

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Гаранин Максим Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.07.2026 11:04:12  
Уникальный программный ключ:  
7708e3a47e66a8ee02711b298d7c78bd1e40bf88

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ПРИВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

## Динамика электроподвижного состава рабочая программа дисциплины (модуля)

Специальность 23.05.03 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ  
Специализация Электрический транспорт железных дорог

Квалификация **инженер путей сообщения**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах:

экзамены 7  
курсовые работы 7

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	уп	ип	уп	ип
Неделя	16			
Вид занятий	уп	ип	уп	ип
Лекции	16	16	16	16
Практические	16	16	16	16
Конт. ч. на аттест.	1	1	1	1
Конт. ч. на аттест. в период ЭС	2,3	2,3	2,3	2,3
В том числе в форме практ.подготовки	50	50	50	50
Итого ауд.	32	32	32	32
Контактная работа	35,3	35,3	35,3	35,3
Сам. работа	84	84	84	84
Часы на контроль	24,7	24,7	24,7	24,7
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*к.т.н., доцент, Тычков А.С.*

Рабочая программа дисциплины

**Динамика электроподвижного состава**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог (приказ Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 215)

составлена на основании учебного плана: 23.05.03-25-5-ПСЖДэт.pli.plx

Специальность 23.05.03 ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ Направленность (профиль) Электрический транспорт железных дорог

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Тяговый подвижной состав**

Зав. кафедрой к.т.н., доцент Шепелин П. В.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Целью дисциплины является подготовка к ведению аналитической деятельности в области основ динамики электроподвижного состава (ЭПС) по специальности 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог» специализации 23.05.03 «Подвижной состав железных дорог» специализации «Электрический транспорт железных дорог» посредством обеспечения этапов формирования компетенций, предусмотренных учебным планом, в части представленных ниже знаний, умений и владений.
1.2	Задачами дисциплины является изучение понятийного аппарата дисциплины, основных теоретических положений и методов, развитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.03

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-2	Способен разрабатывать и оценивать конструкторские решения для механического оборудования электроподвижного состава
ПК-2.1	Использует знания устройств, принципов действия и режимов работы основного механического оборудования электроподвижного состава на основе законов статики и динамики
ПК-2.2	Выполняет оценку основных динамических свойств, действующих на оборудование с применением упрощенных моделей электроподвижного состава

**В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен**

<b>3.1</b>	<b>Знать:</b>
3.1.1	Причины возникновения динамических явлений в элементах механической части ЭПС
3.1.2	Способы описания причин возникновения динамических явлений в механической части ЭПС
<b>3.2</b>	<b>Уметь:</b>
3.2.1	Использовать методы математического моделирования и исследования динамики ЭПС
3.2.2	Выполнять расчеты параметров и характеристик, описывающих динамические свойства ЭПС
<b>3.3</b>	<b>Владеть:</b>
3.3.1	Основами использования способов математического исследования динамики ЭПС
3.3.2	Навыками использования численных методов решения задач динамики ЭПС

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
	<b>Раздел 1. Подвижной состав и железнодорожный путь - единая динамическая система</b>			
1.1	Динамика ЭПС как научная основа определения нагруженности деталей и узлов, оценки ходовых качеств конструкции и условий её безопасного движения по железнодорожному пути /Лек/	7	2	
1.2	Определение поэлементной и эквивалентной жесткости рессорного подвешивания /Пр/	7	2	Практическая подготовка
1.3	Методика составления уравнений колебаний динамической модели экипажа. Принцип Даламбера /Лек/	7	2	
1.4	Определение жесткости резино-металлических элементов поводков буксового узла /Пр/	7	2	Практическая подготовка
	<b>Раздел 2. Уравнения колебаний динамических систем</b>			
2.1	Составление уравнений вертикальных колебаний упрощенных динамических моделей /Лек/	7	2	
2.2	Определение нагрузочной характеристики пневморессоры /Пр/	7	2	Практическая подготовка
2.3	Свободные колебания динамических систем. Свободные колебания в недемпфированной системе и системе с гидравлическим гасителем /Лек/	7	2	
2.4	Определение амплитуды колебаний экипажной части ЭПС /Пр/	7	2	Практическая подготовка
2.5	Свободные колебания динамических систем. Свободные колебания в недемпфированной системе и системе с гидравлическим гасителем /Лек/	7	2	
2.6	Определение динамических сил при взаимодействии ЭПС с неровностями пути. Оценка параметра сопротивления гидравлического гасителя колебаний /Пр/	7	2	Практическая подготовка

	<b>Раздел 3. Принципы составления матричной формы записи уравнений колебаний динамических систем</b>			
3.1	Матричная форма записи уравнений колебаний. Составление уравнений колебаний в матричной форме на примере модели с двумя степенями свободы /Лек/	7	2	
3.2	Исследование колебаний подпрыгивания экипажа с одноступенчатым рессорным подвешиванием /Пр/	7	2	Практическая подготовка
3.3	Вынужденные колебания динамических систем. Частотный метод исследования вынужденных колебаний /Лек/	7	2	
3.4	Исследование влияния параметров двухступенчатого рессорного подвешивания на вертикальные колебания ЭПС /Пр/	7	2	Практическая подготовка
	<b>Раздел 4. Оценка динамических качеств механической части ЭПС</b>			
4.1	Методика получения выражений амплитудных частотных и фазовых частотных характеристик. Преобразование частотных характеристик системы. Амплитудные частотные и фазовые частотные характеристики системы /Лек/	7	1	
4.2	Исследование колебаний подпрыгивания и галопирования двухосной тележки /Пр/	7	1	Практическая подготовка
4.3	Показатели динамических качеств механической части. Понятие о качестве механической части ЭПС. Показатели, оценивающие виброзащитные свойства механической части. Показатели безопасности движения Показатели плавности хода /Лек/	7	1	
4.4	Исследование продольных колебаний подвижного состава /Пр/	7	1	Практическая подготовка
	<b>Раздел 5. Самостоятельная работа</b>			
5.1	Подготовка к лекционным занятиям /Ср/	7	8	
5.2	Подготовка к практическим занятиям /Ср/	7	16	
5.3	Выполнение курсовой работы /Ср/	7	35	Практическая подготовка
5.4	Колебания при случайных возмущениях /Ср/	7	8	
5.5	Особенности боковых колебаний ЭПС /Ср/	7	8	
5.6	Движение колесной пары с учетом деформации бандажа и рельса. Силы крипа /Ср/	7	9	
	<b>Раздел 6. Контактные часы на аттестацию</b>			
6.1	Защита курсовой работы /КА/	7	1	
6.2	Консультация /КЭ/	7	2	
6.3	Сдача экзамена /КЭ/	7	0,3	
<b>5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>				
<p>Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.</p> <p>Формы и виды текущего контроля по дисциплине (модулю), виды заданий, критерии их оценивания, распределение баллов по видам текущего контроля разрабатываются преподавателем дисциплины с учетом ее специфики и доводятся до сведения обучающихся на первом учебном занятии.</p> <p>Текущий контроль успеваемости осуществляется преподавателем дисциплины (модуля) в рамках контактной работы и самостоятельной работы обучающихся. Для фиксирования результатов текущего контроля может использоваться ЭИОС.</p>				
<b>6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>				
<b>6.1. Рекомендуемая литература</b>				

<b>6.1.1. Основная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л1.1	Буйносов А.П.	Основы механики подвижного состава: конспект лекций	, 2018	<a href="https://e.lanbook.com/bo">https://e.lanbook.com/bo</a>
<b>6.1.2. Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Эл. адрес
Л2.1	Бирюков В.В.	Конструкция и расчёт механического оборудования электроподвижного состава: учебник	, 2017	<a href="https://e.lanbook.com/bo">https://e.lanbook.com/bo</a>
<b>6.2 Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)</b>				
<b>6.2.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения</b>				
6.2.1.1	Microsoft Office			
<b>6.2.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем</b>				
6.2.2.1	База данных совета по железнодорожному транспорту государств - участников			
6.2.2.2	Содружества - <a href="http://www.sovetgt.org">www.sovetgt.org</a>			
6.2.2.3	База данных Объединения производителей железнодорожной техники -			
6.2.2.4	<a href="http://www.opzt.ru">www.opzt.ru</a>			
6.2.2.5	База данных Росстандарта –			
6.2.2.6	<a href="https://www.gost.ru/portal/gost/">https://www.gost.ru/portal/gost/</a>			
6.2.2.7	База данных Государственных стандартов:			
6.2.2.8	<a href="http://gostexpert.ru/">http://gostexpert.ru/</a>			
6.2.2.9	База Данных АСПИЖТ			
6.2.2.10	Открытые данные Росжелдора			
<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>				
7.1	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование для предоставления учебной информации большой аудитории и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное).			
7.2	Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения: мультимедийное оборудование и/или звукоусиливающее оборудование (стационарное или переносное)			
7.3	Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.			
7.4	Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.			

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

**Динамика электроподвижного состава**

---

*(наименование дисциплины(модуля))*

Направление подготовки / специальность

23.05.05 Подвижной состав железных дорог

---

*(код и наименование)*

Направленность (профиль)/специализация

Электрический транспорт железных дорог

---

*(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: экзамен (7 семестр/ЗФО 4 курс), курсовая работа (7 семестр/ЗФО 4 курс).

### Перечень компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Код индикатора достижения компетенции
ПК-2. Способен разрабатывать и оценивать конструкторские решения для механического оборудования электроподвижного состава	ПК-2.1. Использует знания устройств, принципов действия и режимов работы основного механического оборудования электроподвижного состава на основе законов статики и динамики
	ПК-2.2. Выполняет оценку основных динамических свойств, действующих на оборудование с применением упрощенных моделей электроподвижного состава

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные материалы
ПК-2.1. Использует знания устройств, принципов действия и режимов работы основного механического оборудования электроподвижного состава на основе законов статики и динамики	Обучающийся знает: причины возникновения динамических явлений в элементах механической части ЭПС	Вопросы (1 – 20)
	Обучающийся умеет: использовать методы математического моделирования и исследования динамики ЭПС	Задания (1 – 5)
	Обучающийся владеет: основами использования способов математического исследования динамики ЭПС	Задания (6 – 10)
ПК-2.2. Выполняет оценку основных динамических свойств, действующих на оборудование с применением упрощенных моделей электроподвижного состава	Обучающийся знает: способы описания причин возникновения динамических явлений в механической части ЭПС	Вопросы (21 – 40)
	Обучающийся умеет: выполнять расчеты параметров и характеристик, описывающих динамические свойства ЭПС	Задания (11 – 15)
	Обучающийся владеет: навыками использования численных методов решения задач динамики ЭПС	Задания (16 – 20)

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

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

Промежуточная аттестация (курсовая работа) проводится в одной из следующих форм:

- 1) собеседование;
- 2) выполнение заданий в ЭИОС университета.



## 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

Проверяемый образовательный результат:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-2.1. Использует знания устройств, принципов действия и режимов работы основного механического оборудования электроподвижного состава на основе законов статики и динамики	Обучающийся знает: причины возникновения динамических явлений в элементах механической части ЭПС

*Примеры вопросов/заданий*

#### **1. Когда возникают свободные колебания?**

- а) при отсутствии переменного внешнего воздействия вследствие однократного действия возмущений
- б) при наличии переменного внешнего воздействия вследствие однократного действия возмущений
- в) при наличии переменного внешнего воздействия вследствие многократного действия возмущений
- г) при наличии переменного внутреннего воздействия вследствие многократного действия возмущений

#### **2. В каких условиях возникают вынужденные колебания?**

- а) при отсутствии внешних воздействий
- б) в процессе резонанса
- в) под действием внутренних сил в системе
- г) под действием возмущающих факторов или возбудителей колебаний

#### **3. Какие виды из указанных колебаний являются поступательными?**

- а) подпрыгивание
- б) боковой относ
- в) подергивание
- г) все вышеперечисленные

#### **4. Какой вид колебаний испытывает динамическая модель экипажа вдоль вертикальной оси координат?**

- а) подпрыгивание
- б) боковой относ
- в) подергивание
- г) все вышеперечисленное

#### **5. Какой вид колебаний испытывает динамическая модель экипажа поперек оси пути?**

<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.

- а) подпрыгивание
- б) боковой относ
- в) подергивание
- г) все вышеперечисленное

**6. Какой вид колебаний испытывает динамическая модель экипажа вдоль оси пути?**

- а) подпрыгивание
- б) боковой относ
- в) подергивание
- г) все вышеперечисленное

**7. Установившиеся колебания возникают при:**

- а) движении экипажа с постоянной скоростью по прямым участкам пути, без переломов профиля
- б) движении экипажа с различной скоростью по прямым участкам пути, без переломов профиля
- в) движении экипажа с постоянной скоростью по участкам пути, без переломов профиля
- г) движении экипажа в кривых

**8. Неустановившиеся колебания возникают в следующих режимах:**

- а) проход одиночной неровности пути
- б) вход в кривую и выход из кривой
- в) трогание и разгон, изменение скорости движения
- г) переход переломов профиля
- д) все перечисленное

**9. Какие виды из указанных колебаний являются угловыми (вращательными)?**

- а) боковая качка
- б) галопирование
- в) виляние
- г) все вышеперечисленные

**10. При изучении колебаний обычно выделяют следующие группы:**

- а) вертикальные
- б) продольные
- в) поперечные (боковые)
- г) все вышеперечисленные

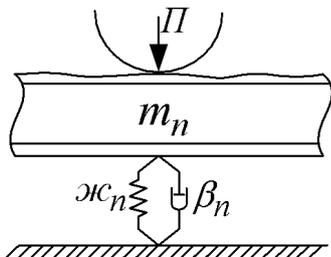
**11. Возмущения, вызывающие вынужденные колебания, можно разделить на три вида. Выберите тот вид, которого не существует.**

- а) статические
- б) кинематические
- в) силовые
- г) параметрические

**12. Что приближенно учитывает переменность свойств пути по его длине?**

- а) условная геометрическая неровность
- б) эквивалентная геометрическая неровность
- в) нормальная геометрическая неровность
- г) рабочая геометрическая неровность

13. Схема, какой модели пути, представлена ниже?

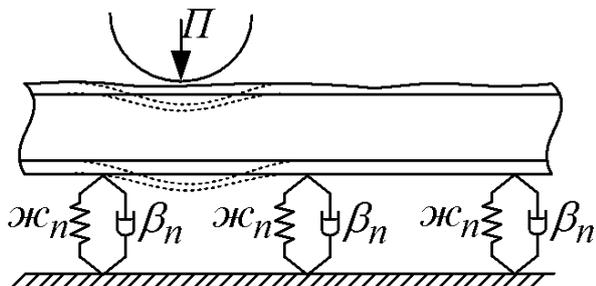


- а) дискретная
- б) континуальная
- в) детерминированная
- г) вероятностная

14. Элементы, деформация которых сопровождается рассеянием энергии, обусловленным действием сил поверхностного или внутреннего трения, называются:

- а) жесткими
- б) упругими
- в) диссипативными
- г) нейтральными

15. Схема, какой модели пути, представлена ниже?



- а) дискретная
- б) континуальная
- в) детерминированная
- г) вероятностная

16. Элементы, деформация которых сопровождается рассеянием энергии, обусловленным действием сил поверхностного или внутреннего трения, называются:

- а) жесткими
- б) упругими
- в) диссипативными
- г) нейтральными

17. Элементы, передающие силовые воздействия между отдельными телами, уменьшающие их относительное перемещение, не изменяя при этом число степеней свободы, называются:

- а) жесткими
- б) упругими
- в) диссипативными
- г) нейтральными

18. Жесткость элемента измеряется в следующих единицах:

- а) Н/кг
- б) Н·м
- в) Н/м
- г) Н/с

19. Коэффициент вязкого трения (сопротивления) гидравлического гасителя колебаний

**имеет следующий физический смысл:**

- а) это ускорение, которое необходимо приложить к поршню гидравлического гасителя для его перемещения со скоростью 1 м/с
- б) это сила, которую необходимо приложить к поршню гидравлического гасителя для его перемещения на 1 см
- в) это работа, которую необходимо совершить поршню гидравлического гасителя для его перемещения на 1 см
- г) это сила, которую необходимо приложить к поршню гидравлического гасителя для его перемещения со скоростью 1 м/с

**20. Пневморессоры обладают характеристиками следующего типа гасителя:**

- а) упругодиссипативного
- б) упруговязкого
- в) упругофрикционного
- г) упругоизолированного

ПК-2.2. Выполняет оценку основных динамических свойств, действующих на оборудование с применением упрощенных моделей электроподвижного состава

Обучающийся знает: способы описания причин возникновения динамических явлений в механической части ЭПС

*Примеры вопросов/заданий*

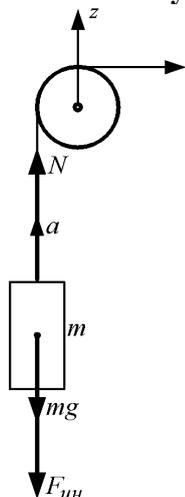
**21. Какому принципу соответствует определение: если к действующей на тело активной силе и реакции связи приложить дополнительную силу инерции, то тело будет находиться в равновесии?**

- а) Д'Аламбера
- б) Ньютона
- в) Гюйгенса
- г) Ферма

**22. Вектор, численно равный произведению массы на ускорение и направленный против ускорения называется силой .... :**

- а) торможения
- б) инерции
- в) противодействия
- г) замедления

**23. Чему равна реакция N?**



- а)  $N = mg$
- б)  $N = ma$
- в)  $N = m(g + a)$
- г)  $N = m(g - a)$

**24. Механическую модель подвижного состава, описанную системой**

**дифференциальных уравнений называют**

- а) системой Лагранжа
- б) моделью Д'Аламбера
- в) динамической системой
- г) динамической моделью

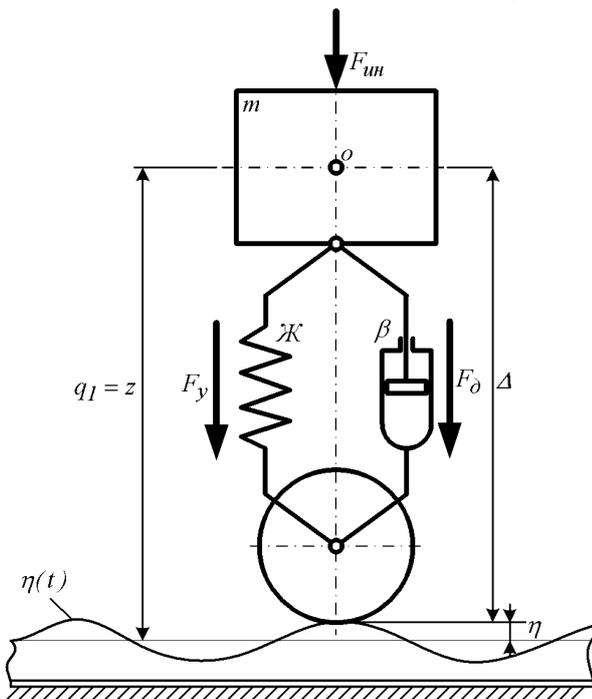
**25. Модель экипажа имеет набор следующих параметров:**

- а) инерционные характеристики
- б) характеристики элементов соединений
- в) геометрические размеры
- г) все перечисленное

**26. Что такое число степеней свободы?**

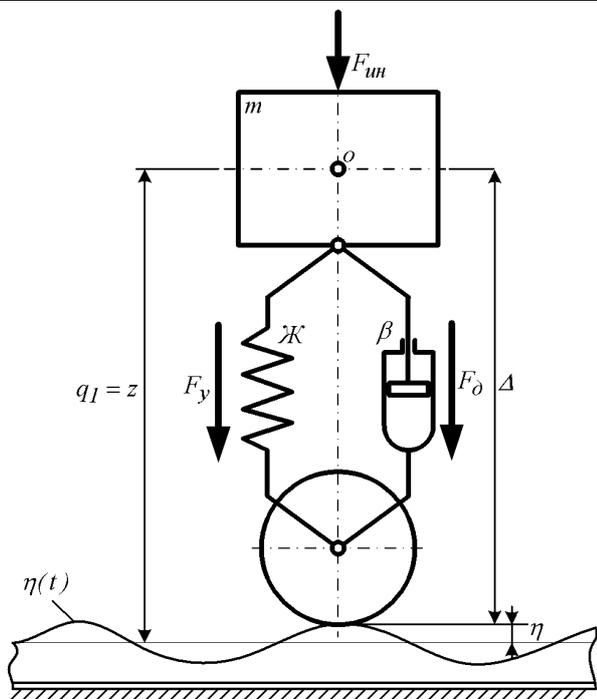
- а) число дополнительных связей, которые необходимо наложить на систему, чтобы сделать равными нулю все возможные перемещения
- б) число связей, которые необходимо наложить на систему, чтобы ограничить перемещения в горизонтальной плоскости
- в) число связей, которые необходимо наложить на систему, чтобы ограничить перемещения в вертикальной плоскости
- г) число связей, которые необходимо наложить на систему, чтобы ограничить все угловые перемещения

**27. На схеме представлена следующая динамическая модель:**



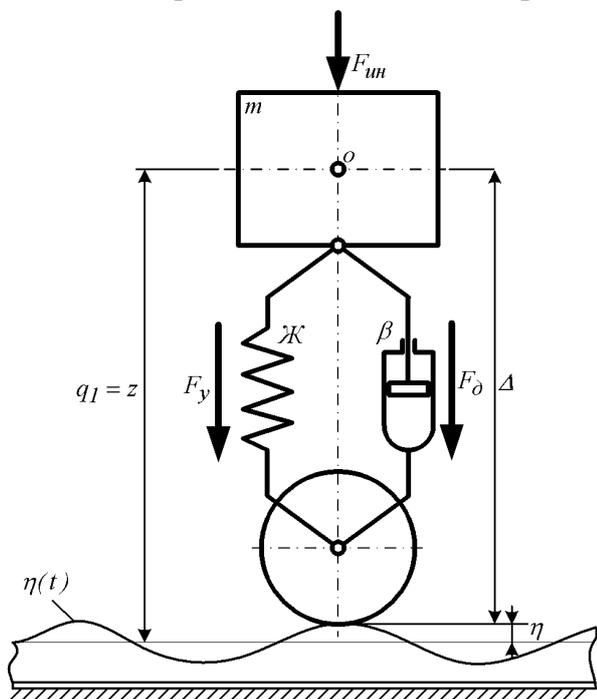
- а) модель с одной степенью свободы при силовом возмущении
- б) модель с одной степенью свободы при кинематическом возмущении
- в) модель с одной степенью свободы при параметрическом возмущении
- г) модель с двумя степенями свободы при кинематическом возмущении

**28. На представленной схеме параметр Ж является следующей величиной:**



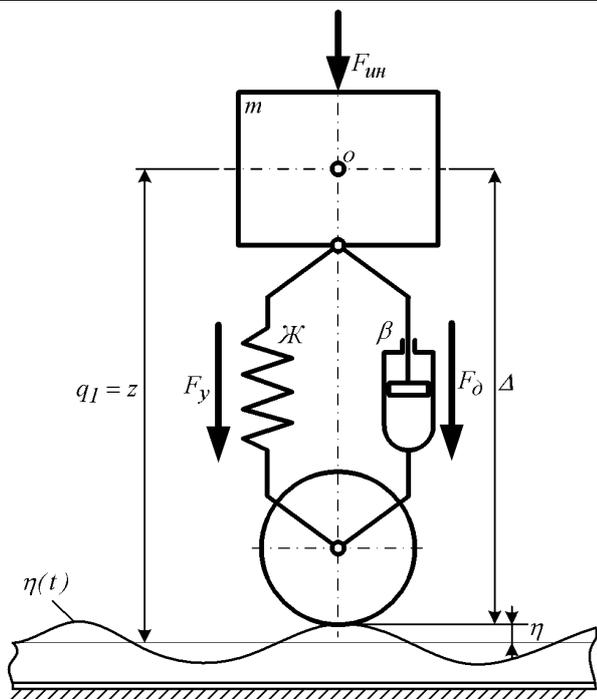
- а) массой кузова и тележек
- б) амплитудой неровности
- в) жесткостью рессорного подвешивания
- г) коэффициентом затухания рессорного подвешивания

29. На представленной схеме параметр  $\beta$  является следующей величиной:



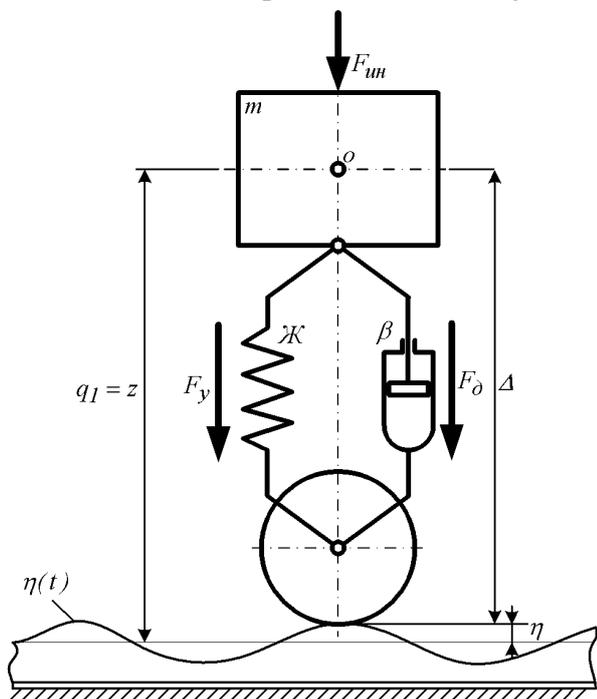
- а) массой кузова и тележек
- б) амплитудой неровности
- в) жесткостью рессорного подвешивания
- г) коэффициентом затухания рессорного подвешивания

30. На представленной схеме параметр  $\eta$  является следующей величиной:



- а) массой кузова и тележек
- б) амплитудой неровности
- в) жесткостью рессорного подвешивания
- г) коэффициентом затухания рессорного подвешивания

31. На схеме представлена следующая динамическая модель:



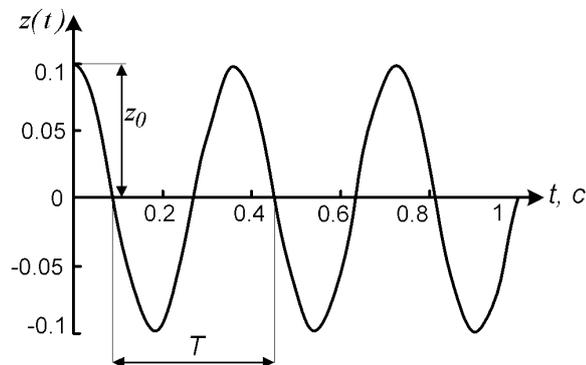
- а) модель с одной степенью свободы при силовом возмущении
- б) модель с одной степенью свободы при кинематическом возмущении
- в) модель с одной степенью свободы при параметрическом возмущении
- г) модель с двумя степенями свободы при кинематическом возмущении

32. На схеме представлена следующая динамическая модель:



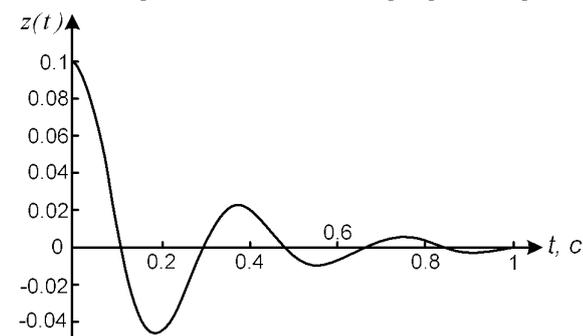
- а)  $\sqrt{Ж/м}$
- б)  $\sqrt{м/Ж}$
- в)  $4\sqrt{мЖ}$
- г)  $2\sqrt{мЖ}$

39. Представленный график характеризует следующий процесс:



- а) свободные колебания в системе без гасителя
- б) свободные колебания в системе с гасителем
- в) свободные колебания в системе с гасителем при условии  $\beta < \beta_{кр}$
- г) свободные колебания в системе с гасителем при условии  $\beta > \beta_{кр}$

40. Представленный график характеризует следующий процесс:



- а) свободные колебания в системе без гасителя
- б) свободные колебания в системе с гасителем
- в) свободные колебания в системе с гасителем при условии  $\beta < \beta_{кр}$
- г) свободные колебания в системе с гасителем при условии  $\beta > \beta_{кр}$

## 2.2 Типовые задания для оценки навыкового образовательного результата

Проверяемый образовательный результат:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-2.1. Использует знания устройств, принципов действия и режимов работы основного механического оборудования электроподвижного состава на основе законов статики и динамики	Обучающийся умеет: использовать методы математического моделирования и исследования динамики ЭПС

Примеры вопросов/заданий

### Задание 1

Определить продольную силу трения  $V_1$ , возникающую на 1-ом колесе двухосной тележки ЭПС при заданных условиях движения в кривой. Исходные данные:  $2P_{ст} = 180кН$ ;  $k_{тр}=0,25$ ;  $2Sp=1,6м$ ;

$2a=2,6\text{м}; x_c=0,3\text{м}; 2R_{св}=20\text{кН}.$

### **Задание 2**

Определить продольную силу трения  $V_2$ , возникающую на 2-ом колесе двухосной тележки ЭПС при заданных условиях движения в кривой. Исходные данные:  $2P_{ст} = 190\text{кН}; k_{тр}=0,25; 2Sp=1,6\text{м}; 2a=2,6\text{м}; x_c=0,4\text{м}; 2R_{св}=22\text{кН}.$

### **Задание 3**

Определить продольную силу трения  $V_3$ , возникающую на 3-ем колесе двухосной тележки ЭПС при заданных условиях движения в кривой. Исходные данные:  $2P_{ст} = 200\text{кН}; k_{тр}=0,25; 2Sp=1,6\text{м}; 2a=2,6\text{м}; x_c=0,3\text{м}; 2R_{св}=24\text{кН}.$

### **Задание 4**

Определить поперечную силу трения  $H_4$ , возникающую на 4-ом колесе двухосной тележки ЭПС при заданных условиях движения в кривой. Исходные данные:  $2P_{ст} = 210\text{кН}; k_{тр}=0,25; 2Sp=1,6\text{м}; 2a=2,6\text{м}; x_c=0,5\text{м}; 2R_{св}=26\text{кН}.$

### **Задание 5**

Определить поперечную силу трения  $H_2$ , возникающую на 2-ем колесе двухосной тележки ЭПС при заданных условиях движения в кривой. Исходные данные:  $2P_{ст} = 220\text{кН}; k_{тр}=0,25; 2Sp=1,6\text{м}; 2a=2,6\text{м}; x_c=0,6\text{м}; 2R_{св}=28\text{кН}.$

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-2.1. Использует знания устройств, принципов действия и режимов работы основного механического оборудования электроподвижного состава на основе законов статики и динамики	Обучающийся владеет: основами использования способов математического исследования динамики ЭПС

*Примеры вопросов/заданий*

### **Задание 6**

Определить силу удара колеса о рельс при наличии на колесе ползуна  $Z_n = 0,04$  м. Скорость движения 20 м/с, жесткость в контакте колеса и рельса  $c = 10^5$  т/м, масса колеса 1,6 т, приведенная масса рельса 0,15 т, диаметр колеса 1,25 м.

### **Задание 7**

Определить силу удара колеса о рельс при наличии на колесе ползуна  $Z_n = 0,035$  м. Скорость движения 22 м/с, жесткость в контакте колеса и рельса  $c = 10^5$  т/м, масса колеса 1,6 т, приведенная масса рельса 0,15 т, диаметр колеса 1,25 м.

### **Задание 8**

Определить силу удара колеса о рельс при наличии на колесе ползуна  $Z_n = 0,03$  м. Скорость движения 24 м/с, жесткость в контакте колеса и рельса  $c = 10^5$  т/м, масса колеса 1,6 т, приведенная масса рельса 0,15 т, диаметр колеса 1,25 м.

### **Задание 9**

Определить силу удара колеса о рельс при наличии на колесе ползуна  $Z_n = 0,025$  м. Скорость движения 26 м/с, жесткость в контакте колеса и рельса  $c = 10^5$  т/м, масса колеса 1,6 т, приведенная масса рельса 0,15 т, диаметр колеса 1,25 м.

### **Задание 10**

Определить силу удара колеса о рельс при наличии на колесе ползуна  $Z_n = 0,02$  м. Скорость движения 28 м/с, жесткость в контакте колеса и рельса  $c = 10^5$  т/м, масса колеса 1,6 т, приведенная масса рельса 0,15 т, диаметр колеса 1,25 м.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-2.2. Выполняет оценку основных динамических свойств, действующих на оборудование с применением упрощенных моделей электроподвижного состава	Обучающийся умеет: выполнять расчеты параметров и характеристик, описывающих динамические свойства ЭПС

*Примеры вопросов/заданий*

**Задание 11**

Определить максимальный допустимый радиус кривой, обеспечивающий необходимую плавность хода ЭПС квазиустановившегося режима движения при заданных условиях.

Исходные данные:  $V=90$  км/ч;  $h_v=90$  мм

**Задание 12**

Определить максимальный допустимый радиус кривой, обеспечивающий необходимую плавность хода ЭПС квазиустановившегося режима движения при заданных условиях.

Исходные данные:  $V=100$  км/ч;  $h_v=100$  мм

**Задание 13**

Определить максимальный допустимый радиус кривой, обеспечивающий необходимую плавность хода ЭПС квазиустановившегося режима движения при заданных условиях.

Исходные данные:  $V=110$  км/ч;  $h_v=110$  мм

**Задание 14**

Определить максимальный допустимый радиус кривой, обеспечивающий необходимую плавность хода ЭПС квазиустановившегося режима движения при заданных условиях.

Исходные данные:  $V=120$  км/ч;  $h_v=120$  мм

**Задание 15**

Определить максимальный допустимый радиус кривой, обеспечивающий необходимую плавность хода ЭПС квазиустановившегося режима движения при заданных условиях.

Исходные данные:  $V=130$  км/ч;  $h_v=130$  мм

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Образовательный результат
ПК-2.2. Выполняет оценку основных динамических свойств, действующих на оборудование с применением упрощенных моделей электроподвижного состава	Обучающийся владеет: навыками использования численных методов решения задач динамики ЭПС

*Примеры вопросов/заданий*

**Задание 16**

Определить максимальную допустимую скорость движения  $V$  по кривой, обеспечивающую необходимую плавность хода ЭПС в квазиустановившемся режиме при заданных условиях.

Исходные данные:  $R=1500$ ;  $h_v=120$  мм

**Задание 17**

Определить максимальную допустимую скорость движения  $V$  по кривой, обеспечивающую необходимую плавность хода ЭПС в квазиустановившемся режиме при заданных условиях.

Исходные данные:  $R=2000$  м;  $h_v=110$  мм

**Задание 18**

Определить максимальную допустимую скорость движения  $V$  по кривой, обеспечивающую необходимую плавность хода ЭПС в квазиустановившемся режиме при заданных условиях.

Исходные данные:  $R=2500$  м;  $h_v=100$  мм

**Задание 19**

Определить максимальную допустимую скорость движения  $V$  по кривой, обеспечивающую необходимую плавность хода ЭПС в квазиустановившемся режиме при заданных условиях.

Исходные данные:  $R=3000$  м;  $h_v=90$  мм

**Задание 20**

Определить максимальную допустимую скорость движения  $V$  по кривой, обеспечивающую необходимую плавность хода ЭПС в квазиустановившемся режиме при заданных условиях.

Исходные данные:  $R=3000$  м;  $h_v=80$  мм

### 2.3. Перечень вопросов для подготовки обучающихся к промежуточной аттестации (экзамену):

1. Основные задачи исследования динамических процессов
2. Виды колебаний электроподвижного состава (ЭПС) при движении по пути
3. Условия возникновения свободных колебаний
4. Условия возникновения вынужденных колебаний
5. Понятия «установившиеся и неуставившиеся колебания»
6. Классификация возмущений, вызывающие колебания
7. Модели, описывающие динамические свойства пути
8. Понятие «эквивалентная геометрическая неровность» и ее составляющие
9. Сила упругости в упругих элементах связей и ее определяющие факторы
10. Сила диссипации в диссипативных элементах связей и ее определяющие факторы
11. Сущность принципа Даламбера
12. Понятие силы инерции
13. Реакция на путь при движении одиночного колеса и ее определяющие факторы
14. Динамическая модель экипажной части
15. Параметры, характеризующие динамическая модель
16. Число степеней свободы
17. Понятие обобщенных координат
18. Определение упругих и диссипативных сил для модели с одной степенью свободы
19. Обобщенная координата, характеризующая колебания модели с одной степенью свободы
20. Приближенная оценка динамических свойств на примере модели с одной степенью свободы
21. Причины силового возмущения
22. Задачи, решаемые при силовом способе задания возмущения
23. Особенности, позволяющие учитывать при помощи плоской модели двухосного экипажа
24. Виды колебаний, исследуемые при помощи плоской модели двухосного экипажа
25. Транспортное запаздывание, факторы влияния
26. Прогибы рессорных комплектов при наличии двух видов колебаний
27. Свободные колебания в недемпфированной системе
28. Собственная частота недемпфированной системы. Периодом колебаний. Амплитуда колебаний
29. Свободные колебания в системе с гидравлическим гасителем
30. Коэффициент относительного затухания и его определяющие факторы
31. Коэффициент критического затухания и его определяющие факторы
32. Процессы, наблюдаемые в системе при условии  $n < 1$ ?
33. Процессы, наблюдаемые в системе при условии  $n > 1$ ?
34. Влияние жесткости рессорного подвешивания, массы экипажа и начальных условий на характеристики свободных колебаний
35. Методы нахождения обобщенных координат
36. Основная цель частотного метода
37. Единичные возмущения
38. Запись системы дифференциальных уравнений в матричной форме
39. Размерность матриц  $M$ ,  $B$  и  $J$  - определяющие факторы
40. Особенности учета независимости возмущения по левому и правому рельсу
41. Исследования на примере двухмассовой модели с двумя степенями свободы
42. Правило записи в матричную форму
43. Условие пропорциональности матриц  $B$  и  $J$
44. Нахождение частотной характеристики (ЧХ) системы
45. Переход из временной области в частотную при преобразовании уравнения колебаний в операторную форму
46. Параметры в качестве выходной координаты при частотном методе исследования колебаний
47. Частотные характеристики ЧХ модели с одной степенью свободы при кинематическом возмущении
48. Использование частотной характеристики (ЧХ) связей и методы их нахождения
49. Получение (частотной характеристики) ЧХ для силы в рессорном подвешивании при кинематическом возмущении
50. Получение (частотной характеристики) ЧХ системы при силовом возмущении

51. Основное отличие (частотной характеристики) ЧХ системы при силовом возмущении и кинематическом
52. Особенности выбора жесткости виброзащитных элементов силового оборудования
53. Преобразование частотных характеристик (ЧХ) динамической системы
54. Получение амплитудных частотных (АЧХ) и фазовых частотных (ФЧХ) характеристик динамической системы.
55. Сформулируйте понятие «качество». Какие имеются основные группы показателей качества?
56. Показатели динамических качеств.
57. Понятия полной массы и сцепного веса электровоза
58. Коэффициент использования сцепного веса и факторы влияющие на него
59. Показатели виброзащиты
60. Пробой подвески
61. Угол набегания колеса на рельс
62. Направляющая рамная и боковая силы
63. Основные параметры влияющие на вкатывание гребня колеса на рельс, их влияние на коэффициент запаса устойчивости колеса против схода с рельсов
64. Основные факторы сдвига пути в плане
65. «Возвышение наружного рельса» в кривом участке пути
66. Коэффициент запаса от опрокидывания локомотива в кривой
67. Термин «плавность хода». Режимы оценки данного параметра
68. непогашенное ускорение. Какое явление называют "толчком"?
69. Сущность метода оценки плавности хода по Е. Шперлингу, факторы влияния
70. Частоты колебаний наиболее вредные для организма человека

## 2.4 Курсовая работа (проект)

*Тема курсовой работы (проекта): «Расчет параметров, характеристик и анализ критериев безопасности в процессе движения электроподвижного состава».*

*Типовые исходные данные для выполнения курсовой работы (проекта):*

1. Скорость движения
2. Сила тяги
3. Масса кузова вагона с пассажирами
4. Радиус кривой
5. Возвышение наружного рельса

*Вопросы, подлежащие решению*

1. Построение расчетной схемы
2. Вертикальная статическая нагрузка
3. Изменение нагрузок при работе тяговых двигателей
4. Опрокидывающий момент от действия центробежной силы
5. Силы, действующие на тележку при движении в кривой
6. Боковое усилие между колесом и рельсом в кривой
7. Критерий безопасности движения в кривой по величине боковой силы
8. Оценка условий комфорта по поперечным ускорениям
9. Оценка безопасности движения
10. Оценка влияния динамических процессов
11. Анализ параметров элементов рессорного подвешивания в условиях динамического нагружения

*Типовые вопросы для подготовки обучающихся к защите курсовой работы (проекта):*

1. Каковы критерии оценки безопасности движения в кривой?
2. Каковы критерии оценки условий комфорта при движении?
3. Какие нагрузки, действующие на тележку, рассматриваются в работе?
4. Как определяются реакции от вертикальной статической нагрузки?
5. При каких условиях возникает опрокидывающий момент?
6. Как обеспечивается безопасность движения в кривой при действии центробежной силы?

7. Что такое допустимый коэффициент запаса устойчивости?
8. Что заставляет тележку поворачиваться и двигаться по кривой?
9. Что такое полюс вращения? Из чего складывается абсолютная скорость каждого колеса?
10. Чем характеризуется наибольший перекося движения тележки в кривой?

### **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**

- «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 заданий; 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 защите курсовой работы (проекта)**

- «Отлично»** – ставится за курсовую работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов.
- «Хорошо»** – ставится за курсовую работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.
- «Удовлетворительно»** – ставится за курсовую 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»** – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки «удовлетворительно» или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

#### **Критерии формирования оценок по экзамену**

- «Отлично»** – обучающийся приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний, не допустил логических и фактических ошибок
- «Хорошо»** – обучающийся приобрел необходимые умения и навыки, продемонстрировал навык практического применения полученных знаний; допустил незначительные ошибки и неточности.
- «Удовлетворительно»** – обучающийся допустил существенные ошибки.
- «Неудовлетворительно»** – обучающийся демонстрирует фрагментарные знания изучаемого курса; отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки.