

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

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

УТВЕРЖДЕНА  
приказом ректора  
от «25» мая 2018 г. № 414-1

## **Б1.В.ДВ.05.02 Основы механики деформирования деталей вагонов**

### **рабочая программа дисциплины**

Специальность – 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация – № 2 «Вагоны»

Квалификация выпускника – инженер путей сообщения

Форма обучения – заочная

Нормативный срок обучения – 6 лет

Кафедра-разработчик программы – Вагоны и вагонное хозяйство

Общая трудоемкость в з.е. – 2

Формы промежуточной аттестации (курс):

Часов по учебному плану – 72

зачет 3

#### **Распределение часов дисциплины по семестрам**

Курс	3	<b>Итого</b>
Вид занятий	Часов по учебному плану	Часов по учебному плану
<b>Аудиторная контактная работа по видам учебных занятий</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
– лекции	4	4
– лабораторные	4	4
<b>Самостоятельная работа</b>	60	<b>60</b>
<b>Зачет</b>	4	<b>4</b>
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>72</b>

ИРКУТСК

<b>1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
<b>1.1 Цели освоения дисциплины (модуля)</b>	
1	формирование у студентов навыков применения знаний основных законов механики деформирования применительно к анализу критериев технико-экономической эффективности, динамики и прочности, а также безопасности эксплуатации конструктивных элементов подвижного состава
<b>1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля)</b>	
1	передача обучающимся знаний об основных законах строительной механики, соответствующих математических моделях, а также об аналитических решениях модельных задач строительной механики, используемых при анализе напряжённо-деформированного состояния простейших тел (стержней, пластин, цилиндров и т.п.), моделирующих работу несущих элементов и узлов железнодорожных вагонов;
2	передача обучающимся знаний о компьютерных технологиях инженерного анализа элементов подвижного состава на основе анализа приближённых и уточнённых математических моделей деформирования тел;
3	выработка у обучающихся навыков применения компьютерных технологий инженерного анализа виртуальных прототипов тел базовой геометрической формы (стержней, пластин, цилиндров и т.п. тел, в том числе в трёхмерной постановке) для различных типов внешних силовых воздействий на них и различных условий взаимодействия этих тел с опорами и между собой

<b>2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОПОП</b>	
<b>2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося</b>	
1	Б1.Б.1.11 Физика
2	Б1.Б.1.10 Математика
3	Б1.Б.1.13 Информатика
4	Б1.Б.1.12 Теоретическая механика
5	Б1.Б.1.28 Соппротивление материалов
<b>2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как</b>	
1	Б1.Б.1.ДС.03 Конструирование и расчёт вагонов
2	Б1.Б.1.33 Техническая диагностика подвижного состава
3	Б1.Б.1.34 Производство и ремонт подвижного состава
4	Б3.Б.01 Защита выпускной квалификационной работы

<b>3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	
ОПК-3: способность приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии;	
<b>Минимальный уровень освоения компетенции</b>	
Знать	основные законы строительной механики – уравнения связи напряжений и деформаций, уравнения равновесия в напряжениях, а также уравнения связи деформаций и перемещений, лежащих в основе информационных технологий оценки напряжённо-деформированного состояния (НДС) тел произвольной формы, схематизирующих детали вагонов;
Уметь	использовать при реализации информационных компьютерных технологий расчёта вагонов в качестве тестов аналитические решения одномерных задач строительной механики о деформировании тонких стержней и стержневых систем;
Владеть	методикой оценки достоверности результатов применения информационных компьютерных технологий оценки прочности кузовов полувагонов и крытых вагонов, основанной на использовании аналитических решений задач строительной механики о деформировании тонких стержней и стержневых систем.
<b>Базовый уровень освоения компетенции</b>	

Знать	двумерные математические модели деформирования, определяющие НДС несущих стенок вагонов и стенок вагонов-цистерн, а также основные методы инженерного анализа указанных элементов вагонов, лежащие в основе информационных компьютерных технологий оценки их динамики и прочности;
Уметь	с помощью известных аналитических решений двумерных задач строительной механики о деформировании пластин и оболочек оценить достоверность результатов применения информационных компьютерных технологий для определения НДС тонкостенных несущих стенок полувагонов, крытых вагонов и вагонов-цистерн;
Владеть	методикой оценки достоверности результатов расчёта элементов вагонов на прочность, полученных с помощью информационных компьютерных технологий, основанной на применении аналитических результатов решений двумерных уравнений строительной механики для тонкостенных пластин и осесимметричных оболочек;

**Высокий уровень освоения компетенции**

Знать	модельные решения трёхмерных пространственных задач строительной механики о напряжённо-деформируемом состоянии (НДС) тел с концентраторами напряжений и использовать их в качестве тестовых задач для оценки достоверности результатов, получаемых с помощью информационных компьютерных технологий анализа НДС элементов и деталей вагонов;
Уметь	уметь с помощью известных аналитических решений пространственных модельных задач строительной механики оценивать достоверность результатов применения информационных компьютерных технологий для оценки прочности деталей вагонов с концентраторами напряжений;
Владеть	навыками оценки достоверности результатов анализа трёхмерного НДС и прочности объёмных тел базовой геометрической формы (плит, цилиндров, упругого пространства и т.п.), схематизирующих несущие элементы вагона, при наличии в них концентраторов напряжений.

ОПК-7: способность применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, исследовать динамику и прочность элементов подвижного состава, оценивать его динамические качества и безопасность

**Минимальный уровень освоения компетенции**

Знать	методику создания одномерных геометрических и деформационных моделей (виртуальных прототипов) деталей и узлов вагонов, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;
Уметь	создавать и исследовать с помощью компьютерных технологий одномерные виртуальные прототипы деформируемых тел, схематизирующих стойки и детали обвязки кузовов крытых вагонов, позволяющих анализировать их прочность с помощью информационных компьютерных технологий;
Владеть	навыками создания одномерных геометрических и деформационных моделей (виртуальных прототипов) деталей и узлов вагонов, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;

**Базовый уровень освоения компетенции**

Знать	методику создания одномерных и двумерных виртуальных прототипов элементов вагона, в том числе подкреплённых пластин и стержневых рам, схематизирующих подкреплённые обшивки вагона и рамы его тележек, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;
Уметь	анализировать динамику и прочность одномерных и двумерных виртуальных прототипов, в том числе подкреплённых пластин и стержневых рам, схематизирующих подкреплённые обшивки вагонов, рам тележек и т.п.), необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;

Владеть	навыками создания одномерных и двумерных виртуальных прототипов элементов вагона, в том числе подкреплённых пластин и стержневых рам, схематизирующих подкреплённые обшивки вагона и рамы его тележек, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;
<b>Высокий уровень освоения компетенции</b>	

Знать	методику создания объёмных трёхмерных виртуальных прототипов, схематизирующих детали вагонов, в том числе в условиях их контактного взаимодействия, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;
Уметь	оценивать с помощью информационных компьютерных технологий динамику и прочность деформируемых тел, схематизирующих детали вагона, с учётом контактного характера их взаимодействия;
Владеть	навыками применения информационных компьютерных технологий для анализа напряжённо-деформированного состояния тел, схематизирующих детали вагона, с учётом контактного характера взаимодействия этих тел.
<b>ПК-2</b>	<b>способность понимать устройство и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава, владение техническими условиями и требованиями, предъявляемыми к подвижному составу при выпуске после ремонта, теорией движения поезда, методами реализации сил тяги и торможения, методами нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, технологиями тяговых расчетов, методами обеспечения безопасности движения поездов при отказе тормозного и другого оборудования подвижного состава, методами расчета потребного количества тормозов, расчетной силы нажатия, длины тормозного пути, готовностью проводить испытания подвижного состава и его узлов, осуществлять разбор и анализ состояния безопасности движения</b>
<b>Минимальный уровень освоения компетенции</b>	
Знать	методику представления расчётных схем устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования простейших конструктивных элементов строительной механики – стержней, пластин и оболочек, не имеющих конструктивных концентраторов механических напряжений;
Уметь	разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные схемы устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования простейших конструктивных элементов строительной механики – стержней, пластин и оболочек, не имеющих конструктивных концентраторов механических напряжений;
Владеть	компьютерными технологиями прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования простейших конструктивных элементов строительной механики – стержней, пластин и оболочек, не имеющих конструктивных концентраторов механических напряжений.
<b>Базовый уровень освоения компетенции</b>	
Знать	методику представления расчётных схем устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования двумерных конструктивных элементов строительной механики – тонкостенных пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде круговых или эллиптических отверстий;
Уметь	разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные схемы устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде круговых или эллиптических отверстий;
Владеть	компьютерными технологиями прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде отверстий круговой и эллиптической формы.

<b>Высокий уровень освоения компетенции</b>	
Знать	методику представления расчётных схем устройства и статического и динамического взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде твёрдых упругих тел – брусев, толсто-стенных цилиндров, массивных тел с отверстиями и выемками;

Уметь	разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные схемы устройства и статического и динамического взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде твёрдых упругих тел – брусьев, толстостенных цилиндров, массивных тел с отверстиями и выемками;
Владеть	навыками применения компьютерных технологий прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и статическое и динамическое взаимодействие узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде твёрдых упругих тел – брусьев, толстостенных цилиндров, массивных тел с отверстиями и выемками.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен**

<b>Знать:</b>	
1	основные законы строительной механики – уравнения связи напряжений и деформаций, уравнения равновесия в напряжениях, а также уравнения связи деформаций и перемещений, лежащих в основе информационных технологий оценки напряжённо-деформированного состояния (НДС) тел произвольной формы, схематизирующих детали вагонов;
2	математические модели деформирования, определяющие НДС несущих элементов вагона, а также основные методы инженерного анализа этих элементов, лежащие в основе информационных компьютерных технологий оценки их динамики и прочности;
3	методику представления расчётных схем устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования двумерных конструктивных элементов строительной механики – тонкостенных пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде круговых или эллиптических отверстий.
<b>Уметь</b>	
1	с помощью известных аналитических решений двумерных задач строительной механики о деформировании пластин и оболочек оценить достоверность результатов применения информационных компьютерных технологий для определения НДС различных деталей вагонов;
2	создавать и исследовать с помощью компьютерных технологий виртуальные прототипы деформируемых тел, схематизирующих несущие элементы вагонов и позволяющих анализировать их прочность с помощью информационных компьютерных технологий;
3	разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные схемы устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде круговых или эллиптических отверстий.
<b>Владеть</b>	
1	навыками оценки достоверности результатов анализа трёхмерного НДС и прочности объёмных тел базовой геометрической формы (плит, цилиндров, упругого пространства и т.п.), схематизирующих несущие элементы вагона, при наличии в них концентраторов напряжений;
2	навыками создания виртуальных прототипов элементов вагона, в том числе подкреплённых пластин и стержневых рам, схематизирующих подкреплённые обшивки вагона и рамы его тележек, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных технологий;
3	компьютерными технологиями прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде отверстий круговой и эллиптической формы.

**4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Курс	Часы	Код компетенции	Учебная литература ресурсы сети «Интернет»
-------------	---	------	------	-----------------	--

	<b>Раздел 1. Введение. Физические основы строительной механики</b>				
1.1	Объёмное напряжённое состояние, закон равновесия Ньютона для напряжений /Лек/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
1.2	Краевые условия для напряжений на поверхности упругого тела, преобразование поворота при определении главных напряжений /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л4.1, Э1
1.3	Деформирование тел самоуравновешенной нагрузкой. Принцип Сен-Венана. Примеры самоуравновешенных нагрузок /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1 Л2.1 Л3.1, Э1
1.4	Растяжение стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий /Лаб/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
-1.5	Деформации, соотношения Коши для деформаций /Лек/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1 Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
1.6	Виды закрепление тел на опорах и их влияние на деформирование при растяжении стержня /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
1.7	Изгиб консольной балки и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л2.1 Э1
1.8	Связь напряжений и деформаций. Закон Гука для одномерного и общего случаев /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
1.9	Выражение напряжений через деформации из соотношений закона Гука. Выражение модуля сдвига материала через модуль продольной упругости и коэффициент Пуассона /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л4.1, Э1
	<b>Раздел 2. Постановка задач строительной механики</b>				
2.1	Деформирование полых цилиндров внутренним давлением. Плоско-напряжённое состояние /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
2.2	Упругая работа ферменной конструкции и её анализ с помощью информационных компьютерных технологий /Лаб/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
2.3	Уравнения теории упругости в перемещениях /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
2.4	Соотношения теории упругости в цилиндрических и сферических координатах. Принцип Даламбера при рассмотрении динамических задач теории упругости /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л4.1, Э1
	<b>Раздел 3. Основные модельные задачи строительной механики</b>				
3.1	Нагружение тонкостенных цилиндров краевой осесимметричной нагрузкой /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.2	Одноосное растяжение пластины с отверстием эллиптической формы	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Э1

	и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий /Ср/				
3.3	Плоская задача строительной механики /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
3.4	Нагружение полуплоскости плоским штампом /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.5	Растяжение тонкой пластины с трещиной и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.6	Осесимметричная задача теории упругости /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
3.7	Осесимметричное растяжение упругого полупространства со сферической полостью. Осесимметричное растяжение упругого полупространства со сфероидальной полостью /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л4.1, Э1
3.8	Прессовое соединение цилиндров с натягом. Теоретический анализ /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.9	Моделирование с помощью информационных компьютерных технологий контактного взаимодействия упругих сферы и полупространства /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.10	Постановка задач термоупругости /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
3.11	Наружный осесимметричный обогрев полого цилиндра. Осесимметричный обогрев полого цилиндра /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л4.1, Э1
3.12	Наружный обогрев и термоупругое деформирование полого упругого цилиндра и его моделирование с помощью информационных компьютерных технологий /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.13	Растяжение упругого тела со сфероидальной полостью, его моделирование с помощью информационных технологий /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.14	Внутренний разогрев полого цилиндра осесимметричным температурным полем /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
3.15	Поперечные свободные колебания бруса /Ср	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1
	<b>Раздел 4. Теоретические основы информационных компьютерных технологий решения задач строительной механики</b>				
4.1	Метод конечных элементов (МКЭ). Дискретная формулировка основных законов строительной механики	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1, Л3.2, Л4.1, Э1

	ки /Ср/				
4.2	Аппроксимация перемещений и напряжений в пределах конечного элемента. Локальные координаты конечного элемента/Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Э1, Э2
4.3	Линейные и квадратичные конечные элементы – достоинства и недостатки/Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.2, Л4.1, Э1
4.4	Прессовое соединение цилиндров с натягом. и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1, Л3.1, Л3.2, Э1
4.5	Основные этапы и оценка достоверности результатов применения метода конечных элементов. Применение метода в информационных компьютерных технологиях /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Л3.2, Э1, Э2
4.6	Возбуждение вынужденных затухающих колебаний упругого стержня и его анализ с помощью информационных компьютерных технологий /Ср/	3	2	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Л3.2, Э1
	Подготовка к сдаче зачёта /Зачёт/	3	4	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Л1.1, Л1.2, Л1.2, Л2.1 Л3.1, Л3.2, Э1

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

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине разрабатывается в соответствии с Положением о формировании фондов оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной и государственной итоговой аттестации № П.312000.06.7.188-2017.

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

#### **6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

##### **6.1 Учебная литература**

##### **6.1.1 Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн
Л1.1, Л1.2,	Горшков А. Г. , Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д. В.	Теория упругости и пластичности: учебник Электронный адрес: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=76683&amp;sr=1">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&amp;id=76683&amp;sr=1</a>	М.: Физматлит, 2002	100% онлайн



Л1.2	Котович А.В.. Станкевич И.В.	Решение задач теории упругости методом конечных элементов: учебное пособие Электронный адрес <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=257610">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=257610</a>	М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012	100% онлайн
<b>6.1.2 Дополнительная литература</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн
Л2.1	Васильев В.З.	Основы и некоторые специальные задачи теории упругости.  Электронный адрес: <a href="https://e.lanbook.com/book/6061#book">https://e.lanbook.com/book/6061#book</a>	Изд-во "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте". – 2012.	100% онлайн
<b>6.1.3 Методические разработки</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания/ Личный кабинет обучающегося	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн
Л3.1	Пимштейн П. Г.	Теория упругости: курс лекций	Иркутск: ИргУПС, 2011	44
Л3.2	Цвик Л.Б..	Вычислительная механика деформирования элементов конструкций и метод конечных элементов: учебное пособие	Иркутск: ИргУПС, 2005.	185

<b>6.1.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине</b>				
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год издания/ Личный кабинет обучающегося	Кол-во экз. в библиотеке/ 100% онлайн
Л4.1	Васильев В.З.	Основы и некоторые специальные задачи теории упругости.  Электронный адрес: <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/6061/#1">https://e.lanbook.com/reader/book/6061/#1</a>	Изд-во "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте",	100% онлайн

		2012
<b>6.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</b>		
Э.1	Электронная библиотечная система "Лань": <a href="https://www.e.lanbook.com/book/">https://www.e.lanbook.com/book/</a>	
Э.2	Университетская библиотека online: <a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	
<b>6.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)</b>		
<b>6.3.1 Перечень базового программного обеспечения</b>		
6.3.1.1	ОС Microsoft Windows XP Professional, количество – 227, лицензия № 44718499; ОС Microsoft Windows 7 Professional, количество – 100, лицензия № 49379844	
6.3.1.2	Офисный пакет Microsoft Office 2010, количество – 155, Лицензия № 48288083; Libre Office v. 5.2, свободно распространяемое ПО, <a href="https://ru.libreoffice.org">https://ru.libreoffice.org</a>	
<b>6.3.2 Перечень специализированного программного обеспечения</b>		
6.3.2.1	КОМПАС-3D V16, количество – 50; язык – русский; лицензионное соглашение КАД-16-1302, КОНТРАКТ №0334100010016000113-0000756-02 от 25.11.2016г.	
6.3.2.2	NASTRAN (Patran CAE Solid Modeling Class pack, MD Nastran Exterior Acoustics Team pack, Fatigue Complete Package Team pack) сетевая версия; количество – 150; язык – английский; УЧ. ПРОЦ, Сертификат RE008453ISR	
<b>6.3.3 Перечень информационных справочных систем</b>		
6.3.3.1	Информационно-поисковая система Google-Chrome; версия 56.0; свободная версия	

<b>7 ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА</b>	
1	Корпуса А, Б, В, Г, Д, Е ИрГУПС находятся по адресу г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15; корпус Л – по адресу г. Иркутск, ул. Лермонтова, д.80.
2	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых проектов, работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (ноутбук, проектор, экран), служащими для представления учебной информации большой аудитории. Для проведения занятий лекционного типа имеются учебно-наглядные пособия (презентации, плакаты, таблицы), обеспечивающие тематические иллюстрации содержания дисциплины.
3	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ, использующих компьютерные технологии: аудитория Д-318 – компьютерный класс – «АРМ кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»» – (15 посадочных мест)
4	Учебный полигон с фрагментами транспортной техники, учебный полигон с образцами транспортной техники различных типов, лаборатории кафедры с комплексами наглядных пособий по изучению транспортной техники и её деталей, компьютерный класс, оборудованный вычислительной техникой, обеспечивающей доступ обучающемуся к сети ИНТЕРНЕТ, а также доступ к электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС через его личный кабинет.

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)</b>	
Вид учебной деятельности	Организация учебной деятельности обучающегося

Лекция	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки. Обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. 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. Уделить внимание следующим понятиям (перечисление понятий) и др.</p>
Лабораторная работа	<p>Лабораторная работа – вид учебного занятия, направленный на углубление и закрепление знаний, практических навыков, овладение современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой специалиста или бакалавра, состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий. Экспериментальная часть работы может выполняться в процессе исследования виртуального прототипа изучаемого объекта.</p> <p>Лабораторные работы являются частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, относятся к средствам, обеспечивающим решение следующих задач:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;</li> <li>- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;</li> <li>- получение новой информации по изучаемой дисциплине;</li> <li>- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием, приборами или программными комплексами, реализующими создание виртуального прототипа исследуемого объекта.</li> </ul> <p>Выполнение лабораторных работ базируется на материале, изложенном в лекциях или основной литературе, рекомендованной для данной дисциплины.</p>
Самостоятельная работа	<p>Самостоятельная работа является видом учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредовано через специальные учебные материалы, предусматривающая, прежде всего, индивидуальную работу в соответствии с установкой преподавателя, учебника или программы обучения. Самостоятельная работа предназначена не только для овладения дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще. В частности для их формирования в учебной, научной и профессиональной деятельности, для формирования способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т. д. Необходимым условием для самостоятельной работы является планирование своего рабочего времени. Изучая учебную дисциплину, студент, прежде всего, должен ознакомиться с рабочей программой дисциплины, учебным планом, расписанием занятий и методическими указаниями и после этого приступить к чтению рекомендуемой литературы. Рекомендуется не только ознакомиться с этими документами, но и изучить их.</p>
<p>Комплекс учебно-методических материалов по всем видам учебной деятельности, предусмотренным рабочей программой дисциплины, размещен в электронной информационно-образовательной среде ИрГУПС, доступной обучающемуся через его личный кабинет.</p>	

**Приложение 1 к рабочей программе по дисциплине Б1.Б.1.ДС.03 «Конструирование и расчет вагонов»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**для проведения текущего контроля успеваемости**  
**и промежуточной аттестации по дисциплине**  
**Б1.В.ДВ.05.02 «Основы механики деформирования**  
**деталей вагонов»**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине Б1.В.ДВ.05.01 «Основы механики деформирования деталей вагонов» разработан в соответствии с ФГОС ВО по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог (уровень специалитета), утвержденным Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.10.2016 г. № 1295, и на основании учебного плана по специальности 23.05.03 Подвижной состав железных дорог, специализация «Вагоны», утвержденного решением Учёного совета ИрГУПС от 21.08.2017 г, протокол №16.

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине Б1.В.ДВ.05.01 «Основы механики деформирования деталей вагонов» рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» с участием основных работодателей 21.08.2017 г. , протокол № 11

## **СОДЕРЖАНИЕ**

- 1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
- 2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
- 3 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
- 4 Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

## **1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы**

Дисциплина «Основы строительной механики вагонов» участвует в формировании компетенций:

ОПК-3	способность приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии;
ОПК-7	способность применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, исследовать динамику и прочность элементов подвижного состава, оценивать его динамические качества и безопасность
ПК-2	способность понимать устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава, владение техническими условиями и требованиями, предъявляемыми к подвижному составу при выпуске после ремонта, теорией движения поезда, методами реализации сил тяги и торможения, методами нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, технологиями тяговых расчетов, методами обеспечения безопасности движения поездов при отказе тормозного и другого оборудования подвижного состава, методами расчета потребного количества тормозов, расчетной силы нажатия, длины тормозного пути, готовностью проводить испытания подвижного состава и его узлов, осуществлять разбор и анализ состояния безопасности движения

**Таблица траекторий формирования у обучающихся компетенций ПСК-2.2  
при освоении образовательной программы**

Код компетенции	Наименование компетенции	Индекс и наименование дисциплин (модулей)/ практик, участвующих в формировании компетенции	Семестр изучения дисциплины	Этапы формирования компетенции
ОПК-3	способность приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии;	Б1.Б.1.10 Математика-1	1	1
		Б1.Б.1.11 Физика-1	1	
		Б1.Б.1.14 Химия	1	
		Б1.Б.1.19 Начертательная геометрия	1	
		Б1.Б.1.11 Физика-2	2	
		Б1.Б.1.10 Математика-2	2	
		Б1.Б.1.13 Информатика	2	2
		Б1.Б.1.10 Математика-3	3	
		Б1.Б.1.16 Термодинамика и теплопередача	3	
		Б1.Б.1.10 Математика-4	4	
Б1.В.ДВ.05.01 Основы строительной механики вагонов	4	3		
Б3.Б.01 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	А			
ОПК-7	способность применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, исследовать динамику и прочность элементов подвижного состава, оценивать его динамические качества и безопасность	Б1.Б.1.12 Теоретическая механика.1	2	1
		Б1.Б.1.12 Теоретическая механика.1	3	
		Б1.Б.1.28 Сопротивление материалов	3	2
		Б1.Б.1.28 Сопротивление материалов	4	
		Б1.В.01 Основы конструирования вагонов	4	
		Б1.В.ДВ.05.01 Основы строительной механики вагонов	4	
		Б1.Б.1.40.01 Основы механики подвижного состава.1	6	3
		Б1.Б.1.40.02 Основы механики подвижного состава.1	6	

		состава.2				
		Б1.В.ДВ.03.01 Методы анализа динамики вагонов	9	4		
		Б1.В.ДВ.03.02 Экспертиза вагонов	9			
		Б3.Б.01 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	А	5		
ПК-2	способность понимать устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава, владение техническими условиями и требованиями, предъявляемыми к подвижному составу при выпуске после ремонта, теорией движения поезда, методами реализации сил тяги и торможения, методами нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, технологиями тяговых расчетов, методами обеспечения безопасности движения поездов при отказе тормозного и другого оборудования подвижного состава, методами расчета потребного количества тормозов, расчетной силы нажатия, длины тормозного пути, готовностью проводить испытания подвижного состава и его узлов, осуществлять разбор и анализ состояния безопасности движения	Б1.Б.1.30.01 Подвижной состав железных дорог.1	3	1		
		Б1.Б.1.30.02 Подвижной состав железных дорог.2	4			
		Б1.В.ДВ.05.01 Основы строительной механики вагонов	4			
		Б2.Б.02(У) Учебная - технологическая	4			
		Б1.Б.1.31 Организация обеспечения безопасности движения и автоматические тормоза.1	7	2		
		Б1.В.03 Электрооборудование и системы жизнеобеспечения пассажирских вагонов	7			
		Б1.Б.1.31 Организация обеспечения безопасности движения и автоматические тормоза.2	8			
		Б1.Б.1.38 Теория тяги поездов	8			
		Б1.Б.1.ДС.05 Тормозные системы вагонов (теория, конструкция, расчет)	8			
				Б1.В.ДВ.03.01 Методы анализа динамики вагонов	9	3
				Б1.В.ДВ.03.02 Экспертиза вагонов	9	
				Б3.Б.01 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	А	4



**Таблица соответствия уровней освоения компетенций ОПК-3, ОПК-7, ПК-2  
планируемым результатам обучения**

Код компетенции	Наименование компетенции	Наименования разделов дисциплины (модуля)/практики	Уровни освоения компетенций	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции)
ОПК-3	способность приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии;	<p>Раздел 1. Введение. Физические основы строительной механики</p> <p>Раздел 2. Постановка задач строительной механики</p> <p>Раздел 3. Основные модельные задачи строительной механики</p> <p>Раздел 4. Теоретические основы информационных компьютерных технологий решения задач строительной механики</p>	Минимальный уровень	<p>знать основные законы строительной механики – уравнения связи напряжений и деформаций, уравнения равновесия в напряжениях, а также уравнения связи деформаций и перемещений, лежащих в основе информационных технологий оценки напряжённо-деформированного состояния (НДС) тел произвольной формы, схематизирующих детали вагонов;</p> <p>уметь использовать при реализации информационных компьютерных технологий расчёта вагонов в качестве тестов аналитические решения одномерных задач строительной механики о деформировании тонких стержней и стержневых систем;</p> <p>владеть методикой оценки достоверности результатов применения информационных компьютерных технологий оценки прочности кузовов полувагонов и крытых вагонов, основанной на использовании аналитических решений задач строительной механики о деформировании тонких стержней и стержневых систем.</p>
			Базовый уровень	знать двумерные математические модели

			<p>деформирования, определяющие НДС несущих стенок вагонов и стенок вагонов-цистерн, а также основные методы инженерного анализа указанных элементов вагонов, лежащие в основе информационных компьютерных технологий оценки их динамики и прочности;</p> <p>уметь с помощью известных аналитических решений двумерных задач строительной механики о деформировании пластин и оболочек оценить достоверность результатов применения информационных компьютерных технологий для определения НДС тонкостенных несущих стенок полувагонов, крытых вагонов и вагонов-цистерн;</p> <p>владеть методикой оценки достоверности результатов расчёта элементов вагонов на прочность, полученных с помощью информационных компьютерных технологий, основанной на применении аналитических результатов решений двумерных уравнений строительной механики для тонкостенных пластин и осесимметричных оболочек;</p>
		Высокий уровень	<p>знать модельные решения трёхмерных пространственных задач строительной механики о напряжённо-деформируемом состоянии (НДС) тел с концентраторами напряжений и использовать их в качестве тестовых задач для оценки достоверности результатов, получаемых с помощью</p>

				<p>информационных компьютерных технологий анализа НДС элементов и деталей вагонов;</p> <p>уметь с помощью известных аналитических решений пространственных модельных задач строительной механики оценивать достоверность результатов применения информационных компьютерных технологий для оценки прочности деталей вагонов с концентраторами напряжений;</p> <p>владеть навыками оценки достоверности результатов анализа трёхмерного НДС и прочности объёмных тел базовой геометрической формы (плит, цилиндров, упругого пространства и т.п.), схематизирующих несущие элементы вагона, при наличии в них концентраторов напряжений.</p>
ОПК-7	<p>способность применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, исследовать динамику и прочность элементов подвижного состава, оценивать его динамические качества и безопасность</p>	<p>Раздел 1. Введение. Физические основы строительной механики</p> <p>Раздел 2. Постановка задач строительной механики</p> <p>Раздел 3. Основные модельные задачи строительной механики</p> <p>Раздел 4. Теоретические основы информационных компьютерных технологий решения задач строительной механики</p>	Минимальный уровень	<p>знать методику создания одномерных геометрических и деформационных моделей (виртуальных прототипов) деталей и узлов вагонов, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;</p> <p>уметь создавать и исследовать с помощью компьютерных технологий одномерные виртуальные прототипы деформируемых тел, схематизирующих стойки и детали обвязки кузовов крытых вагонов, позволяющих анализировать их прочность с помощью информационных компьютерных</p>

			технологий; владеть навыками создания одномерных геометрических и деформационных моделей (виртуальных прототипов) деталей и узлов вагонов, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;
			методику создания одномерных и двумерных виртуальных прототипов элементов вагона, в том числе подкреплённых пластин и стержневых рам, схематизирующих подкреплённые обшивки вагона и рамы его тележек, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;
		Базовый уровень	анализировать динамику и прочность одномерных и двумерных виртуальных прототипов, в том числе подкреплённых пластин и стержневых рам, схематизирующих подкреплённые обшивки вагонов, рам тележек и т.п.), необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;
			навыками создания одномерных и двумерных виртуальных прототипов элементов вагона, в том числе подкреплённых пластин и стержневых рам, схематизирующих подкреплённые обшивки вагона и рамы его тележек, необходимых для анализа их динамики и прочности с помощью информационных компьютерных технологий;

				технологий;
				<p>знать методику представления расчётных схем устройства и статического и динамического взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде твёрдых упругих тел;</p> <p>уметь разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные схемы устройства и статического и динамического взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики;</p> <p>владеть навыками применения компьютерных технологий прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и статическое и динамическое взаимодействие узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде твёрдых упругих тел – брусьев, толстостенных цилиндров, массивных тел с отверстиями и выемками.</p>
			Высокий уровень	
ПК-2	способность понимать устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава, владение техническими условиями и требованиями, предъявляемыми к подвижному составу при выпуске после	<p>Раздел 1. Введение. Физические основы строительной механики</p> <p>Раздел 2. Постановка задач строительной механики</p> <p>Раздел 3. Основные модельные задачи строительной механики</p>	Минимальный уровень	<p>знать методику представления расчётных схем устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования простейших конструктивных элементов строительной</p>

	<p>ремонта, теорией движения поезда, методами реализации сил тяги и торможения, методами нормирования расхода энергоресурсов на тягу поездов, технологиями тяговых расчетов, методами обеспечения безопасности движения поездов при отказе тормозного и другого оборудования подвижного состава, методами расчета потребного количества тормозов, расчетной силы нажатия, длины тормозного пути, готовностью проводить испытания подвижного состава и его узлов, осуществлять разбор и анализ состояния безопасности движения</p>	<p>Раздел 4. Теоретические основы информационных компьютерных технологий решения задач строительной механики</p>		<p>механики – стержней, пластин и оболочек, не имеющих конструктивных концентраторов механических напряжений; уметь разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные схемы устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования простейших конструктивных элементов строительной механики; владеть компьютерными технологиями прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования простейших конструктивных элементов строительной механики – стержней, пластин и оболочек, не имеющих конструктивных концентраторов напряжений.</p>
			<p>Базовый уровень</p>	<p>знать методику представления расчётных схем устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования двумерных конструктивных элементов строительной механики – тонкостенных пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы напряжений в виде круговых или эллиптических отверстий; уметь разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные</p>

			<p>схемы устройства и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде круговых или эллиптических отверстий;</p> <p>владеть компьютерными технологиями прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде пластин и оболочек, имеющих конструктивные концентраторы механических напряжений в виде отверстий круговой и эллиптической формы.</p>
			<p>знать методику представления расчётных схем устройства и статического и динамического взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде твёрдых упругих тел;</p>
			<p>Высокий уровень</p> <p>уметь разрабатывать и анализировать с помощью компьютерных технологий расчётные схемы устройства и статического и динамического взаимодействия узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной</p>

				<p>механики;</p> <p>владеть навыками применения компьютерных технологий прочностного анализа расчётных схем, моделирующих устройство и статическое и динамическое взаимодействие узлов и деталей подвижного состава на основе использования конструктивных элементов строительной механики в виде твёрдых упругих тел – брусьев, толстостенных цилиндров, массивных тел с отверстиями и выемками.</p>
--	--	--	--	---

**Программа контрольно-оценочных мероприятий  
за период изучения дисциплины**

№	Неделя	Наименование контрольно-оценочного мероприятия	Объект контроля (понятия, тема / раздел дисциплины, компетенция, и т.д.)	Наименование оценочного средства (форма проведения)
<b>4 семестр</b>				
1	1-2	Текущий контроль	<p>Тема: "Растяжение и изгиб балки и анализ их напряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта. /Лаб/</p>	<p>ОПК-3, ОПК-7, ПК-2</p> <p>Защита лабораторной работы</p>
2	3-4	Текущий контроль	<p>Тема: "Упругое деформирование ферменной конструкции и анализ её напряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.</p>	<p>ОПК-3, ОПК-7, ПК-2</p> <p>Защита лабораторной работы</p>
3	5-6	Текущий контроль	<p>Тема 1: "Одноосное растяжение пластины с малыми отверстиями круговой и эллиптической формы и анализ напряжённого состояния и прочности таких пластин с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p>	<p>ОПК-3, ОПК-7, ПК-2</p> <p>Защита лабораторной работы</p>



			<p>Тема 2: "Одноосное растяжение пластины с малым отверстием эллиптической формы и анализ напряжённого состояния и прочности этой пластины с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.</p>		
4	7-8	Текущий контроль	<p>Тема 1: "Осесимметричное деформирование полого цилиндра внутренним давлением в условиях плоской деформации и анализ его напряжённого состояния с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN "</p> <p>Тема 2: "Растяжение тонкой пластины с малой трещиной (дефектом) и анализ её напряжённого состояния с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN и анализ её напряжённого состояния с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.</p>	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Защита лабораторной работы
5	9-10	Текущий контроль	<p>Тема 1: "Осесимметричное растяжение упругого тела со сферической полостью (дефектом). и анализ его напряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Тема 2: "Осесимметричное растяжение упругого тела с эллиптической полостью (сфероидным дефектом). и анализ его напряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.</p>	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Защита лабораторной работы
6	11-12	Текущий контроль	<p>Тема 1: " Нагружение полуплоскости плоским штампом</p>	ОПК-3,	Защита лабораторной работы

			<p>и анализ контактного взаимодействия с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Тема 2: " Прессовое соединение цилиндров с натягом и анализ его напряжённого состояния с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN. "</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.</p>	ОПК-7, ПК-2	
7	13-14	Текущий контроль	<p>Тема 1: " Моделирование контактного взаимодействия упругих сферы и полупространства и анализ напряжённого состояния сопрягаемых тел и их прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.</p>	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Защита лабораторной работы
8	15-16	Текущий контроль	<p>Тема 1: " Наружный осесимметричный обогрев полого цилиндра и анализ его термонапряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Тема 2: " Внутренний разогрев полого цилиндра осесимметричным температурным полем и анализ его термонапряжённого состояния и прочности с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.</p>	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Защита лабораторной работы
9	17-18	Текущий контроль	<p>Тема 1: "Поперечные свободные колебания бруса и анализ его поведения с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного комплекса NASTRAN"</p> <p>Тема 2: "Переходные процессы при вынужденных колебаниях бруса и анализ его поведения с помощью информационных компьютерных технологий средствами программного</p>	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Защита лабораторной работы

			комплекса NASTRAN" Выполнение индивидуального задания и оформление отчёта.		
10	18	Промежуточная аттестация – зачёт	Раздел 1. Введение. Физические основы строительной механики Раздел 2. Постановка задач строительной механики Раздел 3. Основные модельные задачи строительной механики Раздел 4. Теоретические основы информационных компьютерных технологий решения задач строительной механики	ОПК-3, ОПК-7, ПК-2	Устно (вопросы и задания по разделам)

## 2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, 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/или двухбалльная шкала: «зачтено», «не зачтено».

Перечень оценочных средств, используемых для оценивания компетенций на различных этапах их формирования, а так же краткая характеристика этих средств приведены в таблице

№	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
2	Защита лабораторной работы	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно 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	Темы лабораторных работ и требования к их защите
4	Зачёт	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 (билетов) к зачёту

### Критерии и шкалы оценивания результатов выполнения лабораторной работы при проведении текущего контроля успеваемости

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок,

	<p>письменный отчет без замечаний.</p> <p>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</p>
«хорошо»	<p>Лабораторная работа выполнена в обозначенный преподавателем срок, письменный отчет с небольшими недочетами.</p> <p>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)</p>
«удовлетворительно»	<p>Лабораторная работа выполнена с задержкой, письменный отчет с недочетами.</p> <p>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</p>
«неудовлетворительно»	<p>Лабораторная работа не выполнена, письменный отчет не представлен.</p> <p>Результаты, полученные обучающимся не позволяют сделать правильных выводов и полностью расходятся с поставленной целью. Показывается плохое знание теоретического материала и отсутствие необходимых умений.</p> <p>Лабораторная работа не выполнена, у учащегося отсутствуют необходимые для проведения работы теоретические знания, практические умения и навыки</p>

**Критерии и шкалы оценивания компетенций в результате изучения дисциплины при проведении промежуточной аттестации в форме зачета, а также шкала для оценивания уровня освоения компетенций**

Шкалы оценивания		Критерии оценивания	Уровень освоения компетенций
«отлично»	«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 знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы	Высокий
«хорошо»		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
«удовлетворительно»		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	Минимальный

		учебного материала. Допустил много неточностей при ответе на дополнительные вопросы	
«неудовлетворительно»	«не зачтено»	Обучающийся при ответе на вопросы и при выполнении заданий продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении задач в рамках учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов	Компетенции не сформированы

### **3 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**

#### **3.1 Перечень теоретических вопросов, расчётных и практических заданий к зачёту**

1. Основные задачи, а также роль строительной механики и механики деформирования в обеспечении работоспособности вагонов. Критериальные характеристики напряжённо-деформированного состояния несущих элементов вагонов и экспериментальные данные о критериях прочности их несущих элементов.

2. 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.

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

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

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

6. 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.

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

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

9. 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.

10. Краевые условия деформирования несущих элементов вагонов – основные типы и примеры реализации краевых перемещений, краевых распределённых нагрузок, а также условий контактного взаимодействия в несущих элементах вагонов.

11. Напряжения на наклонной площадке, тензор напряжений, главные напряжения и критерии прочности материала несущих элементов вагона.

12. Системы координат при описании напряжённо-деформированного состояния деформируемых деталей. Преобразование поворота и тензор напряжений в двумерном случае.

13. Криволинейные системы координат. Полярная система координат.

14. Напряжения на наклонной площадке и формулировка краевых условий в напряжениях для несущих конструктивных элементов различного назначения.

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

16. Кривые деформирования различных конструкционных сталей. Предел упругости и предел текучести конструкционных сталей. Механические характеристики конструкционных сталей, применяемых при изготовлении деталей вагонов.

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

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

19. Усталость металла и её связь с ресурсом пластичности материала. Пути повышения трещиностойкости несущих элементов вагона.

20. Пример построения простейшей одномерной математической модели деформирования стержня продольными нагрузками. Основные законы деформирования для этого случая и их приведение к виду, удобному для анализа. Пути обобщения этой модели на случай объёмного деформирования несущих элементов вагонов.

21. Математическая модель объёмного трёхмерного деформирования и её роль при оценке прочностной работоспособности несущих элементов вагонов.

22. 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.

23. Плоская задача теории упругости. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малым отверстием эллиптической формы, приведите примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде отверстий эллиптической формы.

24. 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.

25. Осесимметричные задачи упругого деформирования, задача об осесимметричном нагружении внутренней и наружной поверхностей полой сферы (задача Ламе для сферы).

26. Уравнения связи напряжений и деформаций при наличии температурных деформаций. Математическая модель термоупругого деформирования.

27. Задача термоупругости о неравномерном нагреве тонкой пластины, закреплённой по краям.

28. 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.

29. 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.

30. Двумерный анализ плоского изгиба балок, оценка погрешности приближенной одномерной теории науки о сопротивлении материалов.

31. Задача о напряжённой посадке с натягом соосных цилиндров, примеры несущих элементов вагонов, соединённых с натягом.

32. Задача об одноосном растяжении тонкой пластины с малой трещиной. Виды трещин.

33. Коэффициент интенсивности напряжений в упругом теле с трещиной. Устойчивость трещин и хрупкое разрушение упругих тел.

34. Задача о контактном взаимодействии жёсткого штампа с плоским основанием и упругой полуплоскости. Пример контактного взаимодействия с угловой точкой на контакте деталей вагона.

35. Задача о контактном взаимодействии выпуклых упругих тел (задача Герца). Контактное взаимодействие колеса и рельса, его особенности и влияние на износ поверхностей катания колёс и рельсов.

36. Оцените с помощью заданных формул концентрацию напряжений вблизи круговых отверстий в одноосно растягиваемой круглой тонкой пластины с круговым отверстием. Приведите примеры растягиваемых деталей вагонов с концентраторами напряжений в виде круговых отверстий.

37. 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.

38. Оцените с помощью заданных формул погрешность одномерной теории плоского изгиба балок для балки с заданными геометрическими размерами.

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

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

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

42. МКЭ как метод рядов (одномерный случай) – описание выбора и свойства базисных функций с линейным представлением перемещений.

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

44. МКЭ в двумерном случае. Конечные элементы с линейным представлением перемещений. Условия равновесия узлов дискретизации в двумерном случае.

45. Основные достоинства и возможные погрешности МКЭ. Теоретические и практические методы оценки и снижения погрешности метода конечных элементов при проведении конкретного инженерного расчёта.

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

47. Погрешность МКЭ. Практические методы её оценки и снижения при оценке напряжённо-деформированного состояния несущих элементов вагона.

48. Компьютерные технологии реализации МКЭ, входная информация, необходимая для подготовки конечноэлементного расчёта напряжений и деформаций в деформируемых деталях.

49. Компьютерные технологии реализации МКЭ при оценке напряжённо-деформированного состояния деталей вагонов.

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

51. Реализация МКЭ в задаче о растяжении стержня. Порядок решения задачи с помощью программных средств, реализующих МКЭ. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

52. Реализация МКЭ в задаче об изгибе стержня. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Методика снижения погрешности получаемого приближения.

53. Реализация МКЭ 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.

54. Реализация МКЭ в задаче об одноосном 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.

55. Реализация МКЭ 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.

56. Реализация МКЭ в задаче о нагружении кругового полого цилиндра внутренним давлением. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений. Метод снижения погрешности получаемого приближения.

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

58. Реализация МКЭ 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.

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

60. Реализация МКЭ 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.

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

62. Реализация МКЭ в осесимметричной задаче о термонапряжённом состоянии упругого цилиндра, обогреваемого заданным температурном поле. Порядок решения. Расположение зоны максимального уровня напряжений.

#### **4 Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

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

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета преподаватель использует для оценивания типовую процедуру зачёта в форме собеседования по билетам, включающим в себя два теоретических вопроса, а также одно практическое задание. Указанные вопросы задания сформулированы таким образом, что позволяют оценить знания, умения и владения навыками/опытом деятельности обучающихся при освоении дисциплины. Кроме того, преподаватель учитывает результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра, полученные при защите лабораторных работ. Теоретические вопросы и практические задания выбираются из перечня вопросов к зачёту.



С целью использования результатов текущего контроля успеваемости, преподаватель подсчитывает среднюю оценку уровня сформированности компетенций обучающегося (сумма оценок, полученных обучающимся, делится на число оценок).

Распределение теоретических вопросов по билетам для зачёта находится в закрытом для обучающихся доступе. Разработанный комплект билетов (25-30 билетов) не выставляется в электронную информационно-образовательную среду ИрГУПС, а хранится на кафедре-разработчике ФОС на бумажном носителе в составе ФОС.

На зачёте обучающийся берет билет, для подготовки ответа на билет обучающемуся отводится время в пределах 45 минут. В процессе ответа обучающегося на вопросы и задания билета, преподаватель может задавать дополнительные вопросы.

Каждый вопрос/задание билета оценивается по четырехбалльной системе, а далее вычисляется среднее арифметическое оценок, полученных за каждый вопрос/задание. Среднее арифметическое оценок округляется до целого по правилам округления.

**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	Оценка
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»

Составитель \_\_\_\_\_ Л.Б. Цвик

