

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
2023

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
«Железнодорожный путь»
Протокол № 8 от 18 апреля 2023 г.

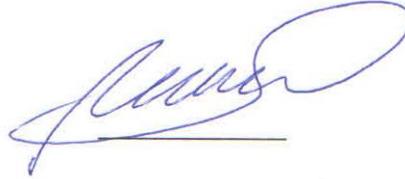
Заведующий кафедрой
«Железнодорожный путь»
18 апреля 2023



А.В. Романов

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП
18 апреля 2023



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).

Актуальность

Эксплуатационная длина железнодорожных путей ОАО «РЖД» более 100 тыс. км. Для обеспечения безопасности движения поездов с установленными скоростями ежедневно необходимо обслуживать и ремонтировать железнодорожный путь. На железных дорогах РФ активно внедряется высокоскоростное и тяжеловесное движение, что требует высокую квалификацию выпускников по специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».

С цифровой трансформацией в процессы проектирования и строительства железных дорог внедряются BIM-технологии. Ведущие научные институты и университеты для диагностики состояния железнодорожного пути, планирования и организации ремонтов разрабатывают цифровые двойники железнодорожного пути, применяют технологии Big-Data, для передачи данных – беспроводные технологии 4G и 5G, оптоволоконные сети связи GPON. Следующим этапом для принятия эффективных управленческих решений необходима разработка прикладного искусственного интеллекта.

Знания и умение применять сквозные цифровые технологии помогут выпускнику быть востребованным и конкурентноспособным на рынке труда.

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;
- изучение сквозных цифровых технологий, применяемых на железнодорожном транспорте;
- приобретение умений пользоваться цифровыми технологиями для организации и планирования текущего обслуживания и ремонта железнодорожного пути.

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 и сроки их устранения	<i>Обучающийся знает:</i> <ul style="list-style-type: none"> – технические характеристики и конструктивные особенности верхнего строения железнодорожного пути – виды дефектов элементов верхнего строения пути и причины их развития; – 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> <ul style="list-style-type: none"> – производить анализ причин, вызвавших дефекты в элементах верхнего строения пути, в том числе с использованием цифровых двойников железнодорожного 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> <ul style="list-style-type: none"> – 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. - цифровые сквозные технологии, применяемые на железнодорожном транспорте. - BIM-технологии при проектировании железных дорог. - Цифровые двойники железнодорожного пути. Big-Data и Интернет вещей в путевом хозяйстве. - Способы передачи данных: 5G, GPON. - Перспективы использования прикладного ИИ для решения задач путевого хозяйства.
ПК-7.2.2. Умеет использовать современное программное обеспечение для расчетов	<i>Обучающийся умеет:</i> <ul style="list-style-type: none"> – использовать современное программное обеспечение для расчетов конструкций

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
конструкций объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта	железнодорожного пути, в том числе на высокоскоростных магистралях. - применять технологии Big-Data для решения задач путевого хозяйства; - создавать «упрощенные» цифровые двойники железнодорожного пути по результатам моделирования; - выполнять предиктивную аналитику состояния железнодорожного пути
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 искусственных сооружений с использованием современных компьютерных средств	<i>Обучающийся имеет навыки:</i> – по расчету верхнего строения пути на прочность; – 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)		32	14
– практические занятия (ПЗ)		32	–
– лабораторные работы (ЛР)		–	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	28
- 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, З, КР	Э, З, 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
Модуль 1			
1	Общие сведения о расчетах верхнего строения пути	Лекция № 1–4 (8 часов) 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
		Практическое занятие № 1 (2 часа) Расчет собственных напряжений в рельсах верхнего строения железнодорожного пути.	ПК-7.1.3 ПК-7.2.4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>Практическое занятие № 2 (4 часа) 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>Практическое занятие № 3 (2 часа) 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>Самостоятельная работа (20 часов) 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>Лекция № 5–10 (12 часов) 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 методика расчетов напряжений на основной площадке земляного полотна. Напряжения в элементах пути.</p>	<p>ПК-1.1.3 ПК-7.1.3</p>
		<p>Практическое занятие № 4 (2 часа) Моделирование верхнего строения пути. Расчет модуля упругости пути.</p>	<p>ПК-7.2.3 ПК-7.2.4</p>
		<p>Практическое занятие № 5 (4 часа) Моделирование верхнего строения пути. Построение линий влияния $\mu(kx)$, $\eta(kx)$.</p>	<p>ПК-7.2.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		<p>Практическое занятие № 6 (2 часов) Расчет среднего и максимального вероятного значения динамической силы воздействия от колеса на рельс.</p>	<p>ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>
		<p>Практическое занятие № 7 (4 часов) Расчет эквивалентных грузов. Определение расчетных осей. Решение дифференциального уравнения балки, лежащий на сплошном упругом основании. Расчет напряжений в элементах верхнего строения железнодорожного пути.</p>	<p>ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>
		<p>Практическое занятие № 8 (4 часов) Расчет напряжений на основной площадке земляного полотна.</p>	<p>ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>
		<p>Самостоятельная работа (28 часов) 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-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>
3	Расчеты бесстыкового пути и длинных рельсов	<p>Лекции № 11–16 (12 часов) 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 по определению расчетных температурных интервалов закрепления рельсовых плетей. Оптимизация температур</p>	<p>ПК-7.1.3</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		закрепления плетей в пределах расчетного интервала. Требования нормативных документов, регламентирующих особенности конструкции, укладки и содержание бесстыкового пути в сложных эксплуатационных и природных климатических условиях.	
		Практическое занятие № 9 (4 часов) 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
		Практическое занятие № 10 (4 часов) Определение расчетного и оптимального интервала закрепления рельсовой плети на постоянный режим эксплуатации.	ПК-7.2.4 ПК-7.3.4
		Самостоятельная работа (28 часов) 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
2 модуль			
4	Основы математического моделирования	Лекция № 1 (2 часа) Моделирование работы конструкций, как способ научного исследования инженерных сооружений. Средства, элементы и методы моделирования.	ПК-7.1.3
5	Основные программные комплексы и инженерные технологии, предназначенные для математического моделирования	Лекция № 2 (2 часа) Основные программные комплексы, предназначенные для виртуальной разработки изделий и инженерных расчетов. Их описание и назначение.	ПК-7.1.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
6	Теоретические основы метода конечных элементов	<p>Лекция № 3 (2 часа) Краткие сведения о развитии МКЭ, суть данного метода, роль отечественных ученых в его развитии. Основные положения метода конечных элементов. Уравнения равновесия. Геометрические уравнения (соотношения, связывающие деформации с перемещениями). Физические уравнения. Матрица жесткости. Основные задачи и уравнения расчета конструкций. Пример использования метода конечных элементов.</p>	ПК-7.1.3
		<p>Самостоятельная работа (8 часов) Взаимосвязь геометрической и конечно-элементной модели. Геометрическое ядро твердотельного моделирования. Настройка опций отображения контурных данных. Напряжения в сечениях и поверхности равных напряжений. 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.</p>	ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
7	Алгоритм решения инженерных задач с использованием современного программного обеспечения	<p>Лекция № 4 (2 часа) Алгоритм решения задач с применением компьютерных технологий инженерного анализа</p>	ПК-7.1.3
		<p>Самостоятельная работа (8 часа) Постановка задачи определения напряженно-деформированного состояния конструкции</p>	ПК-3.2.3 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
8	Цифровые сквозные технологии, применяемые на железнодорожном транспорте	Лекция 5 (2 часа) Цифровая экономика. Нормативные документы «цифровой экономики» BIM-технологии при проектировании железных дорог. BIG-Data и IoT в путевом хозяйстве. Цифровые двойники железнодорожного пути.	ПК-7.1.3
		Лабораторная работа № 1 (6 часов) Создание цифрового двойника железнодорожного пути в программном комплексе «Универсальный механизм» и Solidworks.	ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
		Лабораторная работа №2 (6 часов) Формирование базы данных по динамическому воздействию подвижного состава на железнодорожный путь.	ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
		Лабораторная работа № 3 (6 часа) Определение сил, напряжений, деформаций и перемещений с использованием технологий Big-Data	ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
		Самостоятельная работа (7 часов) Программные средства для BIM-проектирования. Кейсы: Big-Data в промышленности, IoT в промышленности. Методы и техники анализа Big Data: Machine Learning, Data mining, краудсорсинг, нейросети, предиктивный и статистический анализ.	ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
9	Способы сбора, хранения, передачи и обработки данных для решения задач путевого хозяйства.	Лекция № 6 (2 часа) Сбор и хранение данных для КСПД ИЖТ. Способы передачи данных: 4G, 5G, GPON. Методы обработки данных КСПД ИЖТ для предиктивного анализа состояния железнодорожного пути	ПК-7.1.3
10	Перспективы использования прикладного искусственного интеллекта для решения задач путевого хозяйства	Лекция 7 (2 часа) Искусственный интеллект и машинное обучение для анализа больших данных. Перспективы использования прикладного ИИ для решения задач путевого хозяйства.	ПК-7.1.3
		Лабораторная работа № 4 (10 часов) Предиктивная аналитика состояния железнодорожного пути	ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
		Самостоятельная работа (7 часов)	ПК-3.2.3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
		Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года Кейсы: внедрение ИИ в различных компаниях.	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4

Для заочной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1 модуль			
1	Общие сведения о расчетах верхнего строения пути	Лекция № 1 (4 часа) 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
		Практическое занятие № 1 (2 часа) 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
		Самостоятельная работа (33 часа) 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	Лекция № 2–3 (4 часа) 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	ПК-1.1.3 ПК-7.1.3 ПК-7.3.4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1 модуль			
		<p>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 методика расчетов напряжений на основной площадке земляного полотна. Напряжения в элементах пути.</p>	
		<p>Практическое занятие № 2 (2 часа) 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, лежащей на сплошном упругом основании. Расчет напряжений в элементах верхнего строения железнодорожного пути.</p>	<p>ПК-7.2.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>
		<p>Практическое занятие № 3 (2 часа) Расчет напряжений на основной площадке земляного полотна.</p>	<p>ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>
		<p>Самостоятельная работа (33 часа) 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>
3	<p>Расчеты бесстыкового пути и длинных рельсов</p>	<p>Лекции № 4 (4 часа) 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</p>	<p>ПК-7.1.3 ПК-7.2.4 ПК-7.3.4</p>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1 модуль			
		<p>устойчивости бесстыкового пути. Методы и методика расчета прочности рельсовых плетей. Методика комплексного расчета прочности и устойчивости бесстыкового 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.</p>	
		<p>Практическое занятие № 4 (2 часа) 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>Самостоятельная работа (33 часа) 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 модуль			
4	Основы математического моделирования	<p>Самостоятельная работа (16 часов) 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>Самостоятельная работа (16 часов) 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>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1 модуль			
6	Теоретические основы метода конечных элементов	<p>Самостоятельная работа (16 часов) Взаимосвязь геометрической и конечно-элементной модели. Геометрическое ядро твердотельного моделирования. Настройка опций отображения контурных данных. Напряжения в сечениях и поверхности равных напряжений. 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.</p>	ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
7	Алгоритм решения инженерных задач с использованием современного программного обеспечения	<p>Самостоятельная работа (16 часов) Алгоритм решения задач с применением компьютерных технологий инженерного анализа Постановка задачи определения напряжённо-деформированного состояния конструкции</p>	ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
8	Цифровые сквозные технологии, применяемые на железнодорожном транспорте	<p>Лабораторная работа № 1 (3 часов) Создание цифрового двойника железнодорожного пути в программном комплексе «Универсальный механизм» и Solidworks.</p>	ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
<p>Лабораторная работа №2 (1 часов) Формирование базы данных по динамическому воздействию подвижного состава на железнодорожный путь.</p>		ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4	
<p>Лабораторная работа № 3 (1 часа) Определение сил, напряжений, деформаций и перемещений с использованием технологий Big-Data</p>		ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4	

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1 модуль			
		Самостоятельная работа (16 часов) Цифровая экономика. Нормативные документы «цифровой экономики» BIM-технологии при проектировании железных дорог. BIG-Data и IoT в путевом хозяйстве. Цифровые двойники железнодорожного пути. Программные средства для BIM-проектирования. Кейсы: Big-Data в промышленности, IoT в промышленности. Методы и техники анализа Big Data: Machine Learning, Data mining, краудсорсинг, нейросети, предиктивный и статистический анализ.	ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
9	Способы сбора, хранения, передачи и обработки данных для решения задач путевого хозяйства.	Самостоятельная работа (16 часов) Сбор и хранение данных для КСПД ИЖТ. Способы передачи данных: 4G, 5G, GPON. Методы обработки данных КСПД ИЖТ для предиктивного анализа состояния железнодорожного пути	
10	Перспективы использования прикладного искусственного интеллекта для решения задач путевого хозяйства	Лабораторная работа № 4 (3 часа) Предиктивная аналитика состояния железнодорожного пути	ПК-3.2.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4
		Самостоятельная работа (16 часов) Искусственный интеллект и машинное обучение для анализа больших данных. Перспективы использования прикладного ИИ для решения задач путевого хозяйства. Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года Кейсы: внедрение ИИ в различных компаниях.	ПК-3.2.3 ПК-7.1.3 ПК-7.2.2 ПК-7.2.3 ПК-7.2.4

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
4	Основы математического моделирования	2	0	0	0	2
5	Основные программные комплексы и инженерные технологии, предназначенные для математического моделирования	2	0	0	0	2
6	Теоретические основы метода конечных элементов	2	0	0	8	10
7	Алгоритм решения инженерных задач на основе метода конечных элементов	2	0	0	8	10
8	Цифровые сквозные технологии, применяемые на железнодорожном транспорте	2	0	18	7	27
9	Способы сбора, хранения, передачи и обработки данных для решения задач путевого хозяйства.	2	0	0	0	2
10	Перспективы использования прикладного искусственного интеллекта для решения задач путевого хозяйства	2	0	10	7	19
Итого		46	32	28	106	212
Контроль						40
Всего (общая трудоемкость, час.)						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	0	16	16
6	Теоретические основы метода конечных элементов	0	0	0	16	16
7	Алгоритм решения инженерных задач на основе метода конечных элементов	0	0	0	16	16
8	Цифровые сквозные технологии, применяемые на железнодорожном транспорте	0	0	5	16	21
9	Способы сбора, хранения, передачи и обработки данных для решения задач путевого хозяйства.	0	0	0	16	16

10	Перспективы использования прикладного искусственного интеллекта для решения задач путевого хозяйства	0	0	3	16	19
Итого		12	8	8	211	239
Контроль						13
Всего (общая трудоемкость, час.)						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;
- программный модуль для статистической обработки результатов экспериментов (моделирования).

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 («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, 2022. – 64 с.

- Программные комплексы для расчета конструкций железнодорожного пути : учеб. Пособие / В. Б. Захаров, А. А. Киселев, А.В. Романов. – СПб. : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2022. – 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.

- 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.

– В.П. Куприяновский, О.Н. Покусаев, А.А. Климов, А.П. Добрынин, В.С. Лазуткина, И.П. Потапов. BIM на железных дорогах мира – развитие, примеры, стандарты / International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 vol. 8, no.5, 2020. [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/bim-na-zheleznih-dorogah-mira-razvitie-primery-standarty/viewer>.

– Сулов О.А., Федорова В.И. Перспективные подходы к прогнозному моделированию деградационных процессов элементов верхнего строения пути и их применение при создании цифровых двойников // Вестник научноисследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2021. Т. 80. № 5. С. 251–259. DOI: <https://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-5-251-259>. [Электронный ресурс] <https://www.journal-vniizht.ru/jour/article/download/531/371>

– Интернет вещей - что это такое и как применять IoT в реальном бизнесе [Электронный ресурс]. – URL: <https://rb.ru/longread/iot-cards/>

– Радченко И.А, Николаев И.Н. Технологии и инфраструктура Big Data. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – 52 с.

– Гольдштейн Б.С., Соколов Н.А., Яновский Г.Г. Сети связи: учебник для вузов // СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 402 с.

– Технологии 5G. – URL: <https://www.wikiwand.com/ru/5G> (дата обращения: 9.03.2019).

– Материалы сайта «Яндекс Дзен». – URL: <https://zen.yandex.ru/media/techzone/5g-internet-v-rossii5ac3d710d7bf21e30846e04a> (дата обращения: 10.03.2019).

– Р.Ф. Гибадуллин, А.П. Никитин, М.Ю. Перухин. Построение сети на основе технологии GPON. / Вестник технологического университета. 2017 Т.20, №5 – С.104 – 108. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/postroenie-seti-na-osnove-tehnologii-gpon/viewer>

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.
- 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.
- Искусственный интеллект с примерами на Python [Создание приложений искусственного интеллекта с помощью Python для взаимодействия с окружающим миром] [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rulit.me/books/iskusstvennyj-intellekt-s-primerami-na-python-sozdanie-prilozhenij-iskusstvennogo-intellekta-s-pomos-download-603612.html>
- Официальный сайт компании АО «ВНИИЖТ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vniizht.ru/>

Разработчик рабочей программы, доцент

16 апреля 2023 г.



подпись

Киселев А.А.

ФИО