

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гаранин Максим Алексеевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 23.10.2025 14:32:52  
Уникальный программный ключ:  
7708e3a47e66a8ee02711b298d7c78bd1e40bf88

Приложение  
к рабочей программе дисциплины

## **ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

### **Теория и конструкция локомотивов**

---

*(наименование дисциплины(модуля))*

Направление подготовки / специальность

**23.05.03 Подвижной состав железных дорог**

---

*(код и наименование)*

Направленность (профиль)/специализация

**Локомотивы**

---

*(наименование)*

## Содержание

1. Пояснительная записка.
2. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций.
3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации.

## 1. Пояснительная записка

Цель промежуточной аттестации – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине, обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Формы промежуточной аттестации:

очная форма обучения – зачёт (7 семестр), экзамен, курсовой проект (8 семестр);

заочная форма обучения – зачёт (4 курс), экзамен, курсовой проект (5 курс);

### Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции
ПК-1 Способен определять основные типы и модели железнодорожного подвижного состава, их назначение и особенности применения; определять основные технико-экономические параметры подвижного состава	ПК-1.10 Рассчитывает и анализирует узлы и элементы экипажной части локомотивов, основного и вспомогательного оборудования
ПК-7 Способен разрабатывать конструкторские решения при проектировании подвижного состава (локомотивов), технологического оборудования и проведения исследовательских работ с использованием современных информационных технологий	ПК-7.1 Применяет знание основ конструирования локомотивов, конструкций экипажной части основного и вспомогательного оборудования, основы проектирования и моделирования процессов, узлов и агрегатов локомотивов и локомотивных энергетических установок

### Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные материалы
ПК-1.10 Рассчитывает и анализирует узлы и элементы экипажной части локомотивов, основного и вспомогательного оборудования	Обучающийся знает: типы автономных локомотивов с различными энергетическими установками и передачами мощности и особенности их эксплуатации и проектирования; принципы работы, характеристики и технико-экономические показатели автономных локомотивов.	Вопросы (1 – 10)
	Обучающийся умеет: рассчитывать основные технические параметры автономного локомотива исходя из его назначения и условий эксплуатации.	Задания (1-6)
	Обучающийся владеет: методами составления и решения уравнений, описывающих рабочие процессы узлов и агрегатов автономных локомотивов;	Задания (1-2).
ПК-7.1 Применяет знание основ конструирования локомотивов, конструкций экипажной части основного и вспомогательного оборудования, основы проектирования и моделирования процессов, узлов и агрегатов локомотивов и локомотивных энергетических установок	Обучающийся знает: условия работы и технические требования к узлам вспомогательного оборудования и экипажной части автономных локомотивов; современное состояние локомотивостроения и парка автономных локомотивов, перспективы технического развития и задачи совершенствования конструкции автономных локомотивов.	Вопросы (21 – 33)
	Обучающийся умеет: рассчитывать показатели работы и выбирать основные конструктивные параметры узлов вспомогательного оборудования и экипажной части автономных локомотивов.	Задания (1-5)
	Обучающийся владеет: навыками анализа конструкции автономного локомотива и его вспомогательного оборудования по критериям энергетической эффективности; навыками анализа конструкции автономного локомотива и его	Задания (1-5)

	экипажной части по критериям тяговой эффективности и показателям безопасности движения.	
--	---	--

Промежуточная аттестация (экзамен) проводится в одной из следующих форм:

- 1) ответ на билет, состоящий из теоретических вопросов и практических заданий;
- 2) выполнение и/или размещение заданий в ЭИОС университета.

Промежуточная аттестация (зачет) проводится в одной из следующих форм:

- 1) собеседование;
- 2) выполнение и/или размещение заданий в ЭИОС университета.

Промежуточная аттестация (Кн.Р/РГР) проводится в одной из следующих форм:

- 1) выполнение и защита Кн.Р/РГР;
- 2) выполнение и размещение Кн.Р/РГР в ЭИОС университета с последующей защитой по средствам ресурсов ЭИОС.

Промежуточная аттестация (КР/КП) проводится в одной из следующих форм:

- 1) выполнение и защита КР/КП;
- 2) выполнение и размещение КР/КП в ЭИОС университета с последующей защитой по средствам ресурсов ЭИОС.

**2. Типовые<sup>1</sup> контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих уровень сформированности компетенций**

**2.1 Типовые вопросы (тестовые задания) для оценки знаниевого образовательного результата по итогам изучения дисциплины в 7 семестре**

Проверяемый образовательный результат:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-1.10 Рассчитывает и анализирует узлы и элементы экипажной части локомотивов, основного и вспомогательного оборудования	Обучающийся знает: типы автономных локомотивов с различными энергетическими установками и передачами мощности и особенности их эксплуатации и проектирования; принципы работы, характеристики и технико-экономические показатели автономных локомотивов.
<p><i>Примеры вопросов/заданий</i></p> <p>1) Буксовый узел с узлом трения применяется на тепловозе:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input checked="" type="radio"/> ЧМЭЗ</li> <li>• <input type="radio"/> 2ТЭ116</li> <li>• <input type="radio"/> ТЭП60</li> <li>• <input type="radio"/> ТЭМ2</li> </ul> <p>2) В состав экипажной части не входит:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="radio"/> колесная пара</li> <li>• <input type="radio"/> шкворневой узел</li> <li>• <input type="radio"/> автосцепное устройство</li> <li>• <input type="radio"/> тяговый редуктор</li> </ul> <p>3) Вставьте пропущенное слово. Цилиндрическая пружина является ... элементом рессорного подвешивания</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="radio"/> упругим</li> <li>• <input type="radio"/> упругодиссипативным</li> <li>• <input type="radio"/> диссипативным</li> <li>• <input type="radio"/> жестким</li> </ul> <p>4) Вставьте пропущенное слово. Листовая рессора является ... элементом рессорного подвешивания</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="radio"/> упругим</li> <li>• <input type="radio"/> упругодиссипативным</li> <li>• <input type="radio"/> упругим</li> <li>• <input type="radio"/> диссипативным</li> <li>• <input type="radio"/> жестким</li> </ul> <p>5) Как записывается осевая формула тепловоза 2ТЭ10М</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <input type="radio"/> 30 - 30</li> <li>• <input type="radio"/> 30 - 30 + 30 - 30</li> <li>• <input type="radio"/> 2<sub>0</sub> - 2<sub>0</sub> + 2<sub>0</sub> - 2<sub>0</sub></li> <li>• <input type="radio"/> 0-3-0</li> </ul>	

<sup>1</sup> Приводятся типовые вопросы и задания. Оценочные средства, предназначенные для проведения аттестационного мероприятия, хранятся на кафедре в достаточном для проведения оценочных процедур количестве вариантов. Оценочные средства подлежат актуализации с учетом развития науки, образования, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы. Ответственность за нераспространение содержания оценочных средств среди обучающихся университета несут заведующий кафедрой и преподаватель – разработчик оценочных средств.

6) Колесная пара с цельнокатаными колесами применяется на тепловозе

- ТЭП60
- ТГМ2
- ТЭМ2
- ТЭЗ

7) Крутящий момент от тягового редуктора передается на колесный центр минуя ось колесной пары в тележке тепловоза:

- 2ТЭ116
- ТГМ2
- 2ТЭ25К
- ТЭП70

8) Поверхностью оси колесной пары не является:

- поверхность катания
- подступичная поверхность
- предподступичная поверхность
- буксовая шейка

9) Рессорное подвешивание одноступенчатое на тепловозе

- ЧМЭЗ
- 2ТЭ116
- ТЭП60
- ТЭМ2

10) Рычажный буксовый узел применяется на тепловозе:

- ТГМ2
- ЧМЭЗ
- 2ТЭ116
- ТЭП60

11) Выберите правильные ответы

Основные требования, предъявляемые к топливной системе

- хорошую фильтрацию топлива, его подогрев в холодное время года
- избыточное давление в топливном коллекторе
- иметь измеритель расхода топлива
- иметь аварийное питание топливных насосов высокого давления при отказе топливоподкачивающего насоса

12) Выберите правильные ответы

Основные требования, предъявляемые к масляной системе

- отвод тепла от масла к атмосферному воздуху
- качественную фильтрацию масла от продуктов износа деталей дизеля
- предварительную прокачку масла перед запуском дизеля
- оценку ресурса масла
- автоматическую остановку дизеля при снижении давления масла в системе ниже допустимого

13) Выберите правильные ответы

Основные требования, предъявляемые к водяной системе

- эффективный отвод тепла от теплоносителей
- очистку системы от накипи

- постоянную наполняемость системы водой
- отвод пара в атмосферу
- отвод пара в атмосферу

14) Габаритные очертания локомотива описываются при помощи стандартного габарита

- 1-Б
- 1-Г
- 1-Ш
- 1-А

15) Верно ли определение

**Габарит** – это предельное поперечное очертание (перпендикулярное оси пути), за пределы которого не должны выступать ни одна часть локомотива как нового, так и предельно изношенного

- Верно
- Неверно

16) Что не относится к тяговому автономному подвижному составу

- Тепловоз
- Электровоз
- Газотурбовоз
- Рельсовый автобус

17) Экипажная часть не предназначена для:

- поддержания функционирования основного оборудования
- создания силы тяги
- для расположения на ней основного оборудования
- смягчения динамических моментов в переходных режимах

18) Сцепной вес локомотива – это:

- вес локомотива с учетом 1/3 запаса песка и топлива
- вес локомотива в полном снаряжении
- вес локомотива без песка и топлива

19) Сила тяги локомотива определяется следующими параметрами:

- весом локомотива и коэффициентом полезного действия
- весом локомотива и коэффициентом сцепления
- весом локомотива и скоростью движения
- скоростью движения и коэффициентом полезного действия

20) Рессорное подвешивание не предназначено для

- передачи горизонтальных нагрузок
- передачи вертикальных нагрузок
- смягчения ударных нагрузок
- гашения высокочастотных колебаний

### 2.3 Типовые вопросы (тестовые задания) для оценки знаниевого образовательного результата по итогам изучения дисциплины в 8 семестре

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-7.1 Применяет знание основ конструирования локомотивов, конструкций экипажной части основного и вспомогательного оборудования, основы проектирования и моделирования процессов, узлов и агрегатов локомотивов и локомотивных энергетических установок	Обучающийся знает: условия работы и технические требования к узлам вспомогательного оборудования и экипажной части автономных локомотивов; современное состояние локомотивостроения и парка автономных локомотивов, перспективы технического развития и задачи совершенствования конструкции автономных локомотивов.
<p><i>Примеры вопросов/заданий</i></p> <p>21) В образовании силы тяги не участвует следующий фактор:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> сила сцепления</li> <li><input type="radio"/> сила крипа</li> <li><input type="radio"/> вес локомотива</li> <li><input type="radio"/> центробежная сила</li> </ul> <p>22) Какие величины не определяются при геометрическом вписывании экипажа методом параболической диаграммы</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Величины боковых давлений на рельсы крайних колесных пар</li> <li><input type="radio"/> Величины зазоров между гребнем бандажа и рельсом средних колесных пар</li> <li><input type="radio"/> Величины разбегов средних колесных пар</li> <li><input type="radio"/> углы между осями кузова и тележек</li> </ul> <p>23) Коэффициент сцепления колеса с рельсом, как правило, определяется по эмпирической формуле в зависимости от:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> силы тяги</li> <li><input type="radio"/> весом локомотива и коэффициентом сцепления</li> <li><input type="radio"/> мощности</li> <li><input type="radio"/> времени</li> </ul> <p>24) На тяговой характеристике не указывается следующее ограничение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ограничение по длительному току тягового двигателя</li> <li><input type="radio"/> ограничение по мощности дизеля</li> <li><input type="radio"/> ограничение по сцеплению колеса с рельсом</li> <li><input type="radio"/> ограничение по конструкционной скорости</li> </ul> <p>25) На тяговой характеристике не указывается следующее ограничение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> ограничение по длительному току тягового двигателя</li> <li><input type="radio"/> ограничение по длительному току тягового генератора</li> <li><input type="radio"/> ограничение по сцеплению колеса с рельсом</li> <li><input type="radio"/> ограничение по конструкционной скорости</li> </ul> <p>26) Что не относится к основным мероприятиям облегчающим движение локомотива в кривой?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> установка наружного рельса с повышением</li> <li><input type="radio"/> применение поворотных тележек</li> <li><input type="radio"/> увеличение ширины колеи</li> </ul>	

- увеличение расстояния между колесными центрами

27) Верно ли утверждение

При динамическом вписывании определяются вертикальные усилия, передаваемые колесами локомотивного экипажа (тележки) на головки рельсов для наихудшего сочетания действующих нагрузок – положения наибольшего перекоса

- Верно
- Неверно

28) Верно ли утверждение

В соответствии с техническими требованиями на проектируемые локомотивы расчетное значение бокового давления  $Y'_l$  не должно превышать 100 кН, величина бокового давления –  $0,6Y_l$ .

- Верно
- Неверно

29) Выберите правильные ответы

Основные требования, предъявляемые к масляной системе

- отвод тепла от масла к атмосферному воздуху
- качественную фильтрацию масла от продуктов износа деталей дизеля
- предварительную прокачку масла перед запуском дизеля
- оценку ресурса масла
- автоматическую остановку дизеля при снижении давления масла в системе ниже допустимого

30) Выберите правильные ответы

Основные требования, предъявляемые к водяной системе

- эффективный отвод тепла от теплоносителей
- очистку системы от накипи
- постоянную наполняемость системы водой
- отвод пара в атмосферу
- отвод пара в атмосферу

31) Выберите правильные ответы

Основные требования, предъявляемые к топливной системе

- хорошую фильтрацию топлива, его подогрев в холодное время года
- избыточное давление в топливном коллекторе
- иметь измеритель расхода топлива
- иметь аварийное питание топливных насосов высокого давления при отказе топливоподкачивающего насоса

32) Выберите правильные ответы

33) Выберите правильные варианты ответа

Основные требования, предъявляемые к охлаждающим устройствам

- теплорассеивающую способность при температуре наружного воздуха от – 50 до + 40 °С
- минимальные затраты мощности на привод вентилятора
- минимальные затраты цветных металлов
- полную автоматизацию работы охлаждающих устройств
- высокую надежность оборудования

## 2.3 Типовые задания для оценки навыкового образовательного результата по итогам изучения дисциплины в 7 семестре

Проверяемый образовательный результат:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-1.10 Рассчитывает и анализирует узлы и элементы экипажной части локомотивов, основного и вспомогательного оборудования	Обучающийся умеет: рассчитывать основные технические параметры автономного локомотива исходя из его назначения и условий эксплуатации.
<p><i>Примеры заданий</i></p> <p><b>Задача №1</b> <u>Расчёты на прочность листовой рессоры</u>  Основные размеры листовой рессоры определяют по допустимым напряжениям изгиба при статической нагрузке <math>[\sigma]_{\text{доп}} = 550-650</math> МПа. Рессору рассматривают как балку постоянной толщины равного сопротивления изгибу.</p> <p><b>Задача №2</b> <u>Расчёты на прочность пружины</u>  Основные размеры цилиндрической пружины определяют по допустимым касательным напряжениям при динамической нагрузке <math>[\tau]_{\text{доп}} = 650</math> МПа.</p> <p><b>Задача №3</b> <u>Расчёты на прочность резинового амортизатора</u>  В данной задаче необходимо, по результатам расчетов резинового амортизатора на прочность, подобрать материал (резину) его, который по своим свойствам обеспечит допустимую деформацию амортизатора.</p> <p><b>Задача №4</b> <u>Расчёты на прочность оси колесной пары тепловоза</u>  Расчет оси колесной пары необходим для определения оптимальных размеров элементов оси, при которых был бы обеспечен достаточный запас прочности при минимальной массе. Ось рассчитывается на статическую прочность при наибольшей кратковременной нагрузке и на усталостную прочность по длительно действующим нагрузкам, определяемым при среднеэксплуатационной скорости тепловоза 60 - 70 км/ч. Однако, учитывая исключительно большое значение надежности осей, динамические параметры при этом расчете принимаются для конструкционной скорости. При расчете на статическую прочность расчетное напряжение сравнивается с пределом текучести осевой стали <math>\sigma_m = 300 - 320</math> МПа. При этом принимают запас прочности <math>n = 2,7</math>.</p> <p><b>ЗАДАНИЕ №6 (выполнение контрольной работы для з/о)</b>  В результате расчета охлаждающего устройства тепловоза нужно определить необходимое количество секций радиатора, температуры охлаждающих жидкостей и воздуха на выходе из секций, требуемый расход воздуха через секции радиатора, подачу циркуляционного насоса, а также основные параметры вентиляторов – создаваемое ими давление, требуемую подачу, диаметр вентиляторного колеса, частоту его вращения, потребляемую мощность.</p>	

## 2.4 Типовые задания для оценки навыкового образовательного результата по итогам изучения дисциплины в 8 семестре

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-7.1 Применяет знание основ конструирования локомотивов, конструкций экипажной части основного и вспомогательного оборудования, основы проектирования и моделирования процессов, узлов и агрегатов локомотивов и локомотивных энергетических установок	Обучающийся умеет: рассчитывать показатели работы и выбирать основные конструктивные параметры узлов вспомогательного оборудования и экипажной части автономных локомотивов.
<p><i>Примеры заданий</i></p> <p><b>В рамках выполнения курсового проекта необходимо выполнить расчеты по следующим разделам:</b>  Определение основных параметров тепловоза.  <b>Задание №1</b> Определение касательной мощности.</p>	

Касательная полезная мощность тепловоза, реализуемая на ободе колёс при условии установившегося движения, определяется по формуле:

$$N_k = N_e * \beta * \eta_n$$

**Задание №2** Определение сцепной массы тепловоза.

Сцепная масса тепловоза характеризует его способность развивать необходимую силу тяги без проскальзывания колёс по рельсам:

$$M_{cu} = 2\Pi * z / g$$

**Задание №3** Расчёт и построение тяговой характеристики тепловоза.

Сила тяги тепловоза при трогании с места и до пороговой скорости определяется по формуле:

$$F_{кcu} = 10 * \psi_k * M_{cu},$$

**Задание №4** Определение передаточного числа зубчатой передачи.

Одним из основных параметров тягового редуктора тепловоза является передаточное число  $i$ , представляющее собой отношение числа зубьев ведомого зубчатого колеса к числу зубьев ведущей шестерни:

$$i = z_2 / z_1$$

Определение основных размеров экипажной части.

**Задание №5** Определение размеров тележки тепловоза.

При проектировании необходимо учитывать, что тепловоз или его секция выполняются по следующим осевым формулам: 2<sub>0</sub>-2<sub>0</sub>, 3<sub>0</sub>-3<sub>0</sub>, 2<sub>0</sub>+2<sub>0</sub>-2<sub>0</sub>+2<sub>0</sub>.

Экипажная часть тепловоза должна содержать прогрессивные конструктивные технические решения, применяемые в настоящее время в конструкциях отечественных и зарубежных тепловозов, а также возможно использовать в данном курсовом проекте перспективные разработки. Все конструктивные решения, отличающиеся от конструкций экипажной части тепловоза-прототипа должны быть обоснованы.

Основными геометрическими параметрами тележки, подлежащими определению являются:

- $a$  - расстояние между осями колесных пар;
- $n$  - ориентировочные размеры поперечных скреплений рамы к ее боковинам ;
- $t$  - расстояние от оси крайней колесной пары до торца концевой поперечной балки рамы тележки;
- $l$  - длина рамы тележки.

**Задание №6** Определение размеров тепловоза.

Длина локомотива по осям автосцепок устанавливается в процессе его компоновки. Предварительно эта длина определяется, в зависимости от величины мощности дизеля  $N_e$ , по эмпирическим формулам:

- 1) при  $N_e < 1100$  кВт,  $L = N_e * (27 - 0,0011 * N_e)$ ;
- 2) при  $N_e = 1100 \div 3000$  кВт,  $L = N_e * (10 - 0,0012 * N_e)$ ;
- 3) при  $N_e \geq 3000$  кВт,  $L = 7N_e * (1 - 0,0001 * N_e)$ .

ПК-1.10 Рассчитывает и анализирует узлы и элементы экипажной части локомотивов, основного и вспомогательного оборудования

Обучающийся владеет: методами составления и решения уравнений, описывающих рабочие процессы узлов и агрегатов автономных локомотивов

**Примеры заданий**

**В рамках выполнения курсового проекта необходимо выполнить расчеты по следующим разделам:**

**Геометрическое вписывание тепловоза в кривые.**

**Задание №1**

**Выполнение геометрического вписывания методом параболической диаграммы.**

**Порядок вписывания**

1. Вычерчивается база локомотива в масштабе  $m_x = 1:n$ , причём можно принять  $n$  равным 25÷50.
2. Находят ординаты рельсовых путей. Ординаты наружного рельса определяют по формуле:

$$y = \frac{m_y}{2R_{\Gamma} m_x^2} x^2,$$

где  $x$  - текущие абсциссы базы локомотива (чертежные), мм

$R_{\Gamma}$  - заданный радиус кривой, мм;

$m_y$  - масштаб по вертикали, который обычно принимают равным 1:1 или 1:2.

Для более точного построения параболы необходимо брать больше значений  $x$ . Расчёт координат точек параболы свести в табл.

Таблица

$x$	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$
$x^2$	$x_1^2$	$x_2^2$	...	$x_n^2$
$y$	$y_1$	$y_2$	...	$y_n$

По вычисленным значениям  $y$  строят параболу, изображающую наружный рельс (рис. 2).

Изображение внутреннего рельса будет получено, если параболу наружного рельса сдвинуть параллельно самой себе вдоль оси  $y$  на величину

$$y' = (2\sigma + \Delta)m_y,$$

где  $2\sigma + \Delta$  – величина зазора колесной пары и колеи, мм.

Схема экипажа размещается в масштабе  $m_x$  так, чтобы продольная ось кузова была параллельна оси  $ox$ .

### Задание №2

#### Определение углов поворота тележек, осевых зазоров и поперечных разбегов средних колесных пар тележек.

При параболическом методе все зазоры и отклонения должны измеряться только вертикально. Углы  $\beta_{\Pi}$ , град получаются в искаженном виде и определяются, с учетом замеренных на диаграмме углов  $\beta_{\text{ЧЕР}}$ , град из выражения:

$$\beta_{\Pi} = \frac{m_x}{m_y} \beta_{\text{ЧЕР}}$$

При геометрическом вписывании исследуются следующие положения экипажа:

- 1) положение отброса к наружному рельсу (установка по хорде);
- 2) положение перекоса;
- 3) отброс к внутреннему рельсу.

При всех исследованных положениях определяются:

- а) величины зазоров между гребнем бандажа и рельсом средних колесных пар;
- б) величины осевых разбегов средних колесных пар;
- в) углы между осями кузова и тележек.

ПК-7.1 Применяет знание основ конструирования локомотивов, конструкций экипажной части основного и вспомогательного оборудования, основы проектирования и моделирования процессов, узлов и агрегатов локомотивов и локомотивных энергетических установок

Обучающийся владеет: навыками анализа конструкции автономного локомотива и его вспомогательного оборудования по критериям энергетической эффективности; навыками анализа конструкции автономного локомотива и его экипажной части по критериям тяговой эффективности и показателям безопасности движения.

### Примеры заданий

#### **В рамках выполнения курсового проекта необходимо выполнить расчеты по следующим разделам:**

1. Динамическое вписывание тепловоза в кривые.

#### **Задание №1** Определение направляющих, боковых и рамных сил.

При динамическом вписывании определяются горизонтальные усилия, передаваемые колесами локомотивного экипажа (тележки) на головки рельсов для наилучшего сочетания действующих нагрузок – положение наибольшего перекоса – положение? при котором передняя колесная пара тележки прижата к наружному рельсу, а задняя – к внутреннему. На движущийся локомотив в кривой действует множество сил, весь комплекс которых учесть не всегда удается. Поэтому задачи динамического вписывания выполняют с некоторыми допущениями, так как учитываются только следующие силы:

1. Горизонтальные составляющие силы трения бандажей колесных пар о рельсы  $F_1-F_6$ ;
2. Центробежная сила  $C$ ;
3. Горизонтальная составляющая центробежной силы  $C_1$ , возникающая от веса локомотива при движении локомотива в кривой с возвышением наружного рельса;
4. Боковые реакции со стороны рельсов от воздействия на них колес (направляющие усилия)  $Y_1-Y_6$ ;
5. Боковые давления колес на головки рельсов  $Y'_1-Y'_6$ , представляющие собой разности между направляющими усилиями и силами трения бандажей о рельсы;
6. Возвращающие силы и их моменты при наличии в экипаже возвращающих устройств, а также моменты сил трения в опорах.

#### **Задание №2** Построение горизонтально-динамического паспорта тепловоза и оценка динамических качеств тепловоза.

Для оценки динамических качеств локомотива необходимо определить внешние силы (направляющие усилия  $Y_1$  и  $Y_3$ ), уравновешивающие силы и моменты приложенные к передней тележке локомотива по ходу движения.

Начать следует с вычерчивания схемы тележки тепловоза и осмысленного нанесения всех основных сил и моментов, действующих на нее. Центр поворота  $\square$  наносится на схему из условия, что тележка находится в положении наибольшего перекоса. В данном случае полное расстояние первой (направляющей) колесной пары определяется из выражения, м:

$$x_1 = \frac{2a}{2} + \frac{R_D}{2a}(2\sigma + \Delta)$$

где  $R_D$  – радиус кривой для динамического вписывания, м.

**Задание №3** Определение сил, входящих в уравнения равновесия

Согласно расчетной схеме составляются уравнения равновесия сил и моментов.

Средние значения сил трения в опорных точках колес считаются равными для всех колесных пар тепловоза. Приближенно они могут быть определены по формуле:

$$2F_i = 2\Pi f_{TP},$$

где  $2\Pi$  – максимальная нагрузка на ось (по заданию), кН;

$f_{TP} = 0,25$  – коэффициент трения между рельсами и бандажами.

У трехосных тележек современных тепловозов свободный разбег средней колесной пары достигает  $\square 14$  мм, поэтому первая составляющая от силы  $F_2$ , равная  $F_2 \cos \square$ , на раму тележки не передается. При составлении уравнения равновесия сил эта составляющая не учитывается, при составлении уравнения моментов учитывается только вторая, действующая вдоль рельсов, составляющая от силы  $F_2$ , равная  $F_2 \sin \square$ .

Центробежная сила приходящаяся на тележку :

$$C = \frac{Gv^2}{12,96gR_D},$$

где  $v$  – скорость движения локомотива, км/ч;

$G$  – часть подрессоренного веса тепловоза, приходящаяся на тележку, кН;

принять  $G = 6 P_{PP(CT)}$ , где  $P_{PP(CT)}$  – статическая нагрузка на пружину, кН.

Составляющая центробежной силы, возникающая при движении локомотива в кривой с возвышением:

$$C_1 = \frac{Gh}{2S},$$

где  $h$  – возвышение наружного рельса в кривой, м.

**Задание №4** Определение суммарных моментов сил трения и возвращающих моментов

Поворот тележки начинается после преодоления начального момента трения (около 4,0 кН\*м). При повороте на угол до  $0,8^\circ$  момент линейно возрастает до 21,0 кН\*м, далее, при повороте до  $3^\circ$ , он достигает 24 - 25 кН\*м. При угле поворота  $3^\circ$  угловая подвижность тележки ограничивается корпусом опоры и в дальнейшем обеспечивается упругой деформацией резинометаллических опор.

Суммарный момент  $M$ , препятствующий повороту тележки, находится по графику. Предварительно угол поворота тележки для положения ее наибольшего перекоса определяется по формулам для передней тележки:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,5L - x_2}{R_D},$$

где  $L$  – база тепловоза, м;

$\square$  – угол поворота передней тележки, рад. (угол  $\square$  должен быть переведен в градусы).

Возвращающий момент  $M_B$ , появляющийся вследствие разности возвращающих сил  $B_P$ , создаваемых передними и задними опорами ( $B_{P1}$  и  $B_{P2}$  соответственно) определяется по формуле:

$$M_B = B_{P1}l_1 - B_{P2}l_2$$

Для определения возвращающих сил  $B_P$  необходимо знать отклонения  $d_1$  и  $d_2$  опор тележки, они определяются по формуле:

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= d + \alpha_{II} l_1 \\ d_2 &= d - \alpha_{II} l_2 \end{aligned} \right\},$$

где  $d = 20$  мм – максимальный поперечный ход шкворня.

Возвращающие силы  $B_P$  определяются по графику после подстановки их значений в формулу находится величина возвращающего момента  $M_B$ . Величина  $M_{TP}$  находится вычитанием из величины  $M$  величины  $M_B$ .

**Задание №5** Оценка динамических качеств тепловоза

По результатам расчетов, рассмотренных выше, необходимо построить зависимости  $Y_I = f(v)$ ,  $Y_3 = f(v)$ , по которым для допускаемой скорости определить величину направляющего усилия  $Y_I$ .

Допускаемая скорость движения локомотива в кривой определяется из условия комфортабельности по наибольшей величине непогашенного ускорения  $a_H = 0,7 \text{ м/с}^2$ :

$$v_{\text{дон}} = \sqrt{R_D (0,008h + 0,13a_H)}$$

где  $h$  – возвышение наружного рельса в кривой, мм.

Если эта скорость выше конструкционной скорости тепловоза, то за конструкционную принимается данная допускаемая скорость.

Необходимо также определить динамические усилия действующие на тележку в кривой и являющиеся критериями безопасности движения.

## 2.5 Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации (8 семестр)

### ПК-1.10 Рассчитывает и анализирует узлы и элементы экипажной части локомотивов, основного и вспомогательного оборудования

1. Назначение и элементы экипажной части тепловоза. Основные требования, предъявляемые к экипажной части тепловоза (кузова, тележки, колесные пары, рамы тележки, рессорное подвешивание, их назначение и основные требования предъявляемые к ним).
2. Типы колесных пар и конструкция их элементов (основные типы колесных пар, оси, колесный центры, бандажи).
3. Условия работы и нагрузки действующие на колесные пары (принципы расчета осей колесных пар на прочность, основные параметры надежности колесных пар).
4. Тепловозные буксы (классификация буксовых узлов, челюстные и поводковые буксы, расчеты буксового узла тепловоза).
5. Тепловозные тележки (особенности конструкции, условия работы, связь кузова с тележками).
6. Рессорное подвешивание тепловоза (определение, назначение и условия работы рессорного подвешивания, элементы рессорного подвешивания).
7. Разновидности схем и конструкций тепловозного рессорного подвешивания.
8. Листовые рессоры (конструкция, материал, технология изготовления, расчет листовых рессор на прочность, трение в листовых рессорах, характеристика листовых рессор).
9. Цилиндрические пружины и резиновые амортизаторы (основные параметры и расчеты цилиндрических пружин и резиновых амортизаторов).
10. Поводковые буксы, как упругие элементы рессорного подвешивания (конструкция буксовых узлов двухповодковые буксовые узлы, достоинства и недостатки).
11. Пневматические рессоры (конструкция, разновидности и расчет пневморессор).
12. Тяговые приводы тепловозов (индивидуальный и групповой тяговые приводы, способы подвешивания тяговых двигателей).
13. Классификация тяговых приводов тепловозов (приводы первого, второго, третьего класса, тяговые приводы типа Альстом, Сименс и прочие приводы, особенности привода на тепловозах с гидроредукцией).
14. Главные рамы тепловозов, их конструкции. Силы, действующие на главную раму и принципы расчета рам.
15. Автосцепка и поглощающие аппараты (конструкция, основные элементы автосцепных устройств и поглощающих аппаратов требования).
16. Типы кузовов тепловозов (вагонные, капотные, несущие кузова, их конструкция и расчеты).
17. Кабина машиниста, ее оборудование (основные требования, эргономика, расположение приборных панелей).
18. Тепловой и аэродинамический методы расчета охлаждающих устройств и выбор вентиляторных установок тепловоза (принцип расчета, подбор необходимых элементов в зависимости от условий эксплуатации).

## 2.6 Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации (9 семестр)

### ПК-1.10 Рассчитывает и анализирует узлы и элементы экипажной части локомотивов, основного и вспомогательного оборудования

1. Вспомогательное оборудование тепловоза (классификация вспомогательного оборудования, условия работы и требования, предъявляемые к ним).
2. Основные системы тепловоза (разновидности конструкции, основные элементы, требования предъявляемые к ним).
3. Газотурбовозы (компоновка, основные параметры и технико-экономические показатели газотурбовозов на различных видах топлива).
4. Газотепловозы (компоновка, основные параметры и технико-экономические показатели газотепловозов на различных видах топлива).
5. Дизельные поезда с различными типами передач (существующие дизельные поезда, основные параметры, силовая передача, перспективы создания новых дизельных поездов).
6. Топливная система тепловоза (разновидности конструкции, основные элементы, требования предъявляемые к ним).
7. Масляная система тепловоза (разновидности конструкции, основные элементы, требования предъявляемые к ним).
8. Водяная система тепловоза (разновидности конструкции, основные элементы, требования предъявляемые к ним).
9. Система воздухообеспечения (разновидности конструкции, основные элементы, требования предъявляемые к ним).
10. Вибрация главной рамы и кузова тепловоза. Определение частотного спектра и интенсивности вибрации. Нормирование уровня вибрации и шума на тепловозе.
11. Отечественные и зарубежные перспективные энергосберегающие проекты локомотивов.

**ПК-7.1 Применяет знание основ конструирования локомотивов, конструкций экипажной части основного и вспомогательного оборудования, основы проектирования и моделирования процессов, узлов и агрегатов локомотивов и локомотивных энергетических установок**

1. Тяговая характеристика тепловоза. Образование силы тяги (расчет и построение тяговой характеристики, расчет силы тяги, коэффициент сцепления колеса с рельсом, вращающий момент).
2. Ограничения силы тяги по условиям сцепления колес с рельсами, по условиям реализации мощности дизеля, по наибольшей (конструктивной) скорости (расчет и построения тяговой характеристики, пороговая скорость, ее определение, ограничители силы тяги).
3. Габаритные, весовые ограничения. Разновидности габаритов (существующие основные габариты, требования, ограничения, сцепной вес, служебная масса).
4. Стадии проектирования тепловозов. Определение основных параметров (существующие стадии разработки конструкторской документации, этапы выполнения работ, определение расчетной касательной мощности, сцепного веса, числа колесных пар, диаметр движущих колес локомотива, базу локомотива и тележки).
5. Движение локомотива в кривой (мероприятия, облегчающие движение железнодорожного экипажа в кривой, движение колесной пары и железнодорожного экипажа в кривой).
6. Геометрическое вписывание локомотива в кривые. Графические методы вписывания локомотива в кривой участок пути. Метод круговой диаграммы.
7. Геометрическое вписывание локомотива в кривые. Аналитические методы вписывания локомотива в кривой участок пути. Метод параболической диаграммы.
8. Динамическое вписывание локомотива в кривые. Предпосылки динамического вписывания.
9. Силы, действующие на локомотив в кривой. Решение задачи динамического вписывания аналитическим методом.
10. Горизонтальные паспорта тепловозов (построение горизонтальных паспортов локомотива, критерии безопасности движения локомотива в кривой).

Перечень вопросов к защите курсового проекта:

**1. Определение основных параметров тепловоза.**

- 1.1 Какие основные параметры тепловоза определены?
- 1.2 Что такое тяговая характеристика и как она построена?
- 1.3 Какие элементы на тяговой характеристике присутствуют и что они означают?
- 1.4 Как определены числа зубьев шестерни и зубчатого колеса тягового редуктора?

1.5 Каким образом проверяется правильность принятых значений чисел зубьев редуктора?

## **2. Определение основных параметров экипажной части тепловоза.**

2.1 Какова осевая формула тепловоза?

2.2 Каким образом определены межосевые расстояния тележки и почему именно так?

2.3 Каким образом определены расстояния от оси колесной пары до края тележки и почему именно так?

2.4 Каким образом определена длина тепловоза?

2.5 Что такое база тепловоза?

## **3. Описание оборудования и экипажа тепловоза.**

*Для полного ответа по данному разделу необходимо знать расположение оборудования на компоновочной схеме (чертеж) и его основных узлов и агрегатов, и показывать на схеме, также описать передачу тягового усилия от тягового двигателя к колесной паре и приведение в движение тепловоза.*

## **4. Расчеты на прочность упругих элементов рессорного подвешивания.**

4.1 Какие упругие элементы рессорного подвешивания рассчитаны на прочность?

4.2 Какие напряжения возникают в данных элементах при деформации?

4.3 Какие определяющие параметры элементов рассчитаны?

4.4 Описать схему конструкции рессорного подвешивания по ступеням.

## **5. Геометрическое вписывание экипажа тепловоза в кривую.**

5.1 Цель решения задачи геометрического вписывания экипажа тепловоза в кривую.

5.2 Описать последовательность геометрических построений.

5.3 Какие положения экипажа в кривой рассматривались?

5.4 Какие ключевые параметры определены?

## **6. Динамическое вписывание экипажа тепловоза в кривую.**

6.1 Цель решения задачи динамического вписывания экипажа тепловоза в кривую.

6.2 Какие основные силовые факторы действуют на экипаж в кривой?

6.3 Какие основные силовые факторы подлежат определению?

6.4 Что такое «горизонтальный динамический паспорт» тепловоза?

6.5 Описать критерии безопасности и комфортабельности движения тепловоза в кривой.

**Прим.** При защите можно пользоваться отдельными графическими материалами работы (чертежи, тяговая характеристика, динамический паспорт).

## **3. Методические материалы, определяющие процедуру и критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации**

### **Критерии формирования оценок по ответам на вопросы, выполнению тестовых заданий**

- оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы составляет 100 – 90% от общего объема заданных вопросов;

- оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на вопросы – 89 – 76% от общего объема заданных вопросов;

- оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов на тестовые вопросы – 75–60 % от общего объема заданных вопросов;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если количество правильных ответов – менее 60% от общего объема заданных вопросов.

### **Критерии формирования оценок по результатам выполнения заданий, курсового проекта**

«Отлично/зачтено» – ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.

«Хорошо/зачтено» – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.

«Удовлетворительно/зачтено» – ставится за работу, если обучающийся правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной

грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.

**«Неудовлетворительно/не зачтено»** – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

*Виды ошибок:*

- *грубые ошибки: незнание основных понятий, правил, норм; незнание приемов решения задач; ошибки, показывающие неправильное понимание условия предложенного задания.*

- *негрубые ошибки: неточности формулировок, определений; нерациональный выбор хода решения.*

- *недочеты: нерациональные приемы выполнения задания; отдельные погрешности в формулировке выводов; небрежное выполнение задания.*

### **Критерии формирования оценок по экзамену и зачету**

**«Отлично/зачтено»** – студент приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний, не допустил логических и фактических ошибок

**«Хорошо/зачтено»** – студент приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний; допустил незначительные ошибки и неточности.

**«Удовлетворительно/зачтено»** – студент допустил существенные ошибки.

**«Неудовлетворительно/не зачтено»** – студент демонстрирует фрагментарные знания изучаемого курса; отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки.