

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«Петербургский государственный университет путей сообщения  
Императора Александра I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Кафедра *«Железнодорожный путь»*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

*Б1.В.18 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРХНЕГО  
СТРОЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ»*

для специальности

*23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей»*

по специализации

*«Управление техническим состоянием железнодорожного пути»*

Форма обучения – очная, заочная

Санкт-Петербург  
2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
«Железнодорожный путь»

Протокол № 8 от 08 апреля 2022 г.

И. о. заведующий кафедрой  
«Железнодорожный путь»

08 апреля 2022 г.



А.В. Романов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП

08 апреля 2022 г.



А.В. Романов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Проектирование и расчет элементов верхнего строения железнодорожного пути» (Б1.В.18) (далее – дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки/специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей» (далее – ФГОС ВО), утвержденного 27 марта 2018 г., приказ Минобрнауки России № 218, с учетом профессионального стандарта 17.049 «Руководитель участка производства по текущему содержанию и ремонту верхнего строения пути, искусственных сооружений железнодорожного транспорта», утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 2 февраля 2017 г. № 133н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 27 февраля 2017 г., регистрационный № 45796).

Целью изучения дисциплины является подготовка обучающихся к решению профессиональных задач в соответствии с видами профессиональной деятельности: производственно-технологической, организационно-управленческой, проектно-исследовательской и проектно-конструкторской, научно-исследовательской.

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- изучение нормативно-технических и руководящих документов для проектирования и расчета элементов верхнего строения железнодорожного пути;
- изучение методов и методик проектирования и расчета элементов верхнего строения пути на прочность, устойчивость и долговечность с использованием современных систем автоматизированного проектирования и программных комплексов для инженерных расчетов;
- изучение дефектов элементов верхнего строения пути, порядок и сроки их устранения, а также анализ причин возникновения дефектов;
- приобретение умений и практических навыков по выполнению математического моделирования взаимодействия пути и подвижного состава, по расчету конструкций железнодорожного пути на прочность, устойчивость и долговечность, в том числе с использованием современного программного обеспечения;

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПК-1. Организация выполнения работ по ремонту и текущему содержанию верхнего строения пути и земляного полотна железнодорожного транспорта	
ПК-1.1.3. Знает виды и причины повреждений и дефектов элементов верхнего строения пути и земляного полотна, порядок	<i>Обучающийся знает:</i> <ul style="list-style-type: none"><li>– технические характеристики и конструктивные особенности верхнего строения железнодорожного пути</li><li>– виды дефектов элементов верхнего строения пути и причины их развития;</li></ul>

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
и сроки их устранения	– порядок и сроки устранения дефектов элементов верхнего строения пути.
ПК-3. Организация планирования и выполнения работ по ремонту и текущему содержанию верхнего строения пути, земляного полотна, искусственных сооружений железнодорожного транспорта	
ПК-3.2.3. Умеет производить анализ причин, вызвавших неисправности верхнего строения пути, земляного полотна, искусственных сооружений	<i>Обучающийся умеет:</i> – производить анализ причин, вызвавших дефекты в элементах верхнего строения пути.
ПК-7. Выполнение текстовой, расчетной и графической частей проектной продукции по отдельным узлам и элементам железных дорог	
ПК-7.1.3. Знает методы и методики расчетов узлов и элементов объектов инфраструктуры железных дорог, в том числе на высокоскоростных магистралях	<i>Обучающийся знает:</i> – методы и методики расчетов верхнего строения пути на прочность, устойчивость и долговечность в том числе на высокоскоростных магистралях; - знает теоретические основы методов и методик математического моделирования для расчетов конструкций верхнего строения пути; - программные комплексы, применяемые для расчетов конструкций верхнего строения пути.
ПК-7.2.2. Умеет использовать современное программное обеспечение для расчетов конструкций объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта	<i>Обучающийся умеет:</i> – использовать современное программное обеспечение для расчетов конструкций железнодорожного пути, в том числе на высокоскоростных магистралях.
ПК-7.2.3. Умеет выполнять математическое моделирование объектов и процессов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	<i>Обучающийся умеет:</i> – выполнять математическое моделирование взаимодействия подвижного состава и железнодорожного пути на базе современных программных комплексов для инженерных расчетов.
ПК-7.2.4. Умеет выполнять проектирование и расчёт конструкций железнодорожного пути, земляного полотна и искусственных сооружений, в том числе на высокоскоростных магистралях	<i>Обучающийся умеет:</i> – выполнять проектирование и расчёт конструкций железнодорожного пути на прочность, устойчивость и долговечность в том числе на высокоскоростных магистралях на базе современных программных комплексов для инженерных расчетов.
ПК-7.3.4. Имеет навыки расчета и проектирования железных дорог и	<i>Обучающийся имеет навыки:</i> – по расчету верхнего строения пути на прочность;

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
искусственных сооружений с использованием современных компьютерных средств	– по расчету бесстыкового пути по условию прочности и устойчивости;

### 3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)».

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		7	8
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	106	64	42
– лекции (Л)	56	32	14
– практические занятия (ПЗ)	32	32	–
– лабораторные работы (ЛР)	28	–	28
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	106	76	30
Контроль	40	4	36
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3, КР / Э	Э, КР	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	252/7	144/4	108/3

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс
		5
Контактная работа (по видам учебных занятий) В том числе:	28	16
– лекции (Л)	12	12
– практические занятия (ПЗ)	8	8
– лабораторные работы (ЛР)	8	8
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	211	211
Контроль	13	13
Форма контроля (промежуточной аттестации)	Э, 3, КР	Э, 3, КР
Общая трудоемкость: час / з.е.	252/7	252/7

*Примечание: «Форма контроля» – экзамен (Э), зачет (З), зачет с оценкой (З\*), курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)*

### 5. Структура и содержание дисциплины

#### 5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Общие сведения о расчетах верхнего строения пути	<p><b>Лекция № 1–4 (8 часов)</b>            Общие сведения о расчетах железнодорожного пути. Цель и задачи расчетов.            Основные понятия о силах, действующих на путь. Воздействие на путь: подвижного состава, природных факторов и собственные воздействия.            Виды напряжений в рельсах: контактные напряжения; напряжения в зоне перехода головки в шейку рельса; напряжения в зоне перехода шейки в подошву рельса; напряжения в зоне болтовых отверстий.            Анализ причин повреждений и дефектов рельсов по дефектам контактно-усталостного характера.</p>	<p>ПК-1.1.3            ПК-7.1.3</p>
		<p><b>Практическое занятие № 1 (2 часа)</b>            Расчет собственных напряжений в рельсах верхнего строения железнодорожного пути.</p>	<p>ПК-7.1.3            ПК-7.2.4</p>
		<p><b>Практическое занятие № 2 (4 часа)</b>            Расчет контактных напряжений. Анализ причин возникновения дефектов контактно-усталостного характера в рельсах.</p>	<p>ПК-3.2.3            ПК-7.1.3            ПК-7.2.4</p>
		<p><b>Практическое занятие № 3 (2 часа)</b>            Расчет подголовочных напряжений в рельсах. Анализ причин возникновения дефектов пятой группы.</p>	<p>ПК-1.1.3            ПК-7.1.3            ПК-7.2.4</p>
		<p><b>Самостоятельная работа (20 часов)</b>            Подготовка к практическим занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы).            Выполнение курсовой работы.</p>	<p>ПК-1.1.3            ПК-3.2.3            ПК-7.1.3            ПК-7.2.4</p>
2	Практический метод расчета пути на прочность	<p><b>Лекция № 5–10 (12 часов)</b>            Практический метод расчета пути на прочность. Основные положения нормативно-технических документов по расчету пути на прочность.            Предпосылки и допущения к расчетной схеме. Расчетные характеристики пути. Основные положения статического расчета. Определение расчетных осей. Определение изгибающих моментов, давлений на шпалы и прогибов рельсов.            Вероятностный характер сил, действующих на путь. Определение вертикальных динамических сил, действующих на рельс.            Расчет напряженно-деформированного состояния элементов пути. Метод и</p>	<p>ПК-1.1.3            ПК-7.1.3</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		методика расчетов напряжений на основной площадке земляного полотна. Напряжения в элементах пути.	
		<b>Практическое занятие № 4 (2 часа)</b> Моделирование верхнего строения пути. Расчет модуля упругости пути.	ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
		<b>Практическое занятие № 5 (4 часа)</b> Моделирование верхнего строения пути. Построение линий влияния $\mu(kx)$ , $\eta(kx)$ .	ПК-7.2.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		<b>Практическое занятие № 6 (2 часов)</b> Расчет среднего и максимального вероятного значения динамической силы воздействия от колеса на рельс.	ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		<b>Практическое занятие № 7 (4 часов)</b> Расчет эквивалентных грузов. Определение расчетных осей. Решение дифференциального уравнения балки, лежащий на сплошном упругом основании. Расчет напряжений в элементах верхнего строения железнодорожного пути.	ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		<b>Практическое занятие № 8 (4 часов)</b> Расчет напряжений на основной площадке земляного полотна.	ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		<b>Самостоятельная работа (28 часов)</b> Подготовка к практическим занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Выполнение курсовой работы.	ПК-1.1.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
3	Расчеты бесстыкового пути и длинных рельсов	<b>Лекции № 11–16 (12 часов)</b> Бесстыковой путь. Общие положения. Отличительные признаки конструкции, его технические характеристики и конструктивные особенности. Напряженно-деформированное состояние рельсов различной длины при колебаниях температуры. Сопротивление продольным перемещениям рельсов. Требования нормативных документов по расчету бесстыкового пути на прочность и устойчивость. Расчет устойчивости пути. Моделирование устойчивости бесстыкового пути, результаты экспериментальных исследований. Методы и методика расчета устойчивости бесстыкового пути. Методы и методика расчета прочности рельсовых плетей. Методика комплексного расчета прочности и устойчивости бесстыкового	ПК-7.1.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		пути. Требования нормативных документов по определению расчетных температурных интервалов закрепления рельсовых плетей. Оптимизация температур закрепления плетей в пределах расчетного интервала. Требования нормативных документов, регламентирующих особенности конструкции, укладки и содержание бесстыкового пути в сложных эксплуатационных и природных климатических условиях.	
		<b>Практическое занятие № 9 (4 часов)</b> Комплексный расчет бесстыкового пути на прочность и устойчивость. Анализ причин нарушения прочности пути, причин возникновения температурного выброса.	ПК-1.1.3 ПК-3.2.3 ПК-7.3.4
		<b>Практическое занятие № 10 (4 часов)</b> Определение расчетного и оптимального интервала закрепления рельсовой плети на постоянный режим эксплуатации.	ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		<b>Самостоятельная работа (28 часов)</b> Подготовка к практическим занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Выполнение курсовой работы.	ПК-7.1.3 ПК-1.1.3 ПК-3.2.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
4	Основы математического моделирования	<b>Лекция № 17 (2 часа)</b> Моделирование работы конструкций, как способ научного исследования инженерных сооружений. Средства, элементы и методы моделирования.	ПК-7.1.3
		<b>Лабораторная работа №1 (4 часа)</b> Моделирование взаимодействия подвижного состава и железнодорожного пути в программном комплексе «Универсальный механизм»	ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
		<b>Самостоятельная работа (4 часа)</b> Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы)	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
5	Основные программные комплексы и инженерные технологии, предназначенные для	<b>Лекция № 18 (2 часа)</b> Основные программные комплексы, предназначенные для виртуальной разработки изделий и инженерных расчетов. Их описание и назначение.	ПК-7.1.3
		<b>Лабораторная работа №2 (4 часа)</b>	ПК-3.2.3 ПК-7.2.2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
	математического моделирования	Моделирование износа в системе колесо-рельс в программном комплексе «Универсальный механизм»	ПК-7.2.3
		<b>Самостоятельная работа (4 часа)</b> Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы)	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
6	Теоретические основы метода конечных элементов	<b>Лекция № 19 (2 часа)</b> Краткие сведения о развитии МКЭ, суть данного метода, роль отечественных ученых в его развитии. Основные положения метода конечных элементов. Уравнения равновесия. Матрица жесткости. Основные задачи и уравнения расчета конструкций. Пример использования метода конечных элементов.	ПК-7.1.3
		<b>Лабораторная работа №3 (4 часа)</b> Построение трехмерной модели элемента верхнего строения пути в программном комплексе «SolidWorks»	ПК-7.2.2 ПК-7.2.3
		<b>Самостоятельная работа (6 часов)</b> Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы)	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
7	Постановка задачи определения напряженно-деформированного состояния конструкции	<b>Лекция № 20 (2 часа)</b> Дифференциальные уравнения равновесия. Геометрические уравнения (соотношения, связывающие деформации с перемещениями). Физические уравнения.	ПК-7.1.3
		<b>Лабораторная работа №4 (4 часа)</b> Расчет напряженно-деформированного состояния элемента верхнего строения пути	ПК-7.2.2 ПК-7.2.3
		<b>Самостоятельная работа (4 часа)</b> Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы)	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
8	Алгоритм решения инженерных задач на основе метода конечных элементов	<b>Лекция № 21 (2 часа)</b> Алгоритм решения задач с применением компьютерных технологий инженерного анализа на основе метода конечных элементов.	ПК-7.1.3
		<b>Лабораторная работа № 5 (6 часов)</b>	ПК-7.2.2 ПК-7.2.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Создание сборки из расчетных моделей в программном комплексе SolidWorks.	
		<b>Самостоятельная работа (4 часа)</b> Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы)	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
9	Расширенные средства геометрического моделирования	<b>Лекция № 22 (2 часа)</b> Взаимосвязь геометрической и конечно-элементной модели. Геометрическое ядро твердотельного моделирования. Настройка опций отображения контурных данных. Напряжения в сечениях и поверхности равных напряжений.	ПК-7.1.3
		<b>Лабораторная работа № 6 (6 часа)</b> Расчеты НДС сборки из расчетных моделей в программном комплексе SolidWorks	ПК-7.2.2 ПК-7.2.3
		<b>Самостоятельная работа (4 часа)</b> Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы)	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
10	Конечно-элементное представление моделей. Граничные условия. Варианты внешнего воздействия	<b>Лекция 23 (2 часа)</b> Задание функциональных зависимостей. Виды материалов. Изотропные, ортотропные и анизотропные материалы. Высокоэластичные материалы. Функциональные зависимости для материалов. Задание характеристик нелинейных материалов. Упругопластический и пластический материал. Типы конечных элементов. Основные способы разбиения модели на конечные элементы. Задание параметров сетки. Граничные условия. Уравнения связей. Модифицирование и контроль условий закрепления. Типы нагрузок. Объемные, узловые и элементные нагрузки. Нелинейные нагрузки. Нагрузки, прикладываемые к геометрическим объектам. Нагрузки на линии. Манипулирование нагрузками.	ПК-7.1.3
		<b>Самостоятельная работа (4 часа)</b> Подготовка к лекционным и лабораторным занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		текстов лекций и рекомендованной литературы)	

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Общие сведения о расчетах верхнего строения пути	<b>Лекция № 1 (4 часа)</b> Общие сведения о расчетах железнодорожного пути. Цель и задачи расчетов. Основные понятия о силах, действующих на путь. Воздействие на путь: подвижного состава, природных факторов и собственные воздействия. Виды напряжений в рельсах: контактные напряжения; напряжения в зоне перехода головки в шейку рельса; напряжения в зоне перехода шейки в подошву рельса; напряжения в зоне болтовых отверстий. Анализ причин повреждений и дефектов рельсов по дефектам контактно-усталостного характера.	ПК-1.1.3 ПК-7.1.3
		<b>Практическое занятие № 1 (2 часа)</b> Расчет собственных напряжений в рельсах верхнего строения железнодорожного пути. Расчет контактных напряжений. Анализ причин возникновения дефектов контактно-усталостного характера в рельсах. Расчет подголовочных напряжений в рельсах. Анализ причин возникновения дефектов пятой группы.	ПК-1.1.3 ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.4
		<b>Самостоятельная работа (33 часа)</b> Подготовка к практическим занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Выполнение курсовой работы.	ПК-1.1.3 ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.4
2	Практический метод расчета пути на прочность	<b>Лекция № 2–3 (4 часа)</b> Практический метод расчета пути на прочность. Основные положения нормативно-технических документов по расчету пути на прочность. Предпосылки и допущения к расчетной схеме. Расчетные характеристики пути. Основные положения статического расчета. Определение расчетных осей. Определение изгибающих моментов, давлений на шпалы и прогибов рельсов. Вероятностный характер сил,	ПК-1.1.3 ПК-7.1.3 ПК-7.3.4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		действующих на путь. Определение вертикальных динамических сил, действующих на рельс. Расчет напряженно-деформированного состояния элементов пути. Метод и методика расчетов напряжений на основной площадке земляного полотна. Напряжения в элементах пути.	
		<b>Практическое занятие № 2 (2 часа)</b> Моделирование верхнего строения пути. Расчет модуля упругости пути. Построение линий влияния $\mu(kx)$ , $\eta(kx)$ . Расчет среднего и максимального вероятного значения динамической силы воздействия от колеса на рельс. Расчет эквивалентных грузов. Определение расчетных осей. Решение дифференциального уравнения балки, лежащий на сплошном упругом основании. Расчет напряжений в элементах верхнего строения железнодорожного пути.	ПК-7.2.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		<b>Практическое занятие № 3 (2 часа)</b> Расчет напряжений на основной площадке земляного полотна.	ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		<b>Самостоятельная работа (33 часа)</b> Подготовка к практическим занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Выполнение курсовой работы.	ПК-1.1.3 ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.4
3	Расчеты бесстыкового пути и длинных рельсов	<b>Лекции № 4 (4 часа)</b> Бесстыковой путь. Общие положения. Отличительные признаки конструкции, его технические характеристики и конструктивные особенности. Напряженно-деформированное состояние рельсов различной длины при колебаниях температуры. Сопротивление продольным перемещениям рельсов. Требования нормативных документов по расчету бесстыкового пути на прочность и устойчивость. Расчет устойчивости пути. Моделирование устойчивости бесстыкового пути, результаты экспериментальных исследований. Методы и методика расчета устойчивости бесстыкового пути. Методы и методика расчета прочности рельсовых плетей. Методика комплексного расчета прочности и устойчивости бесстыкового пути. Требования нормативных документов	ПК-7.1.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>по определению расчетных температурных интервалов закрепления рельсовых плетей. Оптимизация температур закрепления плетей в пределах расчетного интервала. Требования нормативных документов, регламентирующих особенности конструкции, укладки и содержание бесстыкового пути в сложных эксплуатационных и природных климатических условиях.</p>	
		<p><b>Практическое занятие № 4 (2 часа)</b> Комплексный расчет бесстыкового пути на прочность и устойчивость. Анализ причин нарушения прочности пути, причин возникновения температурного выброса. Определение расчетного и оптимального интервала закрепления рельсовой плети на постоянный режим эксплуатации.</p>	<p>ПК-1.1.3 ПК-3.2.3 ПК-7.3.4</p>
		<p><b>Самостоятельная работа (33 часа)</b> Подготовка к практическим занятиям (изучение теоретического материала по темам курса с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Выполнение курсовой работы.</p>	<p>ПК-1.1.3 ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.4</p>
4	Основы математического моделирования	<p><b>Самостоятельная работа (16 часов)</b> Моделирование работы конструкций, как способ научного исследования инженерных сооружений. Средства, элементы и методы моделирования.</p>	<p>ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4</p>
5	Основные программные комплексы и инженерные технологии, предназначенные для математического моделирования	<p><b>Лабораторная работа №1 (4 часа)</b> Моделирование взаимодействия подвижного состава и железнодорожного пути в программном комплексе «Универсальный механизм» Моделирование износа в системе колесо-рельс в программном комплексе «Универсальный механизм»</p>	<p>ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3</p>
		<p><b>Самостоятельная работа (16 часов)</b> Основные программные комплексы, предназначенные для виртуальной разработки изделий и инженерных расчетов. Их описание и назначение.</p>	<p>ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4</p>
6	Теоретические основы метода конечных элементов	<p><b>Лабораторная работа № 2 (4 часа)</b> Построение трехмерной модели элемента верхнего строения пути в программном комплексе «SolidWorks» Расчет напряженно-деформированного состояния элемента верхнего строения пути</p>	<p>ПК-7.2.2 ПК-7.2.3</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Создание сборки из расчетных моделей в программном комплексе SolidWorks. Расчеты НДС сборки из расчетных моделей в программном комплексе SolidWorks	
		<b>Самостоятельная работа (16 часов)</b> Краткие сведения о развитии МКЭ, суть данного метода, роль отечественных ученых в его развитии. Основные положения метода конечных элементов. Уравнения равновесия. Матрица жесткости. Основные задачи и уравнения расчета конструкций. Пример использования метода конечных элементов.	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
7	Постановка задачи определения напряжённо-деформированного состояния конструкции	<b>Самостоятельная работа (16 часов)</b> Дифференциальные уравнения равновесия. Геометрические уравнения (соотношения, связывающие деформации с перемещениями). Физические уравнения.	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
8	Алгоритм решения инженерных задач на основе метода конечных элементов	<b>Самостоятельная работа (16 часов)</b> Алгоритм решения задач с применением компьютерных технологий инженерного анализа на основе метода конечных элементов.	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
9	Расширенные средства геометрического моделирования	<b>Самостоятельная работа (16 часов)</b> Взаимосвязь геометрической и конечно-элементной модели. Геометрическое ядро твердотельного моделирования. Настройка опций отображения контурных данных. Напряжения в сечениях и поверхности равных напряжений.	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
10	Конечно-элементное представление моделей. Граничные условия. Варианты внешнего воздействия	<b>Самостоятельная работа (16 часов)</b> Задание функциональных зависимостей. Виды материалов. Изотропные, ортотропные и анизотропные материалы. Высокоэластичные материалы. Функциональные зависимости для материалов. Задание характеристик нелинейных материалов. Упругопластический и пластический материал. Типы конечных элементов. Основные способы разбиения модели на конечные элементы. Задание параметров сетки. Граничные условия. Уравнения связей. Модифицирование и контроль условий закрепления. Типы нагрузок. Объемные, узловые и элементные нагрузки.	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Нелинейные нагрузки. Нагрузки, прикладываемые к геометрическим объектам. Нагрузки на линии. Манипулирование нагрузками.	

## 5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Общие сведения о расчетах верхнего строения пути	8	8	0	20	36
2	Практический метод расчета пути на прочность	12	16	0	28	56
3	Расчеты бесстыкового пути и длинных рельсов	12	8	0	28	48
4	Основы математического моделирования	2	0	4	6	10
5	Основные программные комплексы и инженерные технологии, предназначенные для математического моделирования	2	0	4	4	10
6	Теоретические основы метода конечных элементов	2	0	4	6	12
7	Постановка задачи определения напряжённо-деформированного состояния конструкции	2	0	4	4	10
8	Алгоритм решения инженерных задач на основе метода конечных элементов	2	0	6	4	12
9	Расширенные средства геометрического моделирования	2	0	6	4	12
10	Конечно-элементное представление моделей. Граничные условия. Варианты внешнего воздействия	2	0	0	4	6
<b>Итого</b>		46	32	28	106	212
<b>Контроль</b>						40
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						252

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Общие сведения о расчетах верхнего строения пути	4	2	0	33	39
2	Практический метод расчета пути на прочность	4	4	0	33	41
3	Расчеты бесстыкового пути и длинных рельсов	4	2	0	33	39
4	Основы математического моделирования	0	0	0	16	16
5	Основные программные комплексы и инженерные технологии, предназначенные для математического моделирования	0	0	4	16	20
6	Теоретические основы метода конечных элементов	0	0	4	16	20
7	Постановка задачи определения напряжённо-деформированного состояния конструкции	0	0	0	16	16
8	Алгоритм решения инженерных задач на основе метода конечных элементов	0	0	0	16	16
9	Расширенные средства геометрического моделирования	0	0	0	16	16
10	Конечно-элементное представление моделей. Граничные условия. Варианты внешнего воздействия	0	0	0	16	16
<b>Итого</b>		12	8	8	211	239
<b>Контроль</b>						13
<b>Всего (общая трудоемкость, час.)</b>						252

#### 6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

#### 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины, следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

## **8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине**

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата/специалитета/ магистратуры, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используется лаборатория кафедры «Железнодорожный путь», оснащенная лабораторным оборудованием, в зависимости от степени его сложности.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office.
- Операционная система Windows.
- Антивирус Касперский.
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

- SolidWorks.
- Универсальный механизм.

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. URL: <https://e.lanbook.com/> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](https://ibooks.ru) («Айбукс»). – URL: <https://ibooks.ru> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Электронная библиотека ЮРАЙТ. – URL: <https://urait.ru/> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». – URL: <http://window.edu.ru/> — Режим доступа: свободный.

- Словари и энциклопедии. – URL: <http://academic.ru/> — Режим доступа: свободный.

- Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» — это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. – URL: <http://cyberleninka.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

– Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. – URL: <https://intuit.ru/> — Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

– Управление надежностью и расчеты верхнего строения железнодорожного пути на прочность : учеб. Пособие / А.С. Гапоненко, А.В. Романов, А.А. Киселев. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. – 64 с.

– Программные комплексы для расчета конструкций железнодорожного пути : учеб. Пособие / В. Б. Захаров, А. А. Киселев, А.В. Романов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2021. – 49 с.

– Виноградов, В.В. Расчеты и проектирование железнодорожного пути. [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие — Электрон. дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2003. — 486 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/58935> — Загл. с экрана.

– Ашпиз, Е.С. Железнодорожный путь. [Электронный ресурс] : учеб. / Е.С. Ашпиз, А.И. Гасанов, Б.Э. Глюзберг. — Электрон. дан. — М. : УМЦ ЖДТ, 2013. — 544 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/35749> — Загл. с экрана.

– Железнодорожный путь / Т.Г. Яковлева, Н.И. Карпущенко, С.И. Клинов, Н.Н. Путря, М.П. Смирнов; Под ред. Т.Г. Яковлевой, М.: Транспорт, 1999, 405 с.

– Основы устройства и расчетов железнодорожного пути / Т.Г. Яковлева, В.Я. Шульга, С.В. Амелин и др.; под ред. С.В. Амелина и Т.Г. Яковлевой, - М.: Транспорт, 1990 – 367 с.

– Бесстыковой путь / В.Г. Альбрехт, Н.П. Виногоров, Н.Б. Зверев и др.: Под ред. В.Г. Альбрехта., А.Я. Когана. – М.: Транспорт, 2000. 408 с.

– Лысюк В.С., Сазонов В.Н., Башкатова Л.С. Прочный и надежный железнодорожный путь. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 589 с.

– Обобщение передового опыта тяжеловесного движения: вопросы взаимодействия колеса и рельса: Пер. с англ. / У. Дж.Харрис, С. М.Захаров, Дж. Ландгрэн, Х. Торне, В. Эберсен. М.: Интекст, 2002. . 408 с.

– Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation/ А. А. Алямовский. - 2-е изд .. - Москва: ДМК Пресс, 2013. - 464 с.: ил. + 1 эл. опт. диск (DVD-ROM). - (Проектирование). - ISBN 978-5-94074-948-6: 1038 р. [Электронный ресурс] <https://e.lanbook.com/book/1319#book name>.

– Ушаков, Дмитрий Михайлович. Введение в математические основы САПР [Электронный ресурс]/ Д. М. Ушаков. - Москва : ДМК Пресс, 2011. - 208 с. : ил. - (САПР от а до я). -Библиогр.: с. 205–207. - ISBN 978-5-94074-500-6 : Б. ц. [Электронный ресурс] <https://e.lanbook.com/book/1311 #book name>.

– Шапошников, Н.Н. Строительная механика: учебник / Н.Н. Шапошников, Р.Х. Кристалинский, А.В. Дарков ; под общей редакцией Н.Н. Шапошникова. — 14-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 692 с. — ISBN 978-5-8114-0576-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105987> (дата обращения: 27.01.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

– Компьютерное моделирование динамических систем средствами SolidWorks: методические указания/ Я. С. Ватулин, В. С. Майоров; ФГБОУ ВПО ПГУПС, каф. «Автоматизир. Проектирование». - Санкт-Петербург: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. - 12 с.: ил. - Библиогр.: с. 12. - 46.97 р.

– Методика оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения надежности. Утверждена Распоряжением ОАО «РЖД» № 2706р от 22.12.2017 г.

– Инструкция по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути, утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» № 2788р от 29.12.2012 г.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

– Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым документам требуется авторизация).

– Официальный сайт Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии [www.rosreestr.ru](http://www.rosreestr.ru).

– Официальный сайт ФГБУ «Федеральный научно-технический центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных <http://cgkipd.ru/>.

– Электронно-библиотечная система (ЭБС) Лань – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>.

– Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>, свободный.

– Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – Режим доступа: <http://meganorm.ru>.

– Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации – Режим доступа: <http://m.mintrans.ru>.

– Электронно-библиотечная система IPRbooks [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/> — Загл. с экрана.

– Электронная библиотека ЮРАЙТ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/> – Загл. с экрана.

– Электронно-библиотечная система Айбукс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf> – Загл. с экрана.

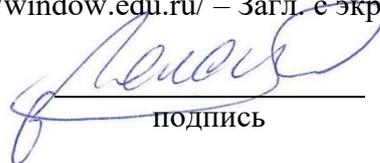
– Электронная библиотека Единое окно к образовательным ресурсам. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://window.edu.ru/> – Загл. с экрана.

Разработчик рабочей программы, доцент

05 апреля

2022

г.



подпись

Романов А.В.

ФИО