \frac{I_{ix}}{V_x} \cdot dx, \quad (1)$$

где: n – количество поездов за расчетный период времени T , I_{ix} – ток, потребляемый i -тым поездом на координате $x \in [0; L]$ участка; чтобы интеграл был расчетным выполнена замена $dt = dx/V_x$; V_x – скорость поезда на координате x .

Переходя на стационарную нагрузку результаты тягового расчета накладываются на координаты участка, считая, что электроподвижной состав находится в каждой его точке. При этом потребляемый ток в зависимости от координаты будет равен:

$$I_x = \sum_{i=1}^n \frac{I_{ix} \cdot dx}{T \cdot V_x} = i_x \cdot dx, \quad (2)$$

где i_x – величина распределенной токовой нагрузки, А/м.

Интегрируя выражение (2) по длине участка и умножив на период времени T получим действие тока из выражения (1). Суммирование токов по координате включает проход поездов по обоим направлениям – в четном и нечетном. Для решения проблем обусловленных разностью манер ведения электроподвижных составов, можно использовать несколько вариантов тяговых расчетов, получаемых с разными ограничениями скорости и с позиции автоведения.

Полученное значение действия тока, умноженное на напряжение тяговой сети, дает объем электроэнергии, который потребуется для пропуска заданного количества поездов по проектируемому участку. Исходя из объема электроэнергии и периода времени T рассчитывается мощность и количество тяговых подстанций. Суммарная мощность делится на мощность типового оборудования с учетом коэффициента загрузки и полученное значение округляется в ближайшую сторону. Коэффициент загрузки зависит от интенсивности движения на расчетном участке и соотношения масс поездов. Чем меньше количество поездов проходит в сутки по участку и чем больше разброс масс и межпоездных интервалов, тем ниже будет коэффициент загрузки, поскольку пиковые нагрузки будут больше отличаться от среднего значения, по которому производится вышеприведенный расчет.

Определив количество тяговых подстанций, выбираются места их установки. Для этого выполняется разбивка расчетного участка по количеству тяговых подстанций (k) с условием равенства интегралов действия тока по координатам:

$$\int_0^{x_1} \sum_{i=1}^n \frac{I_{ix} \cdot dx}{T \cdot V_x} = \int_{x_2}^{x_3} \sum_{i=1}^n \frac{I_{ix} \cdot dx}{T \cdot V_x} = \int_{x_3}^{x_4} \sum_{i=1}^n \frac{I_{ix} \cdot dx}{T \cdot V_x} = \dots = \int_{x_{k-1}}^{x_k} \sum_{i=1}^n \frac{I_{ix} \cdot dx}{T \cdot V_x}, \quad (3)$$

На рис.1 представлен пример расчета мест установки тяговых подстанций. Выполнив тяговые расчеты были получены токи для поездов четного и нечетного направления (рис.1.а). Затем, используя суточное число поездов и тяговые токи рассчитана распределенная токовая нагрузка (рис.1.б). По среднесуточной суммарной мощности нагрузки определено, что для питания участка возможно использование 8-ми тяговых подстанций. Затем, используя выражение (3), по графику распределенной нагрузки рассчитаны места расположения этих подстанций (рис.1.б).

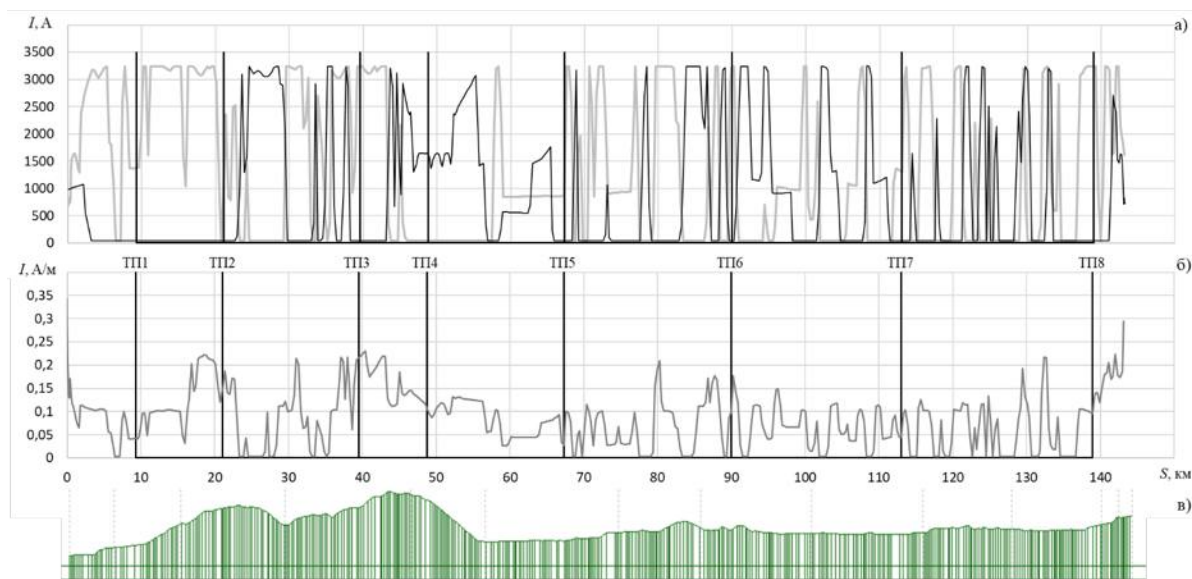


Рис. 1. Графики токовой нагрузки на расчетном участке

а) графики токов ЭПС в четном и нечетном направлениях; б) распределенная стационарная нагрузка суточного прохода поездов; в) профиль пути

Полученные значения расстояний между тяговыми подстанциями варьируются от 9 до 25 км. Как видно из сравнения мест расстановки тяговых подстанций с профилем пути, наименьшие межподстанционные зоны приходятся на места со сложным профилем (подъемы), в то время как для равнинных участков межподстанционные зоны получились максимальной длины.

Описанный подход дает возможность выполнить предварительную расстановку тяговых подстанций на участке для последующего моделированием в соответствии с методикой ГОСТР 57670–2017, но не случайным образом, а в зависимости от характера тяговой нагрузки, определяемой профилем пути, массой поездов и их количества.

Перспективой дальнейшего развития методики расчета и выбора расположения тяговых подстанций является учет системы внешнего электроснабжения [9] – мест расположения центров питания и уровней

напряжения питающих линий. При этом могут быть учтены как системы внешней генерации, так и собственной (например, применение генерирующих газотурбинных [10], ветровых или солнечных станций).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ Р 57670–2017 Системы тягового электроснабжения железной дороги. Методика выбора основных параметров [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/72184998/?ysclid=mj4a8q2mur925881341>
- 2 Митрофанов А. Н., Добрынин Е. В., Митрофанов С. А. Алгоритм формирования множеств допустимых значений энергообеспеченности для интеллектуальных систем пропуска тяжеловесных поездов // *Электротехника*. 2020. № 3. С. 41–45. EDN XICCUA.
- 3 Идентификация удельного расхода электрической энергии на тягу поездов в границах железных дорог / Ю. И. Жарков [и др.] // *Вестник транспорта Поволжья*. 2025. № 3 (111). С. 47–57. EDN LDCVYA.
- 4 Гаранин М. А., Блинкова С. А. Выбор мероприятия по усилению системы тягового электроснабжения // *Наука и образование транспорту*. 2013. № 1. С. 235–237. EDN SJGJQB.
- 5 Гаранин М. А., Загорский В. А., Блинкова С. А. Усиление системы тягового электроснабжения электрифицированных железных дорог постоянного тока // *Вестник транспорта Поволжья*. 2016. № 1(55). С. 30–34. EDN VRCLZX.
- 6 Добрынин Е. В., Батищев А. М., Деревяшкин М. В. Совершенствование подхода к расчету сечения токоведущих частей // *Экспозиция Нефть Газ*. 2024. № 8(109). С. 174–177. DOI 10.24412/2076–6785–2024–8–174–177. EDN BVTVKC.
- 7 Учет распределения тока в тяговой сети при проектировании и усилении контактной подвески / Е. В. Добрынин [и др.] // *Вестник транспорта Поволжья*. 2020. № 2 (80). С. 16–21. EDN PFPBPK.
- 8 Добрынин Е. В., Мухарямов Р. И., Окладов С. А. Анализ распределения нагрузки в тяговой сети // *Инновации в системах обеспечения движения поездов : материалы I Международной научно-практической конференции, Самара, 19–20 мая 2016 года*. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2016. С. 80–82. EDN YVCKGA.
- 9 Закарюкин В. П., Крюков А. В. Методы совместного моделирования систем тягового и внешнего электроснабжения железных дорог переменного тока. Иркутск : Иркутский государственный университет путей сообщения, 2011. 160 с. ISBN 978–5–98710–191–9. EDN RNJVKJ.
- 10 Blinkova S., Garanin M., Dobrynin E. Development of an Energy System at a Railway Station Using a Gas Turbine Power Station // *Transportation Research Procedia*, Novosibirsk, 25–29 мая 2020 года. Novosibirsk, 2021. P. 538–543. DOI 10.1016/j.trpro.2021.02.105. EDN OEQNNX.

УДК 621.311.4

ЦИФРОВИЗАЦИЯ, КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

О. В. Табаков, Ю. А. Дубровина

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В условиях динамичного развития железнодорожной отрасли актуальны повышение надёжности, энергоэффективности и уровня автоматизации систем тягового электроснабжения. Перспективу открывает внедрение цифровых платформ, IoT-датчиков, SCADA и прогнозно-диагностических модулей, что обеспечивает точное управление, оптимизацию расходов и усиление техносферной безопасности.

Современные цифровые тяговые подстанции становятся ключевым звеном в решении задач: они интегрируют интеллектуальные алгоритмы управления и мониторинга в реальном времени, ускоряют обработку телеметрических данных, снижают вероятность отказов оборудования и минимизируют влияние человеческого фактора благодаря автоматизации и предиктивной аналитике.

Для увеличения пассажирооборота и грузооборота предусмотрена цифровая модернизация тяговых подстанций. На первом этапе предполагается запуск модуля онлайн-диагностики и мониторинга оборудования СТЭ, что повысит надёжность и обеспечит бесперебойное движение.

Комплекс непрерывного диагностического мониторинга критически важен для прогнозирования остаточного ресурса агрегатов и своевременного обнаружения зарождающихся дефектов контролируемого оборудования [1, 2].

Данная система предназначена для своевременного предотвращения отказов и аварийных режимов технологического оборудования под контролем [3].

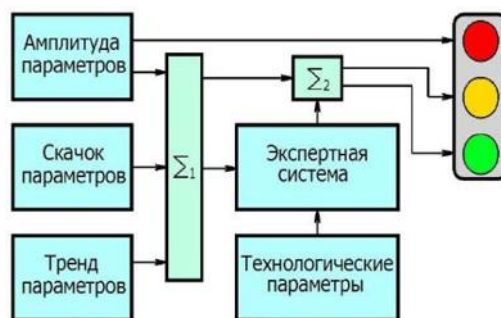


Рис. 1. Пример работы системы мониторинга и диагностики

Используя совокупность контролируемых эксплуатационных показателей, получаемых с датчиков, и встроенные математические модели, система мониторинга выполняет комплексную диагностику состояния агрегатов. При превышении предельных значений по любому критически важному параметру алгоритм автоматически переводит объект в «предаварийное состояние», что визуализируется на щите энергодиспетчера красным индикатором. Если же ограничение нарушено лишь по одной или нескольким позициям, оборудование классифицируется как дефектное и подсвечивается жёлтым цветом. Когда все диагностические показатели соответствуют нормативам, загорается зелёный светодиод, подтверждающий исправность. Логика работы комплекса иллюстрируется на рисунке 1. Помимо оперативной сигнализации, программное обеспечение реализует функции прогнозирования деградации узлов и поддерживает концепцию предиктивного обслуживания. С учётом того, что основное оборудование тяговых подстанций эксплуатируется ещё с 1954 года, внедрение цифровой проверки критически важно для повышения надёжности СТЭ [1, 2].

Комплексная система постоянного диагностического мониторинга оборудования тяговых подстанций обязана содержать в своей структуре такие модули [3, 4, 5]:

1. Система TDM для онлайн-мониторинга силовых трансформаторов обеспечивает сопоставление фактических эксплуатационных показателей с регламентными значениями, проводит комплексную диагностику, рассчитывает остаточный ресурс и индекс здоровья оборудования, а также передаёт обновлённые данные в корпоративную АСУ ТП для принятия оперативных и предиктивных управленческих решений.
2. Комплекс ADS-3 – это система онлайн-диагностики элегазовых трансформаторов, предназначенная для регистрации и анализа частичных разрядов. Блок крепится на нижнем фланце трансформатора тока и одновременно контролирует по меньшей мере три агрегата. Узел включает широкополосный акустический сенсор и микропроцессорную плату, которая принимает сигналы, выполняет спектральный анализ, фазовую оценку состояния и архивирует результаты.
3. Диагностика оборудования ЛЭП. Современный мониторинг ЛЭП базируется преимущественно на беспроводных интеллектуальных сенсорах, чутко фиксирующих любые колебания температуры проводов и величины протекающего тока. Снятие параметров выполняется локально через смартфон оператора либо дистанционно в АРМ по радиоканалу приемного модуля. Узлы полностью необслуживаемы: встроенный литиевый источник питания рассчитан на 25-летний цикл работы. Специальный ОПН-сенсор наблюдает за 35-кВ ограничителями перенапряжения, непрерывно измеряет их ток утечки и записывает реальное эффективное значение для последующего анализа.

Система мониторинга высоковольтных выключателей и камер РУ: модуль АВМ-ВК осуществляет непрерывный контроль механического и коммутационного ресурса выключателя, диагностирует целостность цепей соленоидов включения/отключения и в реальном времени отображает ключевые параметры оборудования во всех режимах.

Система комплексного мониторинга коммутационной аппаратуры и ячеек РУ (BDM) производит оценку их технического состояния, применяя четыре взаимодополняющих метода [3, 6]:

1. – Анализ параметров частичных разрядов позволяет осуществлять диагностику и мониторинг изоляции выключателя, секций с жесткой ошиновкой, а также подводящих кабельных или воздушных линий.
2. – Анализ графиков изменения токов управляющих соленоидов и динамических ударов в приводе позволяет контролировать надёжность работы самого привода.
3. – Выполняется оценка несинхронности срабатывания силовых контактов по каждой фазе посредством анализа осциллограмм фазных токов, регистрируемых наложенными токовыми трансформаторами.

4. – Мониторинг эксплуатационно–технологических характеристик, обусловленных спецификой применяемого выключателя и его конструкцией.

Используя данные внутренних подсистем, программа автоматически формирует отчет, позволяющий оперативно оценить текущее состояние силового выключателя и ячейки КРУ.

Внедрение цифровых решений в тяговых подстанциях направлено на рост надёжности, безопасности и производственной эффективности оборудования, тем самым совершенствуя эксплуатационные показатели всей транспортной инфраструктуры. Применение интеллектуальных технологий, например комплексов круглосуточного онлайн-мониторинга, позволяет [7, 8, 9]:

- внедрять обслуживание оборудования по фактическому состоянию, используя мониторинг, сокращая затраты на ППР;
- Оперативная диагностика дефектов и проактивное предотвращение аварий сокращают простой оборудования и снижают расходы на ликвидацию последствий;
- Уменьшить эксплуатационные затраты, внедряя автоматизированные системы мониторинга и диагностики и одновременно оптимизируя штат обслуживающего персонала;
- Экономическая результативность подобных решений выражается в снижении операционных затрат, продлении ресурса оборудования, росте энергоэффективности и надёжности подстанционного комплекса.

Экономическая результативность перехода к цифровым технологиям достигается главным образом через уменьшение эксплуатационных издержек, сокращение простоев и продление ресурса электрооборудования. Для комплексной модернизации предлагается внедрить ряд отечественных интеллектуальных систем: система контроля состояния силовых трансформаторов, диагностика, передача данных в АСУ ТП (TDM–M); система мониторинга состояния элегазовых трансформаторов тока по частичным разрядам (ADS–3); система мониторинга изоляции выключателей, секций шин, кабельных линий; контроль приводов и фазных токов (BDM); система мониторинга изоляции, напряжения, силы тока, пульсаций, информирование о предаварийных состояниях (КМСОТ); произвести замену электромеханических реле, мониторинг разъединителей, передача данных в АСУ ТП (внедрение терминалов микропроцессорной релейной защиты); проводить контроль температуры, тока, утечек и положения ножей разъединителей с помощью датчиков тока и температуры, а также видеокамер. Ориентировочный объём капитальных вложений в 2025 г. на одну тяговую подстанцию составит около 6,154 млн руб [7, 8, 9]. Дополнительные затраты на монтаж и пусконаладку сложных комплексов оцениваются ещё в 30–50 % от их цены. Цифровизация переводит обслуживание подстанций с планово-периодической схемы на ремонт по техническому состоянию (condition–based maintenance), что даёт возможность сократить продолжительность ремонтных работ в 1,5–3 раза. В совокупности уменьшение затрат на ТОиР, минимизация простоев и оптимизация труда дежурного персонала обеспечивают экономический эффект порядка 2,5 млн руб. в год на одну подстанцию.

Таким образом, оцифровывание тяговых подстанций формирует ощутимый экономический результат: дистанционный мониторинг и автоматизированная диагностика существенно снижают трудозатраты, связанные с периодическими осмотрами, ревизиями и обходами, одновременно полностью соответствуя стандартам системы энергетического менеджмента и поддерживая корпоративную политику энергосбережения. Одновременно уменьшаются издержки на ликвидацию последствий аварий силового оборудования: так, отказ силового трансформатора, вызванный пробоем изоляции высоковольтных вводов, способен повлечь прямые расходы свыше 40–60 млн руб [7, 9, 10].

Переход на обслуживание по состоянию сулит значительный технологический результат: постоянный онлайн-мониторинг всего комплекса оборудования повышает эксплуатационную надёжность и продлевает ресурс работы тяговых подстанций.

И в заключении следует отметить, что при дальнейшем развитии модернизации и цифровизации тяговые подстанции возможно объединить в единую интеллектуальную сеть, что обеспечит дистанционный диспетчерский контроль параметров тягового электроснабжения участка и устойчивость пассажирско-грузового потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Табаков О. В., Гониченко С. А. Цифровые двойники на железной дороге // Наука и образование транспорту. 2023. № 1. С. 301–303. EDN BGOEXV.
- 2 Табаков О. В., Харитонов Т. В. Актуальность применения цифровых защит на трансформаторных подстанциях // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 11. С. 379–382. DOI 10.24412/2071–6168–2023–11–379–380. EDN QEMPQS.
- 3 Казаков Д. О., Пузина Е. Ю. Технические решения по цифровизации тяговых подстанций в России // Молодая наука Сибири. 2021. № 1 (11). С. 227–237. EDN ZXAQFH.

- 4 ООО «DIMRUS». Системы мониторинга и диагностические приборы для контроля технического состояния высоковольтного оборудования. Москва, 2019. С. 2–82.
- 5 Применение распределенного мониторинга качества электрической энергии в MICROGRID / К. В. Суслов [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 6 (89). С. 185–189.
- 6 ООО «АСУ–ВЭИ». Устройство мониторинга высоковольтного выключателя. Москва, 2020. 4 с.
- 7 Табаков О. В., Добрынин Е. В., Бошкарёва Т. В. Система визуального контроля коммутационных аппаратов на тяговой подстанции // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017) : труды Международной научно-технической конференции, Самара, 14–16 марта 2017 года. Самара: Самарский научный центр РАН, 2017. С. 737–739. EDN WCZORL.
- 8 Ефремова И. А., Козменков О. Н., Добрынин Е. В. Математическая модель оценки технического состояния масляного трансформатора // Наука и образование транспорту. 2020. № 1. С. 329–332. EDN XLVWGD.
- 9 Система оперативной диагностики и контроля ресурса трансформаторов тяговых подстанций / Е. В. Добрынин [и др.] // Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте : материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Омск, 21–22 ноября 2013 года. Омск: ОмГУПС, 2013. С. 318–323. EDN RZOWGZ.
- 10 Добрынин Е. В., Семушина Е. А. Управление параллельной работой трансформаторов на тяговых подстанциях // Вестник транспорта Поволжья. 2014. № 3(45). С. 18–22. EDN SPSURB.

УДК 621.331:621.332

ДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОТКАЗОВ УСТРОЙСТВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Н. Л. Топорова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В настоящее время, на электрифицированных железных дорогах, контактная сеть является наиболее уязвимым звеном в системе тягового электроснабжения, она функционирует в условиях интенсивных динамических нагрузок, значительных вибрационных воздействий и экстремальных температурных колебаний. Ее уязвимость обусловлена отсутствием резервного дублирования, при этом любые сбои в ее работе приводят к серьезным последствиям. Это могут быть остановки движения поездов, задержки движения, что ведет к значительным финансовым потерям [4: 1].

Важным моментом в оценке надежности систем электроснабжения является сбор и анализ статистических данных [5: 1]. Анализ частоты и характера неисправности позволяет:

- разрабатывать эффективные меры по повышению надежности электроснабжения;
- совершенствовать методы технического обслуживания компонентов контактной подвески (как наиболее уязвимого элемента системы);
- определять показатели эксплуатационной надежности всех компонентов системы электроснабжения;
- формировать требования к новым элементам и компонентам системы.

Комплексный анализ отказов контактной сети представляет собой многофакторное исследование, включающий идентификацию критических элементов сети и систематизацию причин повреждений [7: 18, 8: 261].

Проведён анализ отказов элементов контактной сети, включающий изучение причинно-следственных связей и факторов, оказывающих влияние на возникновение неисправностей в процессе эксплуатации. Была разработана и построена диаграмма отказов, отражающая динамику нарушений в работе контактной сети. Данный аналитический инструмент позволил визуализировать характер и частоту возникновения различных типов неисправностей, что существенно облегчает процесс их идентификации и последующего устранения [9: 237].

Полученные результаты позволяют не только выявить проблемные области в работе контактной сети, но и разработать целенаправленные меры по повышению её надёжности и эффективности эксплуатации.

Основная часть: Согласно ГОСТ–32679 [1: 7] при анализе надёжности системы электроснабжения применяются вероятностные количественные параметры. Эти метрики позволяют объективно оценить риски отказов и стабильность работы системы, обеспечивая тем самым возможность прогнозирования её поведения в различных условиях эксплуатации [2: 5]:

- п.3.9 интенсивность опасных отказов;

- п.3.10 интенсивность предотказов;
- п.3.14 опасный отказ;
- п.3.15 параметр потока отказов.

При проектировании и эксплуатации контактных сетей инженеры обязаны гарантировать выполнение ключевых требований, таких как: обеспечение базовой функциональности системы и соблюдение заданных параметров надёжности. Надёжность выступает фундаментальной характеристикой технических объектов, определяющей экономическую целесообразность их эксплуатации, оптимальные циклы ремонта и обслуживания, и стратегию управления жизненным циклом [6:1].

Особое внимание уделяется анализу причинно-следственных связей при отказах элементов контактной сети, так как именно она является наиболее уязвимым звеном системы тягового электрообеспечения. Несмотря на постоянную разработку инженерами и учёными новых технических решений для минимизации отказов, динамика грузоперевозок и рост нагрузок приводят к появлению новых «слабых мест».

Например: ускорение движения поездов усиливает вибрационные и динамические нагрузки; увеличение частоты движения требует повышенной токовой нагрузки на контактный провод; климатические аномалии провоцируют дополнительные температурные деформации.

Системный анализ отказов, адаптация технологий к меняющимся условиям и прогнозирование рисков остаются критически важными для обеспечения бесперебойной работы контактных сетей.

В таблице 1 представлены отказы в работе объектов ряда объектов системы тягового электрообеспечения по отраслям в течение последних трех лет.

Таблица 1

Отказы технических средств по отраслям 2023/2025 г.

отрасль	12 месяцев 2023	12 месяцев 2024	На август 2025
	Отказ	Отказ	Отказ
Контактная сеть	24	23	14
Тяговые подстанции	1	1	3
Энергохозяйство	5	3	3
ССПС	1	0	0
Прочее (МВПС)	0	1	0
ВСЕГО	31	28	20

По контактной сети в период 2023 года допущено 24 отказа; за 12 месяцев 2024 года допущено 23 отказа, за прошедших 8 месяцев 25 года 14 отказов.

За 8 месяцев 2025 года допущено 9 отказов эксплуатационного характера (против 6 в 2024 году), 5 отказов деградационного (износ) характера (против 9 в 2024 году), 2 отказа производственного характера при изготовлении (против 2 в 2024 году), 4 отказа по внешним причинам (погода) (против 1 в 2024 году) и 0 отказов конструктивного характера (против 1 в 2024 году). За 12 месяцев 2024 года допущено 12 отказов деградационного (износ) характера (против 7 в 2023 году), 11 отказов эксплуатационного характера (против 19 в 2023 году), 2 отказа по внешним причинам (против 2 в 2023 году), 1 отказ конструктивного характера (против 0 в 2023 году), 0 отказов производственного при ремонте (против 1 в 2023 году), 2 отказа производственного при изготовлении (против 2 в 2023 году).

Таблица 2

Общая классификация отказов по причинам повреждений				
№ п/п	Причины повреждений	Количество повреждений		
		2023	2024	Август 2025
1	По отрасли – Контактная сеть (итого)	24	23	14
1.1	Опоры	1	1	0
1.2	Изоляторы	2	3	4
1.3	Провода и тросы	11	11	7
1.4	Воздушные стрелки	3	0	0
1.5	Зажимы и детали	2	6	1
1.6	Разрядники и разъединители	1	0	0
1.7	Струны	0	1	2
1.8	Заземления	0	1	0
1.9	Фиксаторы	2	0	0
1.10	Консоли	1	0	0
1.11	Прочие устройства	1	0	0
2	По отрасли – Тяговая подстанция (итого)	1	1	3
2.1	Трансформаторы силовые	0	1	0
2.2	Выключатели	1	0	0
3	По отрасли – Энергохозяйство (итого)	5	3	3
3.3	Провода	3	2	0
3.5	Изоляторы	0	1	0
3.9	Трансформаторы ОМ	2	0	0
4	По отрасли – ССПС (итого)	1	0	0
4.1	Неисправность двигателя	1	0	0
5	Прочее МВПС	0	1	0
	ИТОГО	31	28	20

Из анализа результатов таблицы 2 следует, что наиболее ненадежным элементом являются про- вода и тросы, зажимы и детали, изоляторы контактной сети. А наиболее надежными являются опоры, струны и заземления.

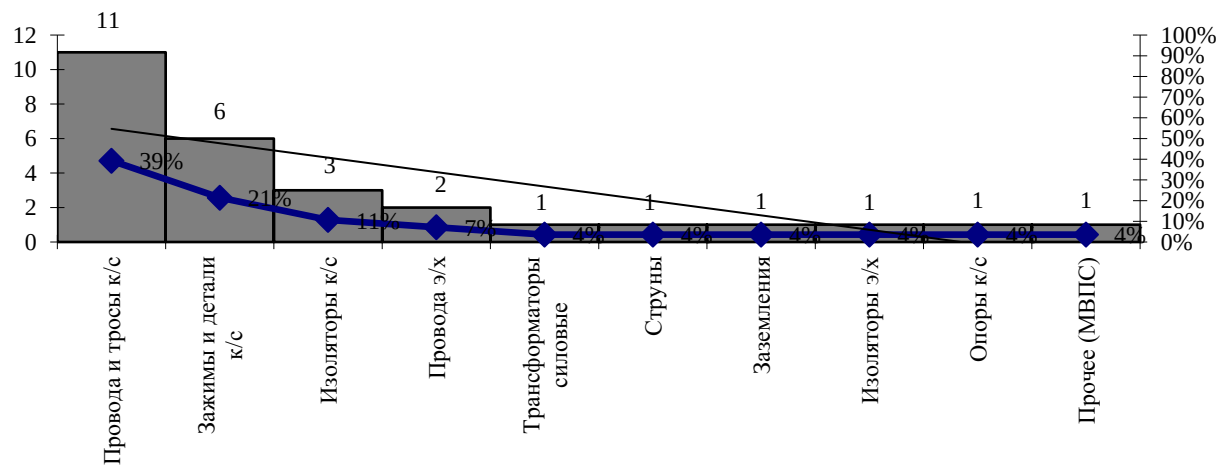


Рис. 1. Диаграмма Парето причин отказов технических средств контактной сети за 12 месяцев 2024г

На текущий момент можно сказать, что общая протяжённость контактной сети остаётся на одном уровне, при этом происходит качественное обновление существующих участков с внедрением современных технологий и материалов.

Внедрение организационно—технических мер по количеству отказов подтверждается стабильной работой инфраструктуры. Уровень оснащённости электрифицированных участков улучшается или остается неизменным, наблюдается динамика снижения количества отказов в работе контактной сети.

Выводы: Для снижения количества отказов устройств контактной сети необходимо:

1. Осуществлять непрерывный контроль работоспособности контактной сети, что позволит обнаруживать изменения состояния элементов на ранней стадии.

2. Тщательное обслуживание уязвимых элементов: проводов и тросов, воздушных стрелок, сопряжений, секционных изоляторов, узла фиксации (особенно на кривых малого радиуса).
3. Повышать надежность изоляции, для уменьшения числа поверхностных перекрытий, особенно при грозовых перенапряжениях.

Для анализа отказов устройств контактной сети использовать новейшие средства диагностики, как:

– Мобильные контрольно-вычислительные комплексы с устройствами дистанционного сканирования проводов. Позволят идентифицировать отклонения параметров от нормативных, без подъема персонала на высоту.

– Тепловизионные сканеры. Помогают диагностировать локальный износ контактной сети, выделяя участки с повышенной температурой проводов.

Заключение: Представленный анализ позволяет сформировать научно обоснованную базу для разработки мероприятий по повышению надёжности функционирования контактной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Межгосударственный стандарт ГОСТ 32679–2014 Контактная сеть железной дороги. Технические требования и методы контроля. Москва, Стандартинформ, 2015 г.
- 2 Межгосударственный стандарт ГОСТ 33947–2016. Подвеска железной дороги контактная. Технические требования и методы контроля. Москва, Стандартинформ, 2017 г.
- 3 Статистические методы повышения качества: Пер. с англ. / Под ред. Х. Кумэ. М. : Финансы и статистика, 1990. 260 с.
- 4 Ефимов А. В., Галкин А. Г. Надежность и диагностика систем электроснабжения железных дорог: учебник для вузов ж.-д. трансп. М.: Маршрут 2003. 263 с.
- 5 Бадер М. П. Концепция и перспективы технического развития электроэнергетики железнодорожного транспорта // Электротехника. 2021. № 9. С. 34–40.
- 6 Фроленков С. А. Совершенствование диагностики контактной сети электрифицированных железных дорог на основе сквозных цифровых технологий специальность 2.9.3 «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фроленков Сергей Андреевич. Самара, 2023. 181 с.
- 7 Ефремова И. А., Козменков О. Н. Определение основных отказов и неисправностей в работе хозяйства электрификации и электроснабжения на железной дороге с разработкой мероприятий по их снижению // Вестник транспорта Поволжья. 2018. № 4 (70). С. 19–25. EDN VAPUBU.
- 8 Козменков О. Н., Ефремова И. А. Учет, контроль и анализ отказов технических средств электроэнергетической инфраструктуры железнодорожного транспорта // Наука и образование транспорту. 2016. № 1. С. 260–262. EDN XEPFHF.
- 9 Харитонов Т. В., Фроленков С. А. Анализ отказов устройств контактной сети с учетом их динамики // Транспортное дело России. 2024. № 6. С. 236–238. EDN QUEBSN.

УДК 621.331

АНАЛИЗ РАБОТЫ СТАЦИОНАРНЫХ УСТРОЙСТВ ДИАГНОСТИКИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Т. В. Харитонов, М. Ю. Ефимов

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. 6 июня 2024 года Правительство Российской Федерации утвердило распоряжение о создании линии высокоскоростных железных дорог, что ознаменовало новый этап в развитии железных дорог России, поскольку такая линия проектируется и будет запущена в эксплуатацию впервые. Строительство первой высокоскоростной магистрали (ВСМ) повлечет за собой целый ряд вопросов и сложностей и при ее эксплуатации и диагностике [1: 538]. ВСМ будет создана на базе рельсового железнодорожного полотна с традиционным питанием от контактной сети.

На протяжении вот уже почти 100-летнего опыта работы контактной сети, она оставляет за собой понятие, как о не резервируемом элементе системы тягового электроснабжения. Аварии контактной сети требуют серьезного подхода и длительного восстановления. Для энергообеспечения перевозочного процесса отдельное место отводят устройствам контактной сети [2: 150].

Основная часть. В настоящий момент диагностика контактной сети развивается высокими темпами [6: 1].

Рассмотрим основные способы диагностики.

Диагностика контактной сети состоит из множества отдельных наблюдений, начиная с ежедневного осмотра электромонтерами контактной сети в ходе плановых обходов участков. Для непрерывного контроля за элементами, подверженными выходу из работоспособного состояния, устанавливаются стационарные модули. Основная доля всей диагностики ложится на объезды вагоном–лабораторией по исследованию параметров контактной сети (ВИКС), на котором установлен целый набор различных измерительных устройств:

- тепловизор;
- система оценки зигзага и выноса;
- система оценки износа проводов;
- определение отклонения опор;
- система определения положения грузокompенсаторов;
- система контроля за заземлениями опор контактной сети и др.

Однако, известны случаи выхода из строя элементов контактной сети между проходами ВИКС, поскольку погодные условия при проходе вагона–лаборатории резко отличались [3: 37].

Рассмотри стационарную диагностику элементов контактной сети (табл. 1).

Таблица 1

Основные устройства стационарной диагностики контактной сети		
Стационарная диагностика– системные модули, установленные в определённых местах контактной сети для непрерывного контроля за наблюдаемыми параметрами		
1	Мониторинг качества токо-съема	Фиксация динамического взаимодействия пантографа электроподвижного состава и контактного провода
2	Тепловизионная съемка	Контроль за нагревом токоведущих частей, выполняется как при помощи отдельных термодатчиков, так и при помощи установки тепловизоров, способных вести видеосъемку
3	Акустический контроль	Контроль звуковых волн при помощи специальных датчиков, позволяет как отследить уровень шума, так и заметить на ранней стадии недопустимый шум в работе контактной сети, например звук фонащего изолятора
4	Лазерные сканеры и оптические датчики	Контролируют геометрическое положение объектов, например положение воздушной стрелки или секционного изолятора, прогиб ригеля жесткой поперечины
5	Тензометрические датчики	Устанавливаются на опорах контактной сети для контроля за нагрузкой и предотвращением потери несущей способности
6	Ультрафиолетовые камеры контроля изоляторов	Позволяет увидеть начинающуюся утечку тока
7	Датчики контроля пространственного положения	Позволяет заметить отклонение от заданного положения

Представленное многообразие позволяет оценивать и выявлять различные предотказные состояния. Такие устройства ведут контроль и сбор информации для дальнейшей передачи ее на сервер с последующим анализом. Такой сбор сейчас ведется на базе Big data и позволяет осуществить переход к предиктивному анализу, заранее предсказывая, какое устройство может выйти из строя [4: 158, 5: 79].

По статистике одним из наиболее уязвимых устройств контактной сети на станции является воздушная стрелка и секционный изолятор. При неправильной регулировке данных устройств представляется возможным излом токоприемника у движущегося подвижного состава. На крупных станциях количество секционных изоляторов насчитывает десятки.

Известна система непрерывного мониторинга несущего троса и контактного троса, которая устанавливается на опоре контактной сети и при помощи системы датчиков может отследить перемещение проводов, их натяжение, температуру повышенную вибрацию и даже наличие микротрещин в жилах несущего троса и контактного провода. Для решения этих задач используются тензодатчики, акселерометры, лазерные виброметры, температурные датчики, лазерные сканеры, акустические датчики.

В рамках данной работы предлагается использовать накопленный опыт для диагностики секционных изоляторов контактной сети. Секционный изолятор является важным элементом, он служит для деления на секции, его неисправность может привести даже к случаю смертельного травматизма электромонтера, работающего на отключенной секции.

Предлагаемая система мониторинга за состоянием секционного изолятора представлена на рис. 1.

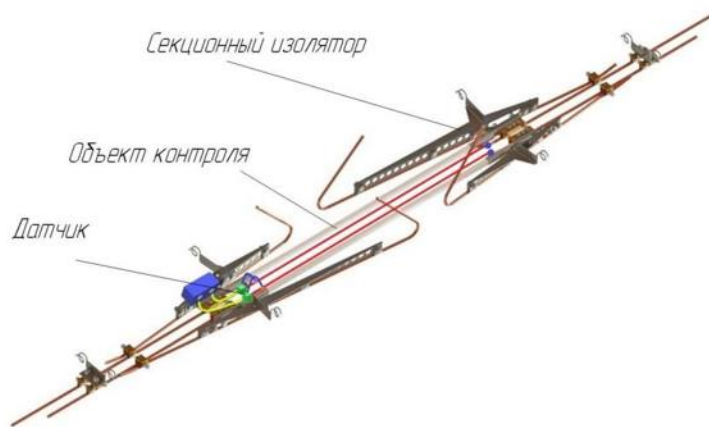


Рис. 1. Система диагностики секционного изолятора

Секционный изолятор представляет собой устройство, врезанное в контактный провод. Предлагается выполнить установку специального датчика в верхней части секционного изолятора. Объектом исследования выступает участок контактного провода в пределах секционного изолятора, который при стыковке к основному участку контактной сети может испытывать деформации из-за изменения натяжения или температурные изменения внутри провода. При изменении натяжения внутри секционного изолятора датчик даст сигнал на пульт энергодиспетчера. При этом работа блока осуществляется таким образом, что в течение некоторого времени специальные устройства пружинного типа поддерживают нормативного натяжения и не позволяют вставке выходить за пределы габаритов секционного изолятора.

Вывод. Предлагаемое устройство диагностики секционных изоляторов контактной сети позволит своевременно выявить предотказное состояние и при помощи устройства пружинного типа будет способно поддержать некоторое время рабочее состояние изолятора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Blinkova S., Garanin M., Dobrynin E. Development of an Energy System at a Railway Station Using a Gas Turbine Power Station // Transportation Research Procedia, Novosibirsk, 25–29 мая 2020 года. Novosibirsk, 2021. P. 538–543. DOI 10.1016/j.trpro.2021.02.105. EDN OEQNNX.
- 2 Гаранин М. А., Никоноров Д. А., Блинкова С. А. Модель для расчета энергообеспеченности перевозочного процесса повышенной точности // Наука и образование транспорту, Самара, 29–31 октября 2012 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2012. С. 149–151. EDN RLCPPJ.
- 3 Митрофанов С. А., Добрынин Е. В. Математическая модель расчета нагрева элементов контактной сети в задачах диагностики системы тягового электроснабжения // Математическое моделирование, численные методы и информационные системы : сборник статей Межвузовской научно-практической конференции, Самара, 01–31 октября 2009 года. Самара: Самарский муниципальный институт управления, 2009. С. 37–43. EDN УНТКМВ.
- 4 Харитонов Т. В., Фроленков С. А. Разработка технического комплекса диагностики проводов контактной сети электрифицированных железных дорог // Транспортное дело России. 2025. № 5. С. 158–162. EDN ХРАМЗН.
- 5 Соловьев С. Д., Харитонов Т. В., Табаков О. В. Использование квадрокоптера для бесконтактной диагностики элементов контактной сети электрифицированных железных дорог // Наука и образование транспорту. 2021. № 2. С. 79–81. EDN DQTMQZ.
- 6 Dobrynin E. V., Kharitonova T. V., Kudryashov D. A. Measuring the Geometry of Catenary Devices // AIP conference proceedings : International Scientific Conference “International Transport Scientific Innovation” ITSI-2021, Москва, 29 июня 2021 года. Vol. 2476. Москва: AIP PUBLISHING, 2023. P. 020050. DOI 10.1063/5.0105972. EDN GMA5CH.

АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ПЕРЕХОДА НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБЪЕКТАМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Т. В. Харитонова

Приволжский государственный университет путей сообщения

Введение. В апреле 2025 года Росстат представил последние данные об объемах выработанной электроэнергии по видам электрических станций. И, традиционно, картина не изменилась, относительно предыдущих лет:

- энергия, полученная теплоэлектростанциями (ТЭС) 62,47 млрд кВт·ч (57,3 %);
- энергия, выработанная на атомных электростанциях (АЭС) 17,23 млрд кВт·ч (18,2 %);
- энергия, полученная гидроэлектростанциями (ГЭС) 15,7 млрд кВт·ч (17,3 %).

На долю возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в нашей стране приходится всего 1 % от выработанной электроэнергии.

На 2025 год запланирован запуск новых генерирующих станций, суммарной мощностью 4 ГВт, из которых порядка 40 % должно прийти на возобновляемые источники энергии.

Для реализации государственной политики в области экологического развития России разработан целый ряд законов и распоряжений, в которых не малую роль играет генерация электроэнергии и особый акцент делается на увеличении доли ВИЭ.

ОАО «РЖД» является крупнейшей компанией нашей страны, на долю объектов железнодорожного транспорта приходится 5–7 % от выработанной в стране электроэнергии. Железнодорожный транспорт признан самым экологически чистым, на его долю приходится 1 % от общего объема выбросов всеми видами транспорта.

В 2022 году правлением ОАО «РЖД» был внесен пункт в рекомендации для всех стран БРИКС о развитии железнодорожного транспорта как самого «зеленого».

На сегодняшний день на сети железных дорог реализуется целый ряд мероприятий, позволяющих беречь окружающую среду, вот некоторые из них:

- раздельный сбор мусора в поездах и на станциях;
- поэтапная электрификация и уход от тепловозной тяги;
- работа над снижением вибрации и шума от движения составов;
- перевод объектов теплоэнергетики на низкоуглеродные виды топлива.

Основная часть. Традиционно тяговые подстанции питаются от электростанций ТЭС, ГЭС и АЭС. Учеными железнодорожных университетов непрерывно ведется работа по расчету потенциала ВИЭ применительно к нуждам железных дорог [1: 204]. Однако, рассматривая специфику перевозочного процесса [2: 150], моделируя различные варианты, пока не представляется возможным осуществить переход на ВИЭ, поскольку они не способны гарантированно выдавать необходимые объемы мощностей. Особое место в развитии энергетики занимает работа с накопителями энергии [3: 542; 4: 97, 5: 8], которые способны аккумулировать энергию, выработанную в процессе рекуперации.

В рамках данной статьи рассмотрен опыт китайских железных дорог, которые используют альтернативные источники энергии для питания железных дорог.

Протяженность высокоскоростных железных дорог Китая составляет порядка 48 тысяч км, это первое место в мире. При этом используется система переменного тока 25 кВ такая же, как и на железных дорогах РФ. Более 70 % всей железнодорожной инфраструктуры переведено на электрическую тягу. Рельеф Китая является сложным, но даже на Тибетское нагорье удалось проложить железнодорожную ветку.

Китай является несомненным лидером по развитию ВИЭ, регулярно запускаются все новые станции и блоки.

На сегодняшний день структура генерирующих станций по видам электростанций выглядит следующим образом (рис.). Лидером по объему являются ТЭС в силу исторического развития и наличия природных ископаемых являются угольные ТЭС, второе место занимают ГЭС, использующие энергию воды и относящиеся также к ВИЭ, далее 7 % энергии вырабатывается ветрогенераторными установками, по количеству которых Китай занимает 1 место в мире. На долю солнечных электростанций приходится 2 % от выработанной в стране энергии, но при этом Китай занимает 2 место в мире по числу и объему солнечных станций. А вот АЭС неожиданно вырабатывает всего 1 % электроэнергии.



Рис. Энергетика Китая

В чем же заключается успех «зеленых» железных дорог Китая?

1. В Китае реализована политика строгого единообразия. Существуют единые национальные стандарты.
2. Государством закреплена необходимость питания крупных предприятий от «зеленых» электростанций.
3. Все электрические станции Китая объединяются в единую энергосистему. Китайские железные дороги заключают контракт с государственной энергосистемой, в которую интегрированы различные ВИЭ, при этом сказать однозначно, что энергия пришла к подвижному составу от солнечной или ветровой станции невозможно. Также есть опыт прямого подключения тяговых подстанций к возобновляемой энергии. Известен пример тяговой подстанции на Цинхай–Тибетской железной дороге, которая частично питается от собственной солнечной фермы. В регионах с традиционно большой скоростью ветра (например, Внутренняя Монголия) часть энергии для железной дороги поступает с ветропарков.
4. На стационарных объектах, таких как железнодорожные вокзалы активно используются солнечные и ветрогенераторы, энергия которых идет, как правило, на освещение.

Заключение. Опыт китайских железных дорог показывает нам возможность питания объектов железнодорожного транспорта от ВИЭ как структурной составляющей общей энергосистемы. При условии дальнейшего интенсивного развития в нашей стране солнечной и ветрогенерации, железные дороги перейдут на питание от них.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Баймуратова К. А., Вахитова В. И., Харитонов Т. В. Экономия электроэнергии на железнодорожных станциях за счет использования технологии создания биогаза // Транспортная наука и инновации: материалы международной научно-практической конференции, Самара, 01–02 июня 2023 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2023. С. 204–205. EDN EOUBXK.
- 2 Гаранин М. А., Никоноров Д. А., Блинкова С. А. Модель для расчета энергообеспеченности перевозочного процесса повышенной точности // Наука и образование транспорту, Самара, 29–31 октября 2012 года. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2012. С. 149–151. EDN RLCPPJ.
- 3 Blinkova S., Garanin M., Dobrynin E. Development of an Energy System at a Railway Station Using a Gas Turbine Power Station // Transportation Research Procedia, Novosibirsk, 25–29 мая 2020 года. Novosibirsk, 2021. P. 538–543. DOI 10.1016/j.trpro.2021.02.105. EDN OEQNNX.
- 4 Накопитель энергии для системы тягового электроснабжения / Н. Н. Федотов [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2021. № 1(81). С. 97–103. DOI 10.46973/0201–727X_2021_1_97. EDN BMYNTL.
- 5 Блинкова С. А., Козменков О. Н. Повышение эффективности тягового электроснабжения за счет применения высокотехнологичных накопителей энергии // Вестник транспорта Поволжья. 2023. № 2 (98). С. 7–10. EDN FMFNQZ.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1

Подвижной состав железных дорог

и муниципальный пассажирский транспорт. Динамика машин

Абляимов О. С., Жуленев Н. В., Хамидов Д. Р. К оценке силовой нагруженности якорных бандажей тяговых электродвигателей в условиях эксплуатации.....	3-7
Абуняев Д. С., Свечников А. А. Система автоматического контроля температуры на тепловозах с использованием искусственного интеллекта	8-10
Балалаев А. Н. Цифровой стенд для виртуальных испытаний двухрядных пружин различной высоты с имитацией отрицательных температур окружающей среды	10-14
Буйносов А. П., Стаценко К. А., Киприянов П. В. Анализ замеров геометрических параметров колёсных пар отечественных скоростных и высокоскоростных электропоездов.....	14-16
Буйносов А. П., Стаценко К. А., Киприянов П. В. Исследование ограничений скоростей движения поездов в кривых по непогашенному ускорению.....	16-17
Ваулин В. А., Муратов А. В. К вопросу использования природного газа в качестве моторного топлива тепловозов.....	18-19
Владимиров А. Н., Шмойлов А. Н. Повышение уровня технической оснащённости в эксплуатационном вагонном депо путем внедрения современных переносных устройств	20-21
Владимиров П. Р., Николаев А. Е. Роль «Городского поезда» в развитии региона: проблемы и пути решения	21-23
Гаранин М. А., Пешков А. Б., Митрофанов А. Н. Алгоритм и модель диагностики режимов работы специального самоходного подвижного состава	24-28
Гришкова Д. Ю., Молодин Д. М. Оценка организации технического обслуживания и ремонта маневровых тепловозов. Способы повышения эффективности эксплуатации локомотивов	28-32
Дюкарев И. В., Шмойлов А. Н. Совершенствование процесса хранения и выдачи запасных частей в вагоноремонтных предприятиях	32-33
Калиева С. Т., Щербицкая Т. В. Применение безразборной диагностики в техническом диагностировании локомотива	34-35
Калякулин А. Н., Новиков Е. Л. Совершенствование технологии обновления электронной карты КЛУБ-У с использованием цифрового радиоканала.....	36-39
Калякулин А. Н., Новиков Е. Л. Разработка системы защиты компрессорного агрегата от аварийных режимов на электровозе 2ЭС6	39-42
Калякулин А. Н., Лебедев А. С. Метод снижения разгрузки колесных пар грузового локомотива на основе анализа конструктивных параметров тележки.....	42-45
Киселев Г. Г., Глухова Н. А. Реализация единой системы проведения совмещенного технического обслуживания и коммерческого осмотра грузовых вагонов на производственном участке ПТО ...	45-47
Лебедев А. В., Муратов А. В. Повышение эффективности работы дизелей тепловозов в эксплуатации.....	47-49
Лебедев А. С., Мустафаев Ю. К. Возможности цифровых двойников в образовании и их применение на железнодорожном транспорте.....	50-54
Ляшенко В. В., Ситников П. Д. Применение современных средств диагностики для сокращения времени проверки колесных пар за счет исключения операций, связанных с выкаткой	54-56

Ляшенко В. В., Шаховцев А. Н. Влияние технического состояние дизелей тепловозов ТЭМ7 на безопасность эксплуатации	56-58
Ляшенко В. В., Николаев С. М. Сцепление колёсных пар подвижного состава с рельсом в зависимости от климатических условий	58-60
Осипова Т. П., Шмойлов А. Н. К вопросу разработки переносных цифровых устройств носимой электроники для работников эксплуатационного вагонного депо	61-62
Осипова Т. П., Жебанов А. В. Модель технического обслуживания грузовых вагонов с сокращением влияния человеческого фактора	62-64
Панченко В. Н., Кирсанова А. В. Роль метрологического метода контроля в диагностике подвижного состава.....	64-66
Петрова А. В. Тенденции в развитии городского пассажирского транспорта	66-68
Печенкина Ю. А., Коркина С. В. Организация работы пункта технической передачи вагонов и перспективы его развития	68-70
Печенкина Ю. А., Коркина С. В. Цифровизация производственных процессов на пункте технической передачи вагонов	71-73
Свечников А. А., Данильцев Г. А. Применение технического зрения на локомотивах.....	73-74
Свечников А. А., Попов Д. Д. Перспективы повышения эффективности систем охлаждения дизелей тепловозов путем применения оптимизированных конструкций радиаторов.....	75-76
Старикова А. Г., Строганова А. А. К вопросу развития муниципального электрического транспорта в городе Самара.....	77-79
Тычков А. С., Ситников П. Д. Развитие локомотивного комплекса на базе внедрения перспективных решений для электроподвижного состава.....	80-82
Тычков А. С., Строганова А. А. Контроль расхода воздуха для охлаждения тяговых электрических машин.....	82-85
Чемоданов Д. А., Тычков А.С., Тишуков С. В. Анализ применения цифровых технологий при оценке технического состояния оборудования электроподвижного состава.....	85-88
Шахназарян Р. А., Муратов А. В. Альтернативные источники энергии для тягового подвижного состава: анализ и перспективы внедрения	89-92
Шашанов С. В. Аспекты целесообразности применения зубчатого зацепления Новикова в тяговом редукторе грузового тепловоза.....	93-97

СЕКЦИЯ 2

Организация перевозок и управление на транспорте

Аксенова А. А., Гришкова Д. Ю. Тенденции и динамика развития контейнерных перевозок	98-102
Андриевский С. А., Баранов А. И., Климова Е. В. Виртуальная сцепка поездов как перспективная модель развития отечественного железнодорожного транспорта	102-106
Афанасьев И. С., Кононова А. А., Власова Н. В. Профицит вагонов. Меры по его решению ..	107-108
Балашов Д. А., Прусов М. В. Сквозная логистика: революционный подход <i>getrail</i> к управлению цепочками поставок	109-112
Будко С. А., Бондаренко Е. М. Анализ преимуществ и недостатков возможных способов перевозки лесных грузов	112-114
Власова Н. В. Конкурентные преимущества на рынке грузовых перевозок на основе развития клиентоориентированных технологий и методов работы	115-119

Гаврилов М. В. О перспективах развития региональной терминально-логистической инфраструктуры ОАО «РЖД» в современных условиях	120-123
Кириллова А. С., Эрлих Н. В. Перспективы развития грузовых перевозок на железнодорожном транспорте	124-126
Курочкина Д. С., Гришкова Д. Ю. Концепция инновационного железнодорожного пограничного пункта в Кош-Агаче: повышение эффективности транзита между Россией и Монголией	127-129
Москвичев О. В., Грузд А. А. Современные тенденции развития терминально-логистического комплекса ОАО «РЖД»	130-134
Москвичев О. В., Куприянова Е. А. К вопросу о профиците вагонного парка на сети железных дорог	135-137
Москвичев О. В., Мансурова С. В. Оценка объемов грузопотоков с использованием транспортного-экономического баланса для стратегического планирования развития ТЛИ	137-140
Никищенков С. А. Моделирование, мониторинг и диагностика распределенных транспортных конвейеров	141-142
Пупышев Д. Г., Тимофеева Г. А. Оценка влияния межправительственных решений на погрузку железнодорожного транспорта при помощи корреляционного анализа	143-147
Терехова И. Р., Шутько Е. В., Кцоев А. А. Методы повышения качества обслуживания маломобильных граждан на объектах транспорта	147-150
Яровая Е. Д., Столярова С. В. Профессия приемосдатчик в организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте	151-152

СЕКЦИЯ 3

Экономика, логистика и менеджмент

Блинкова С. А., Веляева К. С. Сущность и структура инновационных систем	153-155
Волкова О. Ю., Николаева И. А. Совершенствование методики рейтинговой оценки деятельности объектов управления дирекции инфраструктуры с использованием показателя «Норматив запаса товарно-материальных ценностей»	155-159
Гагаринская Г. П., Дыкина С. З., Курочкин Н. О. Компетентностный подход в управлении персоналом: решение проблемы взаимосвязи качества и оплаты труда	159-163
Герасимова Е. А., Паркина Е. В. Особенности и перспективы развития ОЭЗ «Тольятти»	164-166
Герасимова Е. А., Туманова А. Е. Инновационная деятельность предприятий и ее влияние на экономический рост	167-168
Грекова Д. В., Веселова Ю. В. Стратегическое управление информационными потоками в социальных сетях как элемент укрепления национальной экономики и конституционного правопорядка	168-173
Гришанин И. А., Павлова Н. Г. Роль речной информационной системы в обеспечении органов статистики статистическими данными	173-176
Гришанин И. А., Павлова Н. Г. Функциональное тестирование как фактор обеспечения качества программного обеспечения речной информационной системы	176-178
Елизарьева А. А., Болд-Эрдэнэ Галбадрах, Оленцевич В. А. Вопросы модернизации транспортной инфраструктуры Восточного полигона железных дорог	178-182
Еремёнко С. С., Глотко А. В. Совершенствование процессов региональных грузоперевозок в системе оптовой торговли	182-187

Икромов М. Д. Регулярность движения городских автобусов: имитационное моделирование и цифровой мониторинг.....	188-190
Карышев М. Ю. Результаты и перспективы инновационного развития ОАО «РЖД» в контексте реализации профильной комплексной программы	191-192
Ковалев К. Е., Медведев Д. С. Методы моделирования в цепи поставок и сети складских комплексов	193-196
Курышина А. А., Илюхина И. С., Харитонов М. Н. Инвестиционные стратегии частных инвесторов в условиях волатильности финансовых рынков	196-198
Курышина А. А., Илюхина И. С., Харитонов М. Н. Развитие малого и среднего бизнеса в условиях мировой экономики	198-199
Лазарева П. А., Иванчина О. В. Искусственный интеллект в решении HR-задач.....	199-202
Моисеева С. В., Гашкова Л. В., Самуйлов В. М. Эффективные результаты государственно-частного партнерства при строительстве тихоокеанской железной дорог	202-205
Оленцевич В. А. Финансово-экономические аспекты совершенствования перевозочной деятельности на основе оптимизации логистических систем	206-209
Папиловская Е. Р., Туманова А. Е., Скибин Ю. В. Влияние информационных систем на конкурентоспособность предприятий	209-213
Папиловская Е. Р., Герасимова Е. А. Анализ методик оценки экономической устойчивости предприятия	214-217
Папиловская Е. Р., Туманова А. Е., Тарасова Т. М. Влияние цифровых технологий на трансформацию компетенций личности	217-220
Сарвилова Н. С., Тажибаев Д. Е. Анализ современного состояния туризма в социально-экономическом развитии республики Каракалпакстан	220-223
Северова М. О., Ромашева М. А. Использование нормативно-целевого планирования при формировании бюджета расходов предприятий транспортной инфраструктуры	224-226
Тарасова О. В. Социальные риски искусственного интеллекта: генезис страхов и пути минимизации.....	226-229
Трегубова Е. С., Веселова Ю. В. Инновационные методы комплексной корпоративной безопасности	230-233
Хайтбаев В. А. Основные направления развития рынка складской недвижимости России.....	233-235
Хайтбаев В. А. Особенности динамики рынка автомобильных перевозок в России	236-238
Чернова Н. В., Платынюк В. Е. Особенности функционального подхода в развитии теории конкуренции.....	239-241
Чипура П. И., Юрочкина А. В., Скибин Ю. В. Электронные деньги и современные платежные системы	241-243
Шерстнева П. А., Тарасова Т. М. Феномен студенческого стресса: причины и пути преодоления	244-246
Шерстнева П. А., Иванчина О. В. Оценка удовлетворенности клиентов как важный элемент стратегии бизнеса.....	247-250
Шур В. Л., Гарипов Д. С. Влияние высокой ключевой ставки на стратегии формирования портфелей ценных бумаг в 2025 году.....	250-252

СЕКЦИЯ 4

Актуальные вопросы автоматики, телекоммуникаций и электротехнических систем

Башаркин М. В., Исайчева Н. А. Разработка системы контроля технического состояния рельсовой линии с использованием беспилотных летательных аппаратов	253-256
Башаркин М. В., Харламов И. Р. Повышение надёжности кабельной сети стрелочных электроприводов за счет комплексного диагностирования	256-258
Васильев А. В., Душкин А. А. Исследование оптического сигнала при измерении неоднородностей оптического волокна	259-260
Диязитдинов Р. Р. Демодуляция относительной фазовой модуляции П/4-DQPSK	261-262
Исайчева А. Г., Астапенкова А. А. От диагностики к профессиональным компетенциям: междисциплинарный лабораторный кейс	262-265
Колпащиков С. А., Титов А. С. Многофункциональная система сбора информации	265-267
Кривошеев И. А., Бабаченко С. А. Сравнения методов оценки параметров встраиваемых изображений в информационные файлы	268-270
Махинина Е. И., Куценко С. М., Евдокимова О. Г. Защита от частотного наложения в ИОТ-системах на железнодорожном транспорте с применением GPON	271-274
Менакер К. В. Схемотехника приемника-дешифратора ПДК-М	275-279
Надежкин В. А., Бредун И. С. Анализ датчиков тока для диагностирования и мониторинга состояния изолирующих стыков рельсовых цепей	280-282
Павлович В. Е., Чудаков Л. А. Формализация процесса принятия решений в дистанциях СЦБЗ-4	282-285
Польянов В. В. Влияние параметров заземления на устойчивость электрооборудования железнодорожной инфраструктуры к внешним электромагнитным воздействиям	286-287
Привалов А. А., Титов Д. Д., Снигур С. В. Асинхронная модель передачи данных в Javascript	288-291
Привалов А. А., Болдинов А. М. Организация выделенной телекоммуникационной сети транспортной киберфизической системы с использованием технологии MPLS L3VPN	291-296
Привалов А. А., Титов Д. Д., Калатай Д. О. Модель процесса определения местоположения источника трафика комплекса компьютерной разведки	296-301
Саблин В. С., Исайчева А. Г. Разработка алгоритма интеграции мониторинга тягового тока в рельсовых нитях с цифровой диагностикой рельсовых цепей	301-303
Тарасов Е. М., Надежкина С. А. Разработка модели рельсовой линии с распределенными параметрами	303-306
Тарасов Е. М., Тарасова А. Е., Бредун И. С. Разработка структурной схемы гибридного измерительного комплекса для автоматизированного определения координат отцепов	307-309
Тарасов Е. М., Тришина Е. В. Диагностика состояния аккумуляторных батарей на железнодорожном транспорте: обзор методов прогнозирования	309-311
Уланов А. А., Туров Н. Ю. Разработка программного обеспечения для непрерывного мониторинга окружающей среды и микроклимата помещения	311-315
Устьянский В. А., Попова А. В. Использование уязвимостей компьютерных сетей стеганографическими методами	315-318
Хохрин А. С., Юсупов Р. Р. Обзор факторов, влияющих на устойчивость параметров индуктивно-рельсовой линии связи в системах автоматической локомотивной сигнализации	319-320

Хохрин А. С., Юсупов Р. Р. Разработка имитационной модели квадратурного приемника сигналов АЛСН с подавителем импульсных помех	321-322
Яковлева А. С. Безопасность на железнодорожных переездах: вызовы и решения	323-325

СЕКЦИЯ 5

Электроснабжение железнодорожного транспорта

Abdullabekova D. R., Kutbidinov O. M., Nazerbayeva M. Z. Smart condition monitoring and digitalization of power transformers in Uzbekistan's energy sector.....	326-328
Блинкова С. А. Риски инновационного развития в транспортной сфере.....	328-330
Галиуллин И. Ф., Козменков О. Н. Применение метода акустической эмиссии для диагностики контактных соединений в контактной сети железных дорог	330-333
Гаранин М. А., Потейко А. Н., Митрофанов А. Н. Анализ качества мониторинга показателей пропускной способности железных дорог	333-336
Гаранин М. А., Митрофанов А. Н., Окладов С. А., Потейко А. Н. Моделирование небалансов электроэнергии на железных дорогах постоянного тока.....	336-340
Герман Л. А., Саликов И. А. Регулирование статического генератора реактивной мощности (СГРМ) в тяговой сети с односторонним питанием	340-344
Добрынин Е. В., Скольский А. В. Исследование зависимости характеристики электрической дуги от параметров ЭПС при проходе изолированных секций контактной сети	344-347
Добрынин Е. В., Илюшкин М. Е. Интеллектуализация системы защиты фидеров контактной сети 3,3 Кв.....	347-350
Козменков О. Н., Фёдорова Ю. Н. Автоматизация контроля жизненного цикла форменной, специальной одежды и средств индивидуальной защиты.....	350-354
Митрофанов А. Н., Ефишин К. В., Семин О. В., Потейко А. Н. Анализ возможности использования искусственного интеллекта в задачах оценки пропускной способности железных дорог	354-358
Окладов С. А., Митрофанова И. В., Окладов В. С. Перспективы развития систем тягового электроснабжения для цифровизации и повышения энергоэффективности железных дорог России.....	358-362
Сафронова И. А., Дубровина Ю. А. Обзор интеллектуальных систем диагностики силовых трансформаторов	362-364
Сафронова И. А., Добрынин Е. В. Переход от динамической нагрузки к стационарной для расчета системы тягового электроснабжения	365-367
Табаков О. В., Дубровина Ю. А. Цифровизация как метод повышения надежности тяговых подстанций	367-370
Топорова Н. Л. Динамический анализ отказов устройств контактной сети	370-373
Харитонов Т. В., Ефимов М. Ю. Анализ работы стационарных устройств диагностики контактной сети электрифицированных железных дорог	373-375
Харитонов Т. В. Анализ потенциала перехода на возобновляемые источники энергии, применительно к объектам железнодорожного транспорта	376-377

Научное издание

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ ТРАНСПОРТУ

Материалы XVIII Международной научно-практической конференции

6–7 ноября 2025 г.

Том 1

Самара