

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО ИрГУПС)

УТВЕРЖДЕНА  
приказом и.о. ректора  
от «08» мая 2020 г. № 267-1

**Б1.В.ДВ.06.02 Основы механики деформирования деталей  
вагонов**

**рабочая программа дисциплины**

Специальность/направление подготовки – 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация/профиль – Грузовые вагоны

Квалификация выпускника – Инженер путей сообщения

Форма и срок обучения – очная форма 5 лет; заочная форма 6 лет

Кафедра-разработчик программы – Вагоны и вагонное хозяйство

Общая трудоемкость в з.е. – 3

Часов по учебному плану (УП) – 108

В том числе в форме практической подготовки (ПП) –  
16/4

(очная/заочная)

Формы промежуточной аттестации

очная форма обучения:

зачет 5 семестр

заочная форма обучения:

зачет 3 курс

**Очная форма обучения**

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	5	Итого
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*</b>	51/16	<b>51/16</b>
– лекции	17	<b>17</b>
– практические (семинарские)		
– лабораторные	34/16	<b>34/16</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	57	<b>57</b>
<b>Итого</b>	<b>108/16</b>	<b>108/16</b>

**Заочная форма обучения**

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Курс	3	Итого
Вид занятий	Часов по УП	Часов по УП
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий/ в т.ч. в форме ПП*</b>	12/4	<b>12/4</b>
– лекции	4	<b>4</b>
– практические (семинарские)		
– лабораторные	8/4	<b>8/4</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	92	<b>92</b>
<b>Зачет</b>	4	<b>4</b>
<b>Итого</b>	<b>108/4</b>	<b>108/4</b>

\* В форме ПП – в форме практической подготовки.

ИРКУТСК

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – специалитет по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог, утвержденным Приказом Минобрнауки России от 27.03.2018 г. № 215.

Программу составил(и):  
д.т.н, доцент, профессор, Л.Б. Цвик

Рабочая программа рассмотрена и одобрена для использования в учебном процессе на заседании кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», протокол от «5» марта 2020 г. № 7

Зав. кафедрой, к.т.н, доцент

В.Н. Железняк

<b>1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
<b>1.1 Цель дисциплины</b>	
1	формирование у обучающихся на творческом уровне навыков применения знаний по основным законам механики деформирования деталей и их разрушения применительно к инженерному анализу работоспособности и прочности конструктивных элементов железнодорожных вагонов
<b>1.2 Задачи дисциплины</b>	
1	передача обучающимся знания об известных аналитических решениях модельных задач строительной механики и механики деформирования, используемых при анализе нагруженности простейших несущих элементов (стержней, пластин, цилиндров и т.п.), моделирующих работу несущих элементов и узлов железнодорожных вагонов;
2	передача обучающимся знания о методах инженерного анализа элементов подвижного состава на основе аналитического и численного анализа приближённых и уточнённых математических моделей деформирования строительной механики;
3	формирование у обучающихся знаний об основных этапах и алгоритмах при выполнении прочностных, жесткостных и деформационных расчетов на стадии проектирования несущих элементов железнодорожных вагонов;
4	выработка у обучающихся навыков применения методов численного анализа различных тел базовой геометрической формы (стержней, пластин, цилиндров и т.п. тел, в том числе в трёхмерной постановке) для различных типов внешнего силового воздействия, а также при различных условиях взаимодействия этих тел с опорами и между собой
<b>1.3 Цель воспитания и задачи воспитательной работы в рамках дисциплины</b>	
Профессионально-трудовое воспитание обучающихся	
Цель профессионально-трудового воспитания – формирование у обучающихся осознанной профессиональной ориентации, понимания общественного смысла труда и значимости его для себя лично, ответственного, сознательного и творческого отношения к будущей деятельности, профессиональной этики, способности предвидеть изменения, которые могут возникнуть в профессиональной деятельности, и умению работать в изменённых, вновь созданных условиях труда. Цель достигается по мере решения в единстве следующих задач: – формирование сознательного отношения к выбранной профессии; – воспитание чести, гордости, любви к профессии, сознательного отношения к профессиональному долгу, понимаемому как личная ответственность и обязанность; – формирование психологии профессионала; – формирование профессиональной культуры, этики профессионального общения; – формирование социальной компетентности и другие задачи, связанные с имиджем профессии и авторитетом транспортной отрасли	

<b>2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП</b>	
Блок/часть ОПОП	Блок 1. Дисциплины / Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>2.1 Дисциплины и практики, на которых основывается изучение данной дисциплины</b>	
1	Дисциплина изучается на начальном этапе формирования компетенции
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых изучение данной дисциплины необходимо как предшествующее</b>	
1	Б1.О.47 Динамика вагона
2	Б1.О.53 Работоспособность нетягового подвижного состава
3	Б1.В.ДВ.04.01 Экспертиза вагонов
4	Б3.01(Д) Выполнение выпускной квалификационной работы
5	Б3.02(Д) Защита выпускной квалификационной работы

<b>3 ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ТРЕБОВАНИЯМИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>		
Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
ПК-6 Способен определять показатели надежности и безопасности при эксплуатации	ПК-6.1 Применяет типовые методы обоснования безопасной эксплуатации грузовых вагонов	Знать: нормативные показатели надежности для оценки динамических характеристик вагонов
		Уметь: оценивать эксплуатационные факторы, влияющие на надежность вагонов и безопасность движения
	ПК-6.2 Владеет методами расчета показателей	Владеть: навыками работы с отраслевыми показателями надежности и безопасности движения вагонов
		Знать: устройство и взаимодействие узлов и деталей подвижного состава, а также их моделирование на основе законов механики деформирования

грузовых вагонов	надежности и безопасности грузовых вагонов	Уметь: составлять расчётные схемы строительной механики для оценки работоспособности элементов подвижного состава
		Владеть: компьютерными технологиями, анализа деформаций и напряжений в телах простейшей формы (брусьях, пластинах, в сферических телах и цилиндрах), схематизирующих детали вагонов

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				Заочная форма				*Код индикатора достижения компетенции
		Семестр	Часы			Курс	Часы			
			Лек	Пр	Лаб		СР	Лек	Пр	
<b>1.0</b>	<b>Раздел 1. Физические основы строительной механики деформирования вагонов.</b>									
1.1	Объёмное напряжённое состояние, интенсивность напряжений, закон равновесия Ньютона для напряжений	5	1		4	3/уст.	2		6	ПК-6.1 ПК-6.2
1.2	Растяжение стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	5		4	2	3/уст.		2	6	ПК-6.1 ПК-6.2
1.3	Деформации, соотношения Коши для деформаций, интенсивность деформаций	5	2		4	3/уст.	2		6	ПК-6.1 ПК-6.2
1.4	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	5		4/2	2	3/уст.		2	6	ПК-6.1 ПК-6.2
1.5	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде NASTRAN. Связь напряжений и деформаций. Закон Гука для одномерного и общего случаев, выражения напряжений через деформации	5	2		4	3/уст.			4	ПК-6.1 ПК-6.2
1.6	Изгиб консольной балки и его анализ с помощью информационных компьютерных	5		4/2	2	3/уст.		2/2	6	ПК-6.1 ПК-6.2

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				Заочная форма				*Код индикатора достижения компетенции	
		Семестр	Часы			Курс	Часы				
			Лек	Пр	Лаб		СР	Лек	Пр		Лаб
	технологий в программной среде NASTRAN										
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Постановка и решение модельных задач строительной механики деформирования вагонов.</b>										
2.1	Уравнения теории упругости в перемещениях. Условия совместности деформаций	5	2		4	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2
2.2	Упругая работа ферменной конструкции и её анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	5		4/2	2	3/уст.		2/2		6	ПК-6.1 ПК-6.2
2.3	Плоская задача строительной механики	5	2		4	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2
2.4	Растяжение тонкой пластины с трещиной и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	5		4/2	2	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2
2.5	Осесимметричная задача теории упругости	5	2		4	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2
2.6	Моделирование с помощью информационных компьютерных технологий контактного взаимодействия упругих сферы и полупространства	5		4/2	3	3/уст.				6	ПК-6.1 ПК-6.2
2.7	Постановка задач термоупругости	5	2		4	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2
2.8	Растяжение упругого тела со сфероидальной полостью и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	5		4/2	3	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2
2.9	Метод конечных элементов (МКЭ). Дискретная	5	2		4	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2

#### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код	Наименование разделов, тем и видов работ	Очная форма				Заочная форма				*Код индикатора достижения компетенции	
		Семестр	Часы			Курс	Часы				
			Лек	Пр	Лаб		СР	Лек	Пр		Лаб
	формулировка основных законов строительной механики										
2.10	Прессовое соединение цилиндров с натягом. и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	5		4/2	3	3/уст.				6	ПК-6.1 ПК-6.2
2.11	Основные этапы и оценка достоверности результатов, полученных с помощью метода конечных элементов. Реализация метода с помощью компьютерных технологий	5	2			4	3/уст.			4	ПК-6.1 ПК-6.2
2.12	Возбуждение вынужденных затухающих колебаний упругого стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	5		2/2	2	3/уст.				4	ПК-6.1 ПК-6.2
	Форма промежуточной аттестации – зачет	5					3/зимняя		4		ПК-6.1 ПК-6.2
	Контрольная работа						3/зимняя			4	ПК-6.1 ПК-6.2
	Итого часов (без учёта часов на промежуточную аттестацию)		17	34/16	57			4	8/4	92	

#### 5 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине оформлен в виде приложения № 1 к рабочей программе дисциплины и размещен в электронной информационно-образовательной среде Университета, доступной обучающемуся через его личный кабинет

#### 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 6.1 Учебная литература 6.1.1 Основная литература

	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/ онлайн
6.1.1.1	Горшков, А. Г. Теория упругости и пластичности : учебник / А. Г. Горшков, Э. И. Старовойтов, Д. В. Тарлаковский. Москва : Физматлит, 2002. - 417с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=76683">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=76683</a> (дата обращения: 14.09.2022)	Онлайн

6.1.1.2	Цвик, Л. Б. Вычислительная механика деформирования деталей вагонов : монография / Л. Б. Цвик, Е. В. Зеньков, И. С. Бочаров. Иркутск : ИрГУПС, 2020. - 164с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/157870">https://e.lanbook.com/book/157870</a> (дата обращения: 19.04.2023)	Онлайн
6.1.1.3	Цвик, Л. Б. Компьютерные технологии расчета и проектирования подвижного состава : учебное пособие / Л. Б. Цвик, А. А. Тармаев. Москва : УМЦ ЖДТ, 2022. - 240с. - Текст: электронный. - URL: <a href="http://umczdt.ru/books/937/260738/">http://umczdt.ru/books/937/260738/</a>	Онлайн
<b>6.1.2 Дополнительная литература</b>		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/онлайн
6.1.2.1	Цвик, Л. Б. Модельные задачи вычислительной теории упругости : учебно-методическое пособие / Л. Б. Цвик, В. М. Агафонов. Иркутск : ИрГУПС, 2017. - 128с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/134733">https://e.lanbook.com/book/134733</a> (дата обращения: 19.04.2023)	Онлайн
<b>6.1.3 Учебно-методические разработки (в т. ч. для самостоятельной работы обучающихся)</b>		
	Библиографическое описание	Кол-во экз. в библиотеке/онлайн
6.1.3.1	Цвик, Л.Б. Методические указания по изучению дисциплины Б1.В.ДВ.06.02 Основы механики деформирования деталей вагонов по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог, специализация Грузовые вагоны / Л.Б. Цвик ; ИрГУПС. – Иркутск : ИрГУПС, 2023. – 13 с. - Текст: электронный. - URL: <a href="https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_669_1329_2020_1_signed.pdf">https://www.irgups.ru/eis/for_site/umkd_files/mu_669_1329_2020_1_signed.pdf</a>	Онлайн
<b>6.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>		
6.2.1	Электронная библиотека Учебно-методического центра по образованию на железнодорожном транспорте «ЭБ УМЦ ЖДТ» — <a href="https://umczdt.ru/books/">https://umczdt.ru/books/</a>	
6.2.2	Электронно-библиотечная система «Издательство Лань», <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	
6.2.3	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн», <a href="https://biblioclub.ru/">https://biblioclub.ru/</a>	
<b>6.3 Программное обеспечение и информационные справочные системы</b>		
<b>6.3.1 Базовое программное обеспечение</b>		
6.3.1.1	Microsoft Windows Professional 10, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.2	Microsoft Office Russian 2010, государственный контракт от 20.07.2021 № 0334100010021000013-01	
6.3.1.3	FoxitReader, свободно распространяемое программное обеспечение <a href="http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/">http://free-software.com.ua/pdf-viewer/foxit-reader/</a>	
6.3.1.4	Adobe Acrobat Reader DC свободно распространяемое программное обеспечение <a href="https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/">https://get.adobe.com/ru/reader/enterprise/</a>	
6.3.1.5	Яндекс. Браузер. Прикладное программное обеспечение общего назначения, Офисные приложения, лицензия – свободно распространяемое программное обеспечение по лицензии BSD License	
<b>6.3.2 Специализированное программное обеспечение</b>		
6.3.2.1	NASTRAN (Patran CAE Solid Modeling Class pack, MD Nastran Exterior Acoustics Team pack, Fatigue Complete Package Team pack, MD Adams, Easy5) сетевая версия, сертификат RE008453ISR, контракт от 25.10.2016 № 0334100010016000106-0000756-01	
6.3.2.2	MatLab Classroom, R2015a, R2015b, контракт от 09.07.2014 № 0334100010014000028-0000756-01.	
6.3.2.3	MathCAD_student 15.0 Academic License, Customer Number 434692, контракт от 03.12.2012 № 0334100010012000148-0000756-01	
6.3.2.4	КОМПАС-3D V16, количество – 50	
6.3.2.5	язык – русский	
6.3.2.6	лицензионное соглашение КАД-16-1302, КОНТРАКТ №0334100010016000113-0000756-02 от 25.11.2016г.	
<b>6.3.3 Информационные справочные системы</b>		
6.3.3.1	Не предусмотрены	
<b>6.4 Правовые и нормативные документы</b>		
6.4.1	Не предусмотрены	

**7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ,  
НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15;
---	---

	корпус Л ИрГУПС находится – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80
2	Учебная аудитория Г-307 для проведения лекционных и практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, мультимедиапроектор, экран, ноутбук (переносной). Для проведения занятий имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).
3	Компьютерный класс – «АРМ кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Д-318 для проведения практических занятий, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Основное оборудование: специализированная мебель, компьютеры с подключением к сети Интернет, обеспечивающие доступ в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты).
4	Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС. Помещения для самостоятельной работы обучающихся: – читальные залы; – учебные залы вычислительной техники А-401, А-509, А-513, А-516, Д-501, Д-503, Д-505, Д-507; – помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования – А-521

## 8 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося
Лекция	<p>Лекция (от латинского «lection» – чтение) – вид аудиторных учебных занятий. Лекция: закладывает основы научных знаний в систематизированной, последовательной, обобщенной форме; раскрывает состояние и перспективы развития соответствующей области науки и техники; концентрирует внимание обучающихся на наиболее сложных, узловых вопросах; стимулирует познавательную активность обучающихся.</p> <p>Во время лекционных занятий обучающийся должен уметь сконцентрировать внимание на изучаемых проблемах и включить в работу все виды памяти: словесную, образную и моторно-двигательную. Для этого весь материал, излагаемый преподавателем, обучающемуся необходимо конспектировать. На полях конспекта следует пометить вопросы, выделенные обучающимся для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в виде формул, рекомендуется в конспекте подчеркивать или обводить рамкой, чтобы лучше запоминались. Полезно составить краткий справочник, содержащий определения важнейших понятий лекции. К каждому занятию следует разобрать материал предыдущей лекции. Изучая материал по учебнику или конспекту лекций, следует переходить к следующему вопросу только в том случае, когда хорошо усвоен предыдущий вопрос. Ряд вопросов дисциплины может быть вынесен на самостоятельное изучение. Такое задание требует оперативного выполнения. В конспекте лекций необходимо оставить место для освещения упомянутых вопросов. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, то необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии</p>
Лабораторная работа	<p>Основной целью лабораторных работ является теоретическое обоснование, наглядное и/или экспериментальное подтверждение и/или проверка существенных теоретических положений (законов, закономерностей) анализ существующих методик и методов их реализации и т.д. Они занимают преимущественное место при изучении дисциплин обязательной части и части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1.</p> <p>Исходя из цели, содержанием лабораторных работ могут быть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- экспериментальная проверка формул, методик расчета;</li> <li>- проведение натурных измерений свойств, рабочих параметров, режимов работы при помощи лабораторного оборудования и/или стендов и макетов;</li> <li>- ознакомление, анализ и теоретические выкладки по устройству, принципу действия и способам обслуживания аппаратов, деталей машин, механизмов, процессов, протекающих в них при этом и т.д.;</li> <li>- наглядная графическая интерпретация чертежей, схем, объемных поверхностей и т.д., воспроизводимых с помощью специализированного программного обеспечения;</li> <li>- имитационное моделирование процессов, протекающих в сложных химических, физических, механических, электрических и пр. объектах;</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наглядное представление о работе персонала конкретной организации или подразделения ОАО «РЖД» посредством моделирования штатных и внештатных ситуаций в виртуальных специализированных АРМ (автоматизированных рабочих мест);</li> <li>- установление и подтверждение закономерностей (путем сравнения проведенного эксперимента и рассчитанных значений) и т.д.;</li> <li>- ознакомление с методиками проведения экспериментов, наглядным устройством стенд-макетов и пр.;</li> <li>- установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик;</li> <li>- анализ различных характеристик процессов, в том числе производственных и иных процессов;</li> <li>- расчет параметров различных явлений и процессов, смоделировать которые не возможно в реальных условиях (например, чрезвычайные ситуации и пр.);</li> <li>- наблюдение развития явлений, процессов и др.</li> </ul> <p>Допускается иное содержание лабораторных работ, если это будет способствовать реализации целей и задач дисциплины и формированию соответствующих компетенций.</p> <p>По характеру выполняемых лабораторных работ возможны:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ознакомительные работы, используемые для закрепления изученного теоретического материалы;</li> <li>- аналитические работы, используемые для получения новой информации на основе формализованных методов;</li> <li>- творческие работы, ориентированные на самостоятельный выбор подходов решения задач.</li> </ul> <p>Прежде, чем приступить к лабораторным занятиям, обучающимся необходимо повторить теоретический материал по теме работы. Каждая лабораторная работа оснащена методическими указаниями, разработанными преподавателями, ведущими дисциплину</p>
Самостоятельная работа	<p>Обучение по дисциплине «Основы механики деформирования деталей вагонов» предусматривает активную самостоятельную работу обучающегося. В разделе 4 рабочей программы, который называется «Структура и содержание дисциплины», все часы самостоятельной работы расписаны по темам и вопросам, а также указана необходимая учебная литература: обучающийся изучает учебный материал, разбирает примеры и решает разноуровневые задачи в рамках выполнения как общих домашних заданий, так и индивидуальных домашних заданий (ИДЗ) и других видов работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины. При выполнении домашних заданий обучающемуся следует обратиться к задачам, решенным на предыдущих практических занятиях, решенным домашним работам, а также к примерам, приводимым лектором. Если этого будет недостаточно для выполнения всей работы можно дополнительно воспользоваться учебными пособиями, приведенными в разделе 6.1 «Учебная литература». Если, несмотря на изученный материал, задание выполнить не удастся, то в обязательном порядке необходимо посетить консультацию преподавателя, ведущего практические занятия, и/или консультацию лектора.</p> <p>Домашние задания, индивидуальные домашние задания и другие работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины должны быть выполнены обучающимся в установленные преподавателем сроки в соответствии с требованиями к оформлению текстовой и графической документации, сформулированным в Положении «Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль»</p>
Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины (модуля), размещен в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет	

# **Приложение № 1 к рабочей программе**

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации**

## 1. Общие положения

Фонд оценочных средств (ФОС) является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися образовательной программы.

Фонд оценочных средств предназначен для использования обучающимися, преподавателями, администрацией ИрГУПС, а также сторонними образовательными организациями для оценивания качества освоения образовательной программы и уровня сформированности компетенций у обучающихся.

Задачами ФОС являются:

- оценка достижений обучающихся в процессе изучения дисциплины;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс;
- самоподготовка и самоконтроль обучающихся в процессе обучения.

Фонд оценочных средств сформирован на основе ключевых принципов оценивания: валидность, надежность, объективность, эффективность.

Для оценки уровня сформированности компетенций используется трехуровневая система:

- минимальный уровень освоения, обязательный для всех обучающихся по завершению освоения образовательной программы; дает общее представление о виде деятельности, основных закономерностях функционирования объектов профессиональной деятельности, методов и алгоритмов решения практических задач;

- базовый уровень освоения, превышение минимальных характеристик сформированности компетенций; позволяет решать типовые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения по известным алгоритмам, правилам и методикам;

- высокий уровень освоения, максимально возможная выраженность характеристик компетенций; предполагает готовность решать практические задачи повышенной сложности, нетиповые задачи, принимать профессиональные и управленческие решения в условиях неполной определенности, при недостаточном документальном, нормативном и методическом обеспечении.

## 2. Перечень компетенций, в формировании которых участвует дисциплина.

### Программа контрольно-оценочных мероприятий. Показатели оценивания компетенций, критерии оценки

Дисциплина «Основы механики деформирования деталей вагонов» участвует в формировании компетенций:

ПК-6. Способен определять показатели надежности и безопасности при эксплуатации грузовых вагонов

#### Программа контрольно-оценочных мероприятий очная форма обучения

№	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
<b>5 семестр</b>				
<b>1.0</b>	<b>Раздел 1. Физические основы строительной механики деформирования вагонов</b>			
1.1	Текущий контроль	Объёмное напряжённое состояние, интенсивность напряжений, закон равновесия Ньютона для напряжений	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
1.2	Текущий контроль	Растяжение стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
1.3	Текущий контроль	Деформации, соотношения Коши для деформаций, интенсивность деформаций	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
1.4	Текущий контроль	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
1.5	Текущий контроль	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде NASTRAN Связь напряжений и деформаций. Закон Гука для одномерного и общего случаев, выражения напряжений через деформации	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
1.6	Текущий контроль	Изгиб консольной балки и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Постановка и решение модельных задач строительной механики деформирования вагонов</b>			
2.1	Текущий контроль	Уравнения теории упругости в перемещениях. Условия совместности деформаций	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.2	Текущий контроль	Упругая работа ферменной конструкции и её анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)

2.3	Текущий контроль	Плоская задача строительной механики	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.4	Текущий контроль	Растяжение тонкой пластины с трещиной и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
2.5	Текущий контроль	Осесимметричная задача теории упругости	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.6	Текущий контроль	Моделирование с помощью информационных компьютерных технологий контактного взаимодействия упругих сферы и полупространства	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
2.7	Текущий контроль	Постановка задач термоупругости	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.8	Текущий контроль	Растяжение упругого тела со сфероидальной полостью и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
2.9	Текущий контроль	Метод конечных элементов (МКЭ). Дискретная формулировка основных законов строительной механики	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.10	Текущий контроль	Прессовое соединение цилиндров с натягом. и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
2.11	Текущий контроль	Основные этапы и оценка достоверности результатов, полученных с помощью метода конечных элементов. Реализация метода с помощью компьютерных технологий	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.12	Текущий контроль	Возбуждение вынужденных затухающих колебаний упругого стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
	Промежуточная аттестация	Раздел 1. Физические основы деформирования вагонов. Раздел 2. Постановка и решение модельных задач строительной механики деформирования вагонов.	ПК-6.1 ПК-6.2	Зачет (собеседование) Зачет - тестирование (компьютерные технологии)

### Программа контрольно-оценочных мероприятий заочная форма обучения

№	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля	Код индикатора достижения компетенции	Наименование оценочного средства (форма проведения*)
<b>3 курс, сессия установочная</b>				
<b>1.0</b>	<b>Раздел 1. Физические основы строительной механики деформирования вагонов.</b>			

1.1	Текущий контроль	Объёмное напряжённое состояние, интенсивность напряжений, закон равновесия Ньютона для напряжений	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
1.2	Текущий контроль	Растяжение стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
1.3	Текущий контроль	Деформации, соотношения Коши для деформаций, интенсивность деформаций	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
1.4	Текущий контроль	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
1.5	Текущий контроль	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде NASTRAN Связь напряжений и деформаций. Закон Гука для одномерного и общего случаев, выражения напряжений через деформации	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
1.6	Текущий контроль	Изгиб консольной балки и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
<b>2.0</b>	<b>Раздел 2. Постановка и решение модельных задач строительной механики деформирования вагонов.</b>			
2.1	Текущий контроль	Уравнения теории упругости в перемещениях. Условия совместности деформаций	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.2	Текущий контроль	Упругая работа ферменной конструкции и её анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	В рамках ПП**: Лабораторная работа (письменно/устно)
2.3	Текущий контроль	Плоская задача строительной механики	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.4	Текущий контроль	Растяжение тонкой пластины с трещиной и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
2.5	Текущий контроль	Осесимметричная задача теории упругости	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.6	Текущий контроль	Моделирование с помощью информационных компьютерных технологий контактного взаимодействия упругих сферы и полупространства	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
2.7	Текущий контроль	Постановка задач термоупругости	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.8	Текущий контроль	Растяжение упругого тела со сфероидальной полостью и его моделирование с помощью	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)

		информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN		
2.9	Текущий контроль	Метод конечных элементов (МКЭ). Дискретная формулировка основных законов строительной механики	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.10	Текущий контроль	Прессовое соединение цилиндров с натягом. и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
2.11	Текущий контроль	Основные этапы и оценка достоверности результатов, полученных с помощью метода конечных элементов. Реализация метода с помощью компьютерных технологий	ПК-6.1 ПК-6.2	Собеседование (устно)
2.12	Текущий контроль	Возбуждение вынужденных затухающих колебаний упругого стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде NASTRAN	ПК-6.1 ПК-6.2	Лабораторная работа (письменно/устно)
<b>3 курс, сессия зимняя</b>				
	Текущий контроль	Раздел 1. Физические основы строительной механики деформирования вагонов. Раздел 2. Постановка и решение модельных задач строительной механики деформирования вагонов.	ПК-6.1 ПК-6.2	Контрольная работа (КР) (письменно)
	Промежуточная аттестация	Раздел 1. Физические основы строительной механики деформирования вагонов. Раздел 2. Постановка и решение модельных задач строительной механики деформирования вагонов.	ПК-6.1 ПК-6.2	Зачет (собеседование) Зачет - тестирование (компьютерные технологии)

\*Форма проведения контрольно-оценочного мероприятия: устно, письменно, компьютерные технологии.

\*\*ППП – практическая подготовка

### **Описание показателей и критериев оценивания компетенций.**

#### **Описание шкал оценивания**

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация обучающихся проводятся в целях установления соответствия достижений обучающихся поэтапным требованиям образовательной программы к результатам обучения и формирования компетенций.

Текущий контроль успеваемости – основной вид систематической проверки знаний, умений, навыков обучающихся. Задача текущего контроля – оперативное и регулярное управление учебной деятельностью обучающихся на основе обратной связи и корректировки. Результаты оценивания учитываются в виде средней оценки при проведении промежуточной аттестации.

Для оценивания результатов обучения используется четырехбалльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций, а также краткая характеристика этих средств приведены в таблице.

#### Текущий контроль

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Контрольная работа (КР)	Средство для проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по разделу дисциплины. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Типовое задание для выполнения контрольной работы по разделам/темам дисциплины
2	Собеседование	Средство контроля на практическом занятии, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Может быть использовано для оценки знаний обучающихся	Вопросы для собеседования по темам/разделам дисциплины
3	Лабораторная работа	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно/устно излагать суть поставленной задачи, самостоятельно применять стандартные методы решения поставленной задачи с использованием имеющейся лабораторной базы, проводить анализ полученного результата работы. Может быть использовано для оценки умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Образец задания для выполнения лабораторной работы и примерный перечень вопросов для ее защиты

#### Промежуточная аттестация

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Зачет	Средство, позволяющее оценить знания, умения, навыков и (или) опыта деятельности обучающегося по дисциплине. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Перечень теоретических вопросов и практических заданий к зачету
2	Тест – промежуточная аттестация в форме зачета	Система автоматизированного контроля освоения компетенций (части компетенций) обучающимся по дисциплине (модулю) с использованием информационно-коммуникационных технологий. Может быть использовано для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности обучающихся	Фонд тестовых заданий

#### Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета. Шкала оценивания уровня освоения компетенций

Шкала оценивания	Критерии оценивания	Уровень освоения компетенции
«зачтено»	Обучающийся правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках учебного материала. Правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении	Высокий



	задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	
	Обучающийся с небольшими неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал хорошие знания в рамках учебного материала. С небольшими неточностями выполнил практические задания. Показал хорошие умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов	Базовый
	Обучающийся с существенными неточностями ответил на теоретические вопросы. Показал удовлетворительные знания в рамках учебного материала. С существенными неточностями выполнил практические задания. Показал удовлетворительные умения и владения навыками применения полученных знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	Минимальный
«не зачтено»	Обучающийся при ответе на теоретические вопросы и при выполнении практических заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенция не сформирована

#### Тест – промежуточная аттестация в форме зачета

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«зачтено»	Обучающийся верно ответил на 70 % и более тестовых заданий при прохождении тестирования
«не зачтено»	Обучающийся верно ответил на 69 % и менее тестовых заданий при прохождении тестирования

#### Критерии и шкалы оценивания результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости

##### Контрольная работа

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание контрольной работы. Показал отличные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями
«хорошо»		Обучающийся выполнил задание контрольной работы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении контрольной работы
«удовлетворительно»		Обучающийся выполнил задание контрольной работы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания и умения в рамках усвоенного учебного материала. Качество оформления контрольной работы имеет недостаточный уровень
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Обучающийся не полностью выполнил задания контрольной работы, при этом проявил недостаточный уровень знаний и умений

##### Собеседование

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»	«зачтено»	Глубокое и прочное усвоение программного материала. Полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания. Обучающийся свободно справляется с поставленными задачами, может обосновать принятые решения,

		демонстрирует владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ
«хорошо»		Знание программного материала, грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, правильное применение теоретических знаний, владение необходимыми навыками при выполнении практических задач
«удовлетворительно»		Обучающийся демонстрирует усвоение основного материала, при ответе допускаются неточности, при ответе недостаточно правильные формулировки, нарушение последовательности в изложении программного материала, затруднения в выполнении практических заданий Слабое знание программного материала, при ответе возникают ошибки, затруднения при выполнении практических работ
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Не было попытки выполнить задание

### Лабораторная работа

Шкалы оценивания		Критерии оценивания
«отлично»		Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет без замечаний. Лабораторная работа выполнена обучающимся в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности. Обучающийся работал полностью самостоятельно; показал необходимые для проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки. Работа (отчет) оформлена аккуратно, в наиболее оптимальной для фиксации результатов форме
«хорошо»	«зачтено»	Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет с небольшими недочетами. Лабораторная работа выполнена обучающимся в полном объеме и самостоятельно. Допущены отклонения от необходимой последовательности выполнения, не влияющие на правильность конечного результата. Работа показывает знание обучающимся основного теоретического материала и овладение умениями, необходимыми для самостоятельного выполнения работы. Допущены неточности и небрежность в оформлении результатов работы (отчета)
«удовлетворительно»		Лабораторная работа выполнена с задержкой, письменный отчет с недочетами. Лабораторная работа выполняется и оформляется обучающимся при посторонней помощи. На выполнение работы затрачивается много времени. Обучающийся показывает знания теоретического материала, но испытывает затруднение при самостоятельной работе с источниками знаний или приборами
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Лабораторная работа не выполнена, письменный отчет не представлен. Результаты, полученные обучающимся, не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Показывается плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений. Лабораторная работа не выполнена, у учащегося отсутствуют необходимые для проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки

### 3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

#### 3.1 Типовые контрольные задания для выполнения контрольных работ

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для выполнения контрольных работ.

Образец типового варианта контрольной работы

Обучающийся по согласованию с преподавателем выбирает объект исследования в виде

узла или детали вагона и проводит его конечно-элементное моделирование.

### **3.2 Типовые контрольные задания для проведения собеседования**

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для проведения собеседований.

#### **Раздел 1. «Физические основы строительной механики деформирования вагонов»**

1.1. Основные задачи, а также роль строительной механики и механики деформирования в обеспечении работоспособности вагонов.

1.2. Критериальные характеристики напряжённо-деформированного состояния несущих элементов вагонов и экспериментальные данные о критериях прочности их несущих элементов.

1.3. Характеристики напряжённого состояния деталей вагонов, нормальные и касательные напряжения в них. Примеры напряжённых состояний в несущих элементах вагонов – растяжение, изгиб и кручение.

1.4. Интенсивность напряжений в деталях вагонов. Примеры напряжённых состояний в несущих элементах вагонов – концентрация напряжений, контактное взаимодействие

1.5. Характеристики напряжённого состояния деталей вагонов, нормальные и касательные напряжения в них. Примеры напряжённых состояний в несущих элементах вагонов – растяжение, изгиб, кручение, концентрация напряжений, контактное взаимодействие.

1.6. Касательные напряжения. Симметрия компонент касательных напряжений. Примеры деталей вагонов, подверженных значительным касательным напряжениям.

1.7. Уравнения равновесия напряжений для случая одномерного деформирования стержней продольными одноосными усилиями, примеры деталей вагонов, находящихся в условиях одноосного растяжения.

1.8. Перемещения и деформации материала детали, нагруженной внешними силами. Характеристики деформированного состояния в одномерном случае, примеры деталей вагонов, находящихся в условиях одноосного растяжения.

1.9. Связь перемещений и линейных деформаций (соотношения Коши) для материала детали, нагруженной внешними силами в случае объёмного трёхмерного деформирования, роль деформационных критериев работоспособности для несущих элементов вагонов.

1.10. Связь перемещений и сдвиговых деформаций (соотношения Коши) в случае объёмного трёхмерного деформирования, Примеры сдвиговых деформаций конструктивных элементов вагонов.

1.11. Поперечные деформации при одноосном растяжении стержней. Коэффициент Пуассона.

1.12. Математические модели деформирования, величины, входящие в них, состав их уравнений, математический тип этих уравнений, их роль при оценке работоспособности несущих элементов вагонов и основные современные методы их анализа.

1.13. Уравнения равновесия в напряжениях. Их роль при оценке работоспособности несущих элементов вагонов и основные современные методы их анализа.

1.14. Краевые условия деформирования несущих элементов вагонов – основные типы и примеры реализации краевых перемещений.

1.15. Краевые условия деформирования несущих элементов вагонов – краевые распределённые нагрузки. а также условий контактного взаимодействия в несущих элементах вагонов.

1.16. Краевые условия деформирования несущих элементов вагонов – условия контактного взаимодействия несущих элементов.

1.17. Компоненты напряжений, тензор напряжений.

1.18. Напряжения на наклонной площадке, главные напряжения и критерии прочности материала несущих элементов вагона.

- 1.19. Системы координат при описании напряжённо-деформированного состояния деформируемых деталей. Примеры криволинейных систем координат.
- 1.20. Полярная система координат на плоскости.
- 1.21. Напряжения на наклонной площадке и формулировка краевых условий в напряжениях для конструктивных элементов.
- 1.22. Интенсивность напряжений и её роль при оценке прочности деталей вагонов.
- 1.23. Кривые деформирования различных конструкционных сталей.
- 1.24. Предел упругости и предел текучести конструкционных сталей.
- 1.25. Механические характеристики конструкционных сталей, применяемых при изготовлении деталей вагонов.
- 1.26. Интенсивность напряжений и критерий возникновения пластических деформаций в деформируемом теле.
- 1.27. Главные напряжения и коэффициент вида, напряжённого состояния. Влияние вида напряжённого состояния на ресурс пластичности несущих элементов конструкций.
- 1.28. Усталость металла и её связь с циклическим ресурсом высоконагруженных элементов вагонов.
- 1.29. Пути повышения прочности и трещиностойкости несущих элементов вагона.

## **Раздел 2. «Постановка и решение модельных задач строительной механики вагонов»**

- 2.1. Пример построения простейшей одномерной математической модели деформирования стержня продольными нагрузками.
- 2.2. Основные законы деформирования в одномерном случае и их приведение к виду, удобному для анализа. Обобщения этой модели на случай объёмного деформирования несущих элементов вагонов.
- 2.3. Математическая модель объёмного трёхмерного деформирования и её роль при оценке прочностной работоспособности несущих элементов вагонов.
- 2.4. Плоская задача теории упругости. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малым отверстием круговой формы, приведите примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде круговых отверстий.
- 2.5. Плоская задача теории упругости. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малым отверстием эллиптической формы. Примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде отверстий эллиптической формы.
- 2.6. Осесимметричные задачи упругого деформирования, задача об осесимметричном растяжении кольцевой пластины с отверстием (задача Ламе для кольцевой пластины), примеры деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде круговых отверстий.
- 2.7. Осесимметричные задачи упругого деформирования, задача об осесимметричном нагружении внутренней и наружной поверхностей полой сферы (задача Ламе для сферы).
- 2.8. Уравнения связи напряжений и деформаций при наличии температурных деформаций. Математическая модель термоупругого деформирования.
- 2.9. Задача термоупругости о неравномерном нагреве тонкой пластины, закреплённой по краям.
- 2.10. Задача о напряжённом состоянии одноосно деформируемых тел со сферической полостью (дефектом в виде сферической поры), её роль при оценке концентрации напряжений в несущих элементах вагонов вблизи дефектов металла в виде пор сферической формы.
- 2.11. Задача об одноосном деформировании тел с полостью сфероидальной формы, её роль при оценке концентрации напряжений в несущих элементах вагонов вблизи дефектов металла в виде пор эллипсоидальной формы.
- 2.12. Двумерный анализ плоского изгиба балок, оценка погрешности приближенной одномерной теории науки о сопротивлении материалов.
- 2.13. Задача о напряженной посадке с натягом соосных цилиндров, примеры несущих элементов вагонов, соединённых с натягом.
- 2.14. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малой трещиной. Виды трещин.
- 2.15. Коэффициент интенсивности напряжений в упругом теле с трещиной.
- 2.16. Устойчивость трещин и хрупкое разрушение упругих тел.

- 2.17. Задача о контактном взаимодействии жёсткого штампа с плоским основанием и упругой полуплоскости. Пример контактного взаимодействия с угловой точкой на контакте деталей вагона.
- 2.18. Задача о контактном взаимодействии выпуклых упругих тел (задача Герца).
- 2.19. Контактное взаимодействие колеса и рельса, его особенности и влияние на износ поверхностей катания колёс и рельсов.
- 2.20. Концентрация напряжений вблизи круговых отверстий в одноосно растягиваемой круглой тонкой пластине с отверстием.
- 2.21. Коэффициент концентрации напряжений, примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде круговых отверстий.
- 2.22. Оцените с помощью заданных формул концентрацию напряжений при одноосном деформировании тел со сферической полостью. Поясните роль этой задачи при оценке концентрации напряжений в несущих элементах вагонов вблизи дефектов металла в виде пор сферической формы.
- 2.23. Оцените с помощью заданных формул погрешность одномерной теории плоского изгиба балок для балки с заданными геометрическими размерами.
- 2.24. Оцените с помощью заданных формул размер пятна контакта между двумя соприкасающимися упругими телами сферической формы.
- 2.25. Вариационный принцип минимума Лагранжа для упруго деформируемых тел. Его роль для приближённого решения задач механики деформирования.
- 2.26. Метод рядов при решении задач механики деформирования, его теоретические основы и основные этапы. Примеры выбора базисных функций. Факторы определяющие погрешность метода рядов.
- 2.27. Метод конечных элементов как метод рядов (одномерный случай) – описание выбора и свойства базисных функций с линейным представлением перемещений.
- 2.28. Основные этапы реализации метода в одномерном случае. Матрица жёсткости конечного элемента.
- 2.29. Метод конечных элементов в двумерном случае. Конечные элементы с линейным представлением перемещений.
- 2.30. Условия равновесия узлов конечно-элементной разбивки в двумерном случае.
- 2.31. Основные достоинства и возможные погрешности метода конечных элементов.
- 2.32. Теоретические и практические методы оценки погрешности метода конечных элементов при проведении конкретного инженерного расчёта.
- 2.33. МКЭ в двумерном случае. Теоретическая оценка погрешности метода конечных элементов в зависимости от формы и размера конечных элементов.
- 2.34. Погрешность метода конечных элементов. Практические методы её оценки и снижения при оценке напряжённо-деформированного состояния несущих элементов вагона.
- 2.35. Компьютерные технологии реализации метода конечных элементов.
- 2.36. Входная информация, необходимая для подготовки конечно-элементного расчёта напряжений и деформаций в деформируемых деталях.
- 2.37. Компьютерные технологии реализации метода конечных элементов при оценке напряжённо-деформированного состояния деталей вагонов.
- 2.38. Различные типы конечных элементов, выбор их типа и характера конечно-элементной разбивки при моделировании напряжённо-деформированного состояния деформируемых деталей вагонов с помощью современных компьютерных технологий.
- 2.39. Реализация метода конечных элементов в задаче о растяжении стержня. Порядок решения задачи с помощью программных средств, реализующих метода конечных элементов.
- 2.40. Общие приёмы снижения погрешности расчёта напряжений при использовании метода конечных элементов.
- 2.41. Реализация метода конечных элементов в задаче об изгибе стержня. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Методика снижения погрешности получаемого приближения.
- 2.42. Реализация метода конечных элементов в задаче об осесимметричном растяжении тонкой круговой пластины с малым отверстиями круговой формы (расположение зоны

максимального уровня напряжений). Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.43. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении тонкой круговой пластины с малым отверстием круговой формы (расположение зоны максимального уровня напряжений). Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.44. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении тонкой круговой пластины с малым отверстием эллиптической формы. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.45. Реализация метода конечных элементов в задаче о нагружении кругового полого цилиндра внутренним давлением. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.46. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении кругового цилиндра с малой сферической полостью. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.47. Реализация метода конечных элементов в задаче о деформировании упругой полуплоскости жёстким штампом. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения. Связь задачи с контактным взаимодействием ступицы колеса и оси колёсной пары тележки вагона.

2.48. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении тонкой пластины с малой трещиной. Порядок и особенности решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.49. Реализация метода конечных элементов в задаче о моделировании посадки с натягом соосных цилиндров. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Связь задачи с моделированием соединения с натягом колеса и оси колёсной пары тележки вагона.

2.50. Реализация метода конечных элементов в задаче о контакте упругой сферы с упругим полупространством. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Связь задачи с контактным взаимодействием колеса и рельса.

2.51. Реализация метода конечных элементов в осесимметричной задаче о термонапряжённом состоянии упругого цилиндра, обогреваемого заданным температурным полем. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений.

### **3.3 Типовые задания для выполнения лабораторной работы и примерный перечень вопросов для ее защиты**

Контрольные варианты заданий выложены в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.

Ниже приведен образец типовых вариантов заданий для выполнения лабораторных работ и примерный перечень вопросов для их защиты.

Лабораторная работа № 1. «Растяжение балки и анализ её напряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса»

Лабораторная работа № 2. «Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде»

Лабораторная работа № 3. «Изгиб консольной балки и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

Лабораторная работа № 4. «Растяжение тонкой пластины с круговым отверстием и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

Лабораторная работа № 5. «Растяжение тонкой пластины с эллиптическим отверстием и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

Лабораторная работа № 6. «Упругая работа ферменной конструкции и её анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

Лабораторная работа № 7. «Упругая работа полого цилиндра, нагруженного внутренним давлением и её анализ с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

Лабораторная работа № 8. «Растяжение тонкой пластины с трещиной и моделирование её напряжённо-деформированного состояния с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

Лабораторная работа № 9. «Напряжённо-деформированное состояние упругой полуплоскости плоским штампом с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

Лабораторная работа № 10. «Моделирование с помощью информационных компьютерных технологий контактного взаимодействия упругих сферы и полупространства»

Лабораторная работа № 11. «Моделирование растяжения упругого тела со сферической и сфероидальной полостью (дефект в виде поры) и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

Лабораторная работа № 12. «Моделирование напряжённо-деформированного состояния прессового соединения цилиндров с натягом с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

Лабораторная работа № 13. «Моделирование растяжения упругого тела со сферической и сфероидальной полостью (дефект в виде поры) и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

Лабораторная работа № 14. «Моделирование напряжённо-деформированного состояния эллиптического цилиндра с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

Лабораторная работа № 15. «Моделирование напряжённо-деформированного состояния термоупругих напряжений в цилиндре с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

Лабораторная работа № 16. «Моделирование с помощью информационных компьютерных технологий напряжённо-деформированного состояния стержня в процессе его свободных колебаний»

Лабораторная работа № 17. «Моделирование с помощью информационных компьютерных технологий напряжённо-деформированного состояния стержня в процессе его вынужденных колебаний»

### 3.4 Типовые контрольные задания для проведения тестирования

Фонд тестовых заданий по дисциплине содержит тестовые задания, распределенные по разделам и темам, с указанием их количества и типа.

#### Структура фонда тестовых заданий по дисциплине

Индикатор достижения компетенции	Тема в соответствии с РПД	Характеристика ТЗ	Количество тестовых заданий, типы ТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Объёмное напряжённое состояние, интенсивность напряжений, закон равновесия Ньютона для напряжений	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-6.1		Знание	2 – ОТЗ

ПК-6.2	Деформации, соотношения Коши для деформаций, интенсивность деформаций	Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Анализ его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде NASTRAN	Знание	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Умение	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Действие	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Связь напряжений и деформаций. Закон Гука для одномерного и общего случаев, выражения напряжений через деформации	Знание	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Умение	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Действие	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Уравнения теории упругости в перемещениях. Условия совместности деформаций	Знание	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Умение	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Действие	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Плоская задача строительной механики	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Осесимметричная задача теории упругости	Знание	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Умение	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
		Действие	2 – ОТЗ 2 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Постановка задач термоупругости	Знание	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Умение	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Действие	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Метод конечных элементов (МКЭ). Дискретная формулировка основных законов строительной механики	Знание	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Умение	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Действие	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
ПК-6.1 ПК-6.2	Основные этапы и оценка достоверности результатов, полученных с помощью метода конечных элементов. Реализация метода с помощью компьютерных технологий	Знание	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Умение	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Действие	1 – ОТЗ 1 – ЗТЗ
		Итого	42 – ОТЗ 42 – ЗТЗ

Полный комплект ФТЗ хранится в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС и обучающийся имеет возможность ознакомиться с демонстрационным вариантом ФТЗ.

Ниже приведен образец типового варианта итогового теста, предусмотренного рабочей программой дисциплины.

Образец типового варианта итогового теста,  
предусмотренного рабочей программой дисциплины



1. Под прочностью элемента конструкции понимается:  
**а) сопротивление внешнему воздействию;**  
б) изменения вида конструкции;  
в) возникновения больших деформаций.
2. В динамических расчетах используется принцип <Д'Аламбера>
3. В самом общем случае любые силы по месту приложения бывают:  
а) внешние;  
б) внутренние;  
**в) ответы оба верны;**  
г) нет верного ответа.
4. В мембранах считается, что нормальные напряжения в сечениях, перпендикулярных к срединной плоскости распределены по толщине <равномерно>
5. Внешние силы бывают:  
**а) поверхностные;**  
б) объемные;  
в) маленькие.
6. В методе конечных элементов узлами называются точки тела, перемещения которых являются <степень свободы>
7. Единицы измерения сосредоточенных сил:  
**а) ньютоны, килоньютоны;**  
б) килограмм(тонна)/метр;  
в) килограмм-сила, тонна-сила.
8. В системе уравнений метода конечных элементов  $Ru-F=0$  R – это матрица <жесткости>
9. Размерность момента силы:  
а) ньютон, килоньютон;  
б) ньютон(килоньютон) /метр;  
в) килограмм-сила(тонна-сила)\* метр;  
**г) ньютон(килоньютон)\*метр.**
10. В системе уравнений метода конечных элементов  $Ru-F=0$  F – это <действующие силы>

11. Наиболее опасные нагрузки:

- а) статические;
- б) динамические;**
- в) любые;
- г) большие.

12. В системе уравнений метода конечных элементов  $Ru-F=0$   $u$  – это <вектор перемещений>

13. Стержни – это элементы, у которых:

- а) один размер больше двух других;**
- б) один размер меньше двух других;
- в) все три измерения примерно одинаковы.

14. В основе энергетического критерия определения критических значений внешних нагрузок заложен принцип <Лагранжа-Дирихле>

15. Пластины и оболочки –это элементы, у которых:

- а) два размера много больше третьего;
- б) два размера много меньше третьего;**
- в) все три измерения примерно одинаковы.

16. Геометрическое место точек, равноудаленных от внутренней и наружной поверхностей оболочки называется <срединной поверхностью>

17. Вещество с одинаковыми свойствами по всем направлениям:

- а) анизотропное;
- б) изотропное;**
- в) твердое;
- г) аморфное.

18. Впервые задача об устойчивости сжатого стержня была решена <Эйлером>

### **3.5 Перечень теоретических вопросов к зачету** (для оценки знаний)

#### **Раздел 1. «Физические основы строительной механики деформирования вагонов»**

1.1. Основные задачи, а также роль строительной механики и механики деформирования в обеспечении работоспособности вагонов.

1.2. Критериальные характеристики напряжённо-деформированного состояния несущих элементов вагонов и экспериментальные данные о критериях прочности их несущих элементов.

1.3. Характеристики напряжённого состояния деталей вагонов, нормальные и касательные напряжения в них. Примеры напряжённых состояний в несущих элементах вагонов – растяжение, изгиб и кручение.

1.4. Интенсивность напряжений в деталях вагонов. Примеры напряжённых состояний в несущих элементах вагонов – концентрация напряжений, контактное взаимодействие

1.5. Характеристики напряжённого состояния деталей вагонов, нормальные и касательные напряжения в них. Примеры напряжённых состояний в несущих элементах вагонов – растяжение, изгиб, кручение, концентрация напряжений, контактное взаимодействие.

1.6. Касательные напряжения. Симметрия компонент касательных напряжений. Примеры деталей вагонов, подверженных значительным касательным напряжениям.

1.7. Уравнения равновесия напряжений для случая одномерного деформирования стержней продольными одноосными усилиями, примеры деталей вагонов, находящихся в условиях одноосного растяжения.

1.8. Перемещения и деформации материала детали, нагруженной внешними силами. Характеристики деформированного состояния в одномерном случае, примеры деталей вагонов, находящихся в условиях одноосного растяжения.

1.9. Связь перемещений и линейных деформаций (соотношения Коши) для материала детали, нагруженной внешними силами в случае объёмного трёхмерного деформирования, роль деформационных критериев работоспособности для несущих элементов вагонов.

1.10. Связь перемещений и сдвиговых деформаций (соотношения Коши) в случае объёмного трёхмерного деформирования, Примеры сдвиговых деформаций конструктивных элементов вагонов.

1.11. Поперечные деформации при одноосном растяжении стержней. Коэффициент Пуассона.

1.12. Математические модели деформирования, величины, входящие в них, состав их уравнений, математический тип этих уравнений, их роль при оценке работоспособности несущих элементов вагонов и основные современные методы их анализа.

1.13. Уравнения равновесия в напряжениях. Их роль при оценке работоспособности несущих элементов вагонов и основные современные методы их анализа.

1.14. Краевые условия деформирования несущих элементов вагонов – основные типы и примеры реализации краевых перемещений.

1.15. Краевые условия деформирования несущих элементов вагонов – краевые распределённые нагрузки. а также условий контактного взаимодействия в несущих элементах вагонов.

1.16. Краевые условия деформирования несущих элементов вагонов – условия контактного взаимодействия несущих элементов.

1.17. Компоненты напряжений, тензор напряжений.

1.18. Напряжения на наклонной площадке, главные напряжения и критерии прочности материала несущих элементов вагона.

1.19. Системы координат при описании напряжённо-деформированного состояния деформируемых деталей. Примеры криволинейных систем координат.

1.20. Полярная система координат на плоскости.

1.21. Напряжения на наклонной площадке и формулировка краевых условий в напряжениях для конструктивных элементов.

1.22. Интенсивность напряжений и её роль при оценке прочности деталей вагонов.

1.23. Кривые деформирования различных конструкционных сталей.

1.24. Предел упругости и предел текучести конструкционных сталей.

1.25. Механические характеристики конструкционных сталей, применяемых при изготовлении деталей вагонов.

1.26. Интенсивность напряжений и критерий возникновения пластических деформаций в деформируемом теле.

1.27. Главные напряжения и коэффициент вида напряжённого состояние. Влияние вида напряжённого состояния на ресурс пластичности несущих элементов конструкций.

1.28. Усталость металла и её связь с циклическим ресурсом высоконагруженных элементов вагонов.

1.29. Пути повышения прочности и трещиностойкости несущих элементов вагона.

## **Раздел 2. «Постановка и решение модельных задач строительной механики вагонов»**

- 2.1. Пример построения простейшей одномерной математической модели деформирования стержня продольными нагрузками.
- 2.2. Основные законы деформирования в одномерном случае и их приведение к виду, удобному для анализа. Обобщения этой модели на случай объёмного деформирования несущих элементов вагонов.
- 2.3. Математическая модель объёмного трёхмерного деформирования и её роль при оценке прочностной работоспособности несущих элементов вагонов.
- 2.4. Плоская задача теории упругости. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малым отверстием круговой формы, приведите примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде круговых отверстий.
- 2.5. Плоская задача теории упругости. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малым отверстием эллиптической формы. Примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде отверстий эллиптической формы.
- 2.6. Осесимметричные задачи упругого деформирования, задача об осесимметричном растяжении кольцевой пластины с отверстием (задача Ламе для кольцевой пластины), примеры деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде круговых отверстий.
- 2.7. Осесимметричные задачи упругого деформирования, задача об осесимметричном нагружении внутренней и наружной поверхностей полой сферы (задача Ламе для сферы).
- 2.8. Уравнения связи напряжений и деформаций при наличии температурных деформаций. Математическая модель термоупругого деформирования.
- 2.9. Задача термоупругости о неравномерном нагреве тонкой пластины, закреплённой по краям.
- 2.10. Задача о напряжённо состоянии одноосно деформируемых тел со сферической полостью (дефектом в виде сферической поры), её роль при оценке концентрации напряжений в несущих элементах вагонов вблизи дефектов металла в виде пор сферической формы.
- 2.11. Задача об одноосном деформировании тел с полостью сфероидальной формы, её роль при оценке концентрации напряжений в несущих элементах вагонов вблизи дефектов металла в виде пор эллипсоидальной формы.
- 2.12. Двумерный анализ плоского изгиба балок, оценка погрешности приближенной одномерной теории науки о сопротивлении материалов.
- 2.13. Задача о напряжённой посадке с натягом соосных цилиндров, примеры несущих элементов вагонов, соединённых с натягом.
- 2.14. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малой трещиной. Виды трещин.
- 2.15. Коэффициент интенсивности напряжений в упругом теле с трещиной.
- 2.16. Устойчивость трещин и хрупкое разрушение упругих тел.
- 2.17. Задача о контактном взаимодействии жёсткого штампа с плоским основанием и упругой полуплоскости. Пример контактного взаимодействия с угловой точкой на контакте деталей вагона.
- 2.18. Задача о контактном взаимодействии выпуклых упругих тел (задача Герца).
- 2.19. Контактное взаимодействие колеса и рельса, его особенности и влияние на износ поверхностей катания колёс и рельсов.
- 2.20. Концентрация напряжений вблизи круговых отверстий в одноосно растягиваемой круглой тонкой пластины с отверстием.
- 2.21. Коэффициент концентрации напряжений, примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде круговых отверстий.
- 2.22. Оцените с помощью заданных формул концентрацию напряжений при одноосном деформировании тел со сферической полостью. Поясните роль этой задачи при оценке концентрации напряжений в несущих элементах вагонов вблизи дефектов металла в виде пор сферической формы.
- 2.23. Оцените с помощью заданных формул погрешность одномерной теории плоского изгиба балок для балки с заданными геометрическими размерами.

2.24. Оцените с помощью заданных формул размер пятна контакта между двумя соприкасающимися упругими телами сферической формы.

2.25. Вариационный принцип минимума Лагранжа для упруго деформируемых тел. Его роль для приближённого решения задач механики деформирования.

2.26. Метод рядов при решении задач механики деформирования, его теоретические основы и основные этапы. Примеры выбора базисных функций. Факторы, определяющие погрешность метода рядов.

2.27. Метод конечных элементов как метод рядов (одномерный случай) – описание выбора и свойства базисных функций с линейным представлением перемещений.

2.28. Основные этапы реализации метода в одномерном случае. Матрица жёсткости конечного элемента.

2.29. Метод конечных элементов в двумерном случае. Конечные элементы с линейным представлением перемещений.

2.30. Условия равновесия узлов конечно-элементной разбивки в двумерном случае.

2.31. Основные достоинства и возможные погрешности МКЭ.

2.32. Теоретические и практические методы оценки погрешности метода конечных элементов при проведении конкретного инженерного расчёта.

2.33. Метод конечных элементов в двумерном случае. Теоретическая оценка погрешности МКЭ в зависимости от формы и размера конечных элементов.

2.34. Погрешность метода конечных элементов. Практические методы её оценки и снижения при оценке напряжённо-деформированного состояния несущих элементов вагона.

2.35. Компьютерные технологии реализации метода конечных элементов,

2.36. Входная информация, необходимая для подготовки конечно-элементного расчёта напряжений и деформаций в деформируемых деталях.

2.37. Компьютерные технологии реализации метода конечных элементов при оценке напряжённо-деформированного состояния деталей вагонов.

2.38. Различные типы конечных элементов, выбор их типа и характера конечно-элементной разбивки при моделировании напряжённо-деформированного состояния деформируемых деталей вагонов с помощью современных компьютерных технологий.

2.39. Реализация метода конечных элементов в задаче о растяжении стержня. Порядок решения задачи с помощью программных средств, реализующих метод конечных элементов.

2.40. Общие приёмы снижения погрешности расчёта напряжений при использовании метода конечных элементов.

2.41. Реализация метода конечных элементов в задаче об изгибе стержня. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Методика снижения погрешности получаемого приближения.

2.42. Реализация метода конечных элементов в задаче об осесимметричном растяжении тонкой круговой пластины с малым отверстием круговой формы (расположение зоны максимального уровня напряжений). Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.43. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении тонкой круговой пластины с малым отверстием круговой формы (расположение зоны максимального уровня напряжений). Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.44. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении тонкой круговой пластины с малым отверстием эллиптической формы. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.45. Реализация метода конечных элементов в задаче о нагружении кругового полого цилиндра внутренним давлением. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.46. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении кругового цилиндра с малой сферической полостью. Порядок решения. Расположение зоны

максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.47. Реализация метода конечных элементов в задаче о деформировании упругой полуплоскости жёстким штампом. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения. Связь задачи с контактным взаимодействием ступицы колеса и оси колёсной пары тележки вагона.

2.48. Реализация метода конечных элементов в задаче об одноосном растяжении тонкой пластины с малой трещиной. Порядок и особенности решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

2.49. Реализация метода конечных элементов в задаче о моделировании посадки с натягом соосных цилиндров. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Связь задачи с моделированием соединения с натягом колеса и оси колёсной пары тележки вагона.

2.50. Реализация метода конечных элементов в задаче о контакте упругой сферы с упругим полупространством. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Связь задачи с контактным взаимодействием колеса и рельса.

2.51. Реализация метода конечных элементов в осесимметричной задаче о термонапряжённом состоянии упругого цилиндра, обогреваемого заданным температурном полем. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений.

### **3.6 Перечень типовых простых практических заданий к зачету**

(для оценки умений)

1. «Растяжение балки и результаты анализа её напряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса»

2. «Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой и принцип Сен-Венана. Результаты анализа и его реализации с помощью компьютерных технологий в программной среде»

3. «Изгиб консольной балки и результаты его анализ с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

4. «Растяжение тонкой пластины с круговым отверстием и результаты его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

5. «Растяжение тонкой пластины с эллиптическим отверстием и результаты его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

6. «Упругая работа ферменной конструкции и результаты её анализа с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

7. «Упругая работа полого цилиндра, нагруженного внутренним давлением и результаты её анализа с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде»

8. «Растяжение тонкой пластины с трещиной и результаты моделирования её напряжённо-деформированного состояния с помощью информационных компьютерных технологий в программной среде»

### **3.7 Перечень типовых практических заданий к зачету**

(для оценки навыков и (или) опыта деятельности)

1. «Результаты моделирования с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде, напряжённо-деформированного состояния упругой полуплоскости, деформируемой плоским штампом»

2. «Результаты моделирования с помощью информационных компьютерных технологий контактного взаимодействия упругих сферы и полупространства»

3. «Результаты моделирования с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде, напряжённо-деформированного состояния,

возникающего при растяжения упругого тела со сферической и сфероидальной полостью (дефект в виде поры) и результаты этого моделирования»

4. «Результаты моделирования с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде, напряжённо-деформированного состояния прессового соединения цилиндров с натягом»

5. «Результаты моделирования с помощью информационных компьютерных технологий, реализованных в программной среде, напряжённо-деформированного состояния эллиптического цилиндра»

6. «Результаты реализованного в программной среде моделирования с помощью информационных компьютерных технологий термоупругих напряжений в круговом цилиндре»

7. «Результаты моделирования с помощью информационных компьютерных технологий напряжённо-деформированного состояния стержня в процессе его свободных колебаний»

8. «Результаты моделирования с помощью информационных компьютерных технологий напряжённо-деформированного состояния стержня в процессе его затухающих вынужденных колебаний»

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

В таблице приведены описания процедур проведения контрольно-оценочных мероприятий и процедур оценивания результатов обучения с помощью оценочных средств в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Наименование оценочного средства	Описания процедуры проведения контрольно-оценочного мероприятия и процедуры оценивания результатов обучения
Контрольная работа	Преподаватель на установочном занятии доводит до обучающихся: темы, количество заданий в контрольной работе. Контрольная работа должна быть выполнена в установленный срок и в соответствии с правилами оформления (текстовой и графической частей), сформулированными в Положении «Требования к оформлению текстовой и графической документации. Нормоконтроль» в последней редакции. Выполненная контрольная работа передается для проверки преподавателю в установленные сроки. Если контрольная работа выполнена не в соответствии с указаниями или не в полном объеме, она возвращается на доработку
Собеседование	Собеседование, предусмотренное рабочей программой дисциплины, проводится на практическом занятии. Преподаватель на практическом занятии, предшествующем занятию проведения контроля, доводит до обучающихся тему, вопросы для подготовки к собеседованию. Результаты собеседования преподаватель доводит до обучающихся сразу после завершения собеседования
Лабораторная работа	Защита лабораторных работ проводится во время лабораторных занятий. Во время проведения защиты лабораторной работы пользоваться учебниками, справочниками, конспектами лекций, тетрадями не разрешено. Преподаватель на лабораторной работе, предшествующей занятию проведения защиты лабораторной работы, доводит до обучающихся: номер защищаемой лабораторной работы, время на защиту лабораторной работы. Преподаватель информирует обучающихся о результатах защиты лабораторной работы сразу после ее контрольно-оценочного мероприятия

Для организации и проведения промежуточной аттестации составляются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

Перечень теоретических вопросов и типовые практические задания разного уровня сложности для проведения промежуточной аттестации обучающиеся получают в начале семестра через электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС (личный кабинет обучающегося).

### **Описание процедур проведения промежуточной аттестации в форме зачета и оценивания результатов обучения**

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета преподаватель может воспользоваться результатами текущего контроля успеваемости в течение семестра. С целью использования результатов текущего контроля успеваемости, преподаватель подсчитывает среднюю оценку уровня сформированности компетенций обучающегося (сумма оценок, полученных обучающимся, делится на число оценок).

#### **Шкала и критерии оценивания уровня сформированности компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета по результатам текущего контроля (без дополнительного аттестационного испытания)**

Средняя оценка уровня сформированности компетенций по результатам текущего контроля	Шкала оценивания
Оценка не менее 3,0 и нет ни одной неудовлетворительной оценки по текущему контролю	«зачтено»
Оценка менее 3,0 или получена хотя бы одна неудовлетворительная оценка по текущему контролю	«не зачтено»

Если оценка уровня сформированности компетенций обучающегося не соответствует критериям получения зачета без дополнительного аттестационного испытания, то промежуточная аттестация проводится в форме собеседования по перечню теоретических вопросов и типовых практических задач или в форме компьютерного тестирования.

Промежуточная аттестация в форме зачета с проведением аттестационного испытания проходит на последнем занятии по дисциплине.

При проведении промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования вариант тестового задания формируется из фонда тестовых заданий по дисциплине случайным образом, но с условием: 50 % заданий должны быть заданиями открытого типа и 50 % заданий – закрытого типа.