

УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала
СамГУПС в г. Саратове
_____/Чирикова Л.И./
« 28 » августа 2020 г.

Б1.В.ДВ.03.03
Компьютерное моделирование в среде конечно-элементного анализа
рабочая программа дисциплины (модуля)

год начала подготовки (по учебному плану) **2019**
актуализирована по программе **2020**

Кафедра	Инженерные, гуманитарные, естественнонаучные и общепрофессиональные дисциплины
Специальность	23.05.06 Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей
Специализация	Управление техническим состоянием железнодорожного пути
Квалификация	Инженер путей сообщения
Форма обучения	Очная
Объем дисциплины	3 ЗЕТ

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		
1.1. Цель освоения дисциплины является формирование у обучающихся комплекса теоретических знаний и практических навыков в области инженерного анализа, необходимых для эффективного использования современных технологий компьютерного моделирования различных объектов профессиональной деятельности.		
1.2 Задачи освоения дисциплины: подготовка обучающегося к защите выпускной квалификационной работы;		
ознакомление с современными компьютерными системами инженерного анализа и решаемыми ими задачами, ролью систем инженерного анализа в процессе проектирования и изготовления машиностроительных изделий, перспективами использования систем инженерного анализа; - изучение возможностей систем инженерного анализа, их классификации, видов инженерного анализа, методов инженерного анализа, основ динамики многотельных систем и метода конечных элементов в их программной реализации, программно-аппаратного обеспечения систем инженерного анализа; - освоение компьютерных систем инженерного анализа на практике, методов проведения инженерного анализа, методик построения расчетных моделей различных конструкций и проведения их инженерного анализа; - приобретение навыков работы в конкретных системах инженерного анализа и умения их использовать для решения различных инженерных задач при проектировании средств технологического оснащения производственных процессов.		
1.3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)		
ОПК-5. Способен разрабатывать отдельные этапы технологических процессов производства, ремонта, эксплуатации и обслуживания транспортных систем и сетей, анализировать, планировать и контролировать технологические процессы		
Индикатор	ОПК-5.1. знает инструкции, технологические карты, техническую документацию в области техник и технологии работы транспортных систем и сетей, организацию работы подразделений и линейных предприятий железнодорожного транспорта.;	
Индикатор	ОПК-5.2. умеет разрабатывать отдельные этапы технологических процессов производства ремонта, эксплуатации и обслуживания транспортных систем и сетей, анализировать, планировать и контролировать технологические процессы, осуществлять контроль соблюдения требований, действующих технических регламентов, стандартов, норм и правил в области организации, техники и технологии транспортных систем и сетей.	
ПКО-5 Способен планировать производственные процессы по размещению технологического оборудования и техническому оснащению, выполнять расчет производственных мощностей и загрузку оборудования по действующим методикам и нормативам		
Индикатор	ПКО-5.1. знает организационно-технологические схемы в железнодорожном строительстве; технику и технологии, организацию работ	
Индикатор	ПКО-5.2. умеет разрабатывать организационно-технологические схемы и проекты на сооружение транспортных сооружений.	
Индикатор	ПКО-5.3. приёмами выполнения различных технологически операций в железнодорожном строительстве.	
В результате освоения дисциплины обучающийся должен:		
Знать:		
математические основы программных средств инженерного анализа объектов машиностроительных производств.		
Уметь:		
применять методики проектирования различных объектов профессиональной деятельности на основе автоматизированных средств инженерного анализа.		
Владеть:		
о навыками выбора систем инженерного анализа для оценки различных параметров объектов профессиональной деятельности		
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ		
Код дисциплины	Наименование дисциплины	Коды формируемых компетенций
2.1 Осваиваемая дисциплина		
Б1.В.ДВ.03.03	Компьютерное моделирование в среде конечно-элементного анализа	ОПК-5; ПКО-5
2.2 Предшествующие дисциплины		
Б1.О.06	Общий курс железных дорог	ОПК-3
Б1.О.21	Правила технической эксплуатации	ОПК-6
Б1.О.27	Технология и механизация железнодорожного строительства	ОПК-5; ПКО-5
Б1.О.28	Железнодорожный путь	ОПК-4; ПКО-4
Б1.О.38	Технология и механизация содержания железнодорожного пути	ОПК-5, ПКО-5
Б1.В.02	Методы и принципы дефектоскопии	ОПК-4; ПКО-4
Б1.В.03	Диагностика состояния железнодорожного пути	ОПК-4; ПКО-4
2.3 Осваиваемые параллельно дисциплины		

Б1.В.06	Проектирование и расчет элементов железнодорожного пути																ПКО-1							
Б1.В.08	Технология и организация ремонтов пути																ПК-2.1							
2.4 Последующие дисциплины																								
		Дисциплина является завершающей в формировании инженера путей сообщения по специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».																						
3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ																								
3.1 Объем дисциплины (модуля)																3 ЗЕТ								
3.2 Распределение академических часов по семестрам (офо)/курсам(зфо) и видам учебных занятий																								
Вид занятий	№ семестра/курса																							
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		Итого			
	У П	Р П Д	У П	Р П Д	У П	Р П Д	У П	Р П Д	У П	Р П Д	У П	Р П Д	У П	Р П Д	У П	Р П Д	УП	РП Д	У П	Р П Д	УП	РПД		
Контактная работа:																	54,25	54,25			54,25	54,25		
Лекции																	18	18			18	18		
Лабораторные																								
Практические																	36	36			36	36		
Консультации																	0,25	0,25			0,25	0,25		
Инд. работа																								
Контроль																								
Сам. работа																	53,75	53,75			53,75	53,75		
Итого																	108	108			108	108		
3.3. Формы контроля и виды самостоятельной работы обучающегося																								
Форма контроля	Семестр (офо)/курс(зфо)		Нормы времени на самостоятельную работу обучающегося																					
			Вид работы												Нормы времени, час									
Экзамен			Подготовка к лекциям												0,5 часа на 1 час аудиторных занятий									
			Подготовка к практическим/лабораторным занятиям												1 час на 1 час аудиторных занятий									
Зачет	9		Подготовка к зачету												9 часов (офо)									
Курсовой проект	-		Выполнение курсового проекта												72 часа									
Курсовая работа	-		Выполнение курсовой работы												36 часов									
Контрольная работа	-		Выполнение контрольной работы												9 часов									
РГР	-		Выполнение РГР												18 часов									
Реферат/эссе	-		Выполнение реферата/эссе												9 часов									
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)																								
Код занятия	Наименование разделов и тем										Вид занятия	Семестр / курс	К-во ак. часов	Компетенции	Литература									
	Раздел 1. Общие сведения о динамике многотельных механических систем																							
1.1	Назначение динамики многотельных систем или моделирования движения. Моделирование движения в анализе и синтезе механизмов. Совместное использование динамики многотельных систем и метода конечных элементов..										Лек	9	2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3									
1.2	Моделирование движения плоского рычажного механизма										Пр	9	4	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3									
1.3	Моделирование движения и натурные испытания. Интеграция САД-моделирования, динамики многотельных систем и конечно-										Лек	9	2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3									

	элементного анализа					
	Раздел 2 Теоретические положения, положенные в основу динамики многотельных механических систем					
2.1	Понятие многотельной динамической системы. Теория динамики многотельной системы. Механизмы как реализация многотельных систем. Механизмы с избыточными связями. Контактные свойства твердых тел.	Лек	9	2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
2.2	Моделирование движения кулачкового механизма	Пр	9	4	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
	Раздел 3 Элементы многотельных механических систем					Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
3.1	Звенья (тела). Шарниры. Нагрузки. Приводы. Датчики. Системы координат.	Лек	9	2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
	Раздел 4 Программное обеспечение динамики многотельных систем					Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
4.1	Основные этапы моделирования движения механизма в САЕ-системах. Группировка деталей и сборочных узлов САД-модели. Формирование шарниров. Задание начальных условий. Вычисление и анализ результатов	Лек	9	2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
4.2	Моделирование с использованием пружинных конечных элементов	Пр	9	4	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
4.3	Моделирование с использованием стержневых конечных элементов	Пр	9	4	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
	Раздел 5 Общая методология моделирования динамики многотельных систем					
5.1	Формулировка проблемы. Определение идеализированной модели. Разработка компьютерной модели. Формулировка системы уравнений. Решение уравнений. Постобработка результатов решения. Оценка и формулировка выводов.	Пр	9	6	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
5.2	Моделирование конструкций с использованием балочных конечных элементов	Пр		2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
	Раздел 6 Введение в метод конечных элементов					
6.1	Введение в метод конечных элементов Общие сведения о методе конечных элементов (МКЭ). Применение аналитических методов и МКЭ. Краткая история МКЭ. Области применения МКЭ. Алгоритм использования МКЭ. Основные этапы конечно-элементного анализа. Основные типы конечных элементов. Достоинства МКЭ.	Лек	9	2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
6.2	Моделирование с использованием пластинчатых конечных элементов	Пр	9	4	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
	Раздел 7 Принципы конечно-элементного анализа					
7.1	Основные теоретические положения. Двухмерная задача теории поля. Функции формы. Степени свободы.	Лек	9	2	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
7.2	Основные теоретические положения. Двухмерная задача теории поля. Функции формы. Степени свободы.	Пр	9	4	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
	Раздел 8 Решение конечно-элементных уравнений					
8.1	Решение уравнений равновесия в статическом анализе. Решение задач на собственные значения. Решение уравнений равновесия в динамическом анализе.	Лек	9	4	ОПК-5; ПКО-5	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3

8.2	Решение уравнений равновесия в статическом анализе. Решение задач на собственные значения. Решение уравнений равновесия в динамическом анализе.	Пр	9	6	УК-1	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
Раздел 9. Подготовка к занятиям						
9.1	Подготовка к лекциям	Ср	9	9	УК-1	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
9.2	Подготовка к практическим занятиям	Ср	9	36	УК-1	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3
2.3	Подготовка к зачету	Ср	9	8,75	УК-1	Л1,1 Л2.1 Э1 Э2 Э3

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Основными этапами формирования компетенций в рамках дисциплин выступает последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем учебных занятий), которые отражены в разделе 4.

Матрица оценки результатов обучения по дисциплине

Код компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели оценивания компетенций)	Оценочные средства/формы контроля		
		Отчет по практ. раб.	Тесты	Зачет
ОПК-5; ПКО-5	знает	+	+	+
	умеет	+	+	+
	владеет	+	+	+

5.2 Показатели и критерии оценивания компетенций

Критерии формирования оценок по выполнению практических работ

«Отлично» (5 баллов) – высокий уровень формирования компетенции, ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов в соответствии с заданием, в отчете содержатся ответы на все контрольные вопросы.

«Хорошо» (4 балла) – продвинутый уровень формирования компетенции, ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов.

«Удовлетворительно» (3 балла) - базовый уровень формирования компетенции, ставится за работу, если студент правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой ошибки и двух недочетов.

«Неудовлетворительно» (0, 1, 2 балла) – компетенция не сформирована, ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы.

Критерии формирования оценок по выполнению тестовых заданий

«Отлично» (5 баллов) – высокий уровень формирования компетенции, получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – 100 – 90% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Хорошо» (4 балла) – продвинутый уровень формирования компетенции, получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – 89 – 70% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Удовлетворительно» (3 балла) - базовый уровень формирования компетенции, получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – 69 – 60% от общего объема заданных тестовых вопросов.

«Неудовлетворительно» (0, 1, 2 балла) – компетенция не сформирована, получают обучающиеся с правильным количеством ответов на тестовые вопросы – 59% и менее от общего объема заданных тестовых вопросов.

Критерии формирования оценок по зачету

«Зачтено» - обучающийся демонстрирует знание основных разделов программы изучаемого курса: его базовых понятий и фундаментальных проблем; приобрел необходимые умения и навыки, освоил вопросы практического применения полученных знаний, не допустил фактических ошибок при ответе, достаточно последовательно и логично излагает теоретический материал, допуская лишь незначительные нарушения последовательности изложения и некоторые неточности.

«Не зачтено» - выставляется в том случае, когда обучающийся демонстрирует фрагментарные знания основных разделов программы изучаемого курса: его базовых понятий и фундаментальных проблем. У экзаменуемого слабо выражена способность к самостоятельному аналитическому мышлению, имеются затруднения в изложении материала, отсутствуют необходимые умения и навыки, допущены грубые ошибки и незнание терминологии, отказ отвечать на дополнительные вопросы, знание которых необходимо для получения положительной оценки.

5.3 Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Вопросы к зачету.

1. Что называется конечно-элементной моделью?
2. Что такое степени свободы элемента, модели?
3. Как выполняется аппроксимация искомых функций в МКЭ?

4. Назовите типы конечных элементов. Что означает порядок конечного элемента?
5. Запишите матричное уравнение жёсткости элемента.
6. Как выводятся общие уравнения МКЭ из условий равновесия узлов?
7. Как обосновать МКЭ на базе принципа возможных перемещений?
8. Запишите разрешающие уравнения МКЭ для статического деформирования.
9. Как выполняется сборка общих матриц из элементных?
10. Назовите основные свойства матрицы жёсткости.
11. Как учитываются граничные условия в перемещениях (связи)?
12. Как привести распределённые нагрузки к узловым?
13. Назовите методы решения уравнений МКЭ в статической задаче.
14. Каковы возможные причины нелинейности уравнений МКЭ?
15. Как записывается матричное дифференциальное уравнение движения МКЭ?
16. Что такое матрица масс и матрица демпфирования?

5.4 Процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Отчет по практическим работам

Отчет обучающегося по практической работе заключается в контроле выполнения задания и ответах на три вопроса. При правильных ответах умение обучающегося оценивается положительно; в случае неточного ответа задается один дополнительный вопрос по этой же теме; в случаях неправильных ответов обучающемуся предлагается повторить изучение методических указаний к практическим занятиям и вновь ответить на эти же вопросы. Отчет оценивается по шкале, приведенной в п. 5.2.

Отчет обучающегося по лабораторным работам заключается в проверке отчетов по лабораторным работам и ответах обучающегося на вопросы. При правильных ответах умение обучающегося оценивается положительно; в случае неточного ответа задается один дополнительный вопрос по этой же теме; в случаях неправильных ответов обучающемуся предлагается повторить изучение методических указаний для выполнения лабораторных работ и вновь ответить на вопросы. Отчет оценивается по шкале, приведенной в п. 5.2.

Тестирование

Тесты составлены отдельно к каждой лекции, включают вопросы по практическим работам (не менее 10 тестовых заданий). По каждому разделу дисциплины составлены промежуточные итоговые тесты. Итоговый тест по всему курсу содержит не менее пяти случайным образом отобранных заданий по каждой лекции (соответствующим практическим работам). Выполнение тестовых заданий оценивается по шкале, приведенной в п. 5.2.

Зачет

Зачет принимается ведущим преподавателем по данной учебной дисциплине. При проведении устного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать 0,35 часа. Ответ обучающегося оценивается в соответствии с критериями, описанными в пункте 5.2.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Кол-во
Л1.1	Аверченков, В. И.	Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие	М.: ФЛИНТА, 2011. – 271 с.	ЭБС «Лань»

6.1.2. Дополнительная литература

Л2.1	Чикуров, Н. Г.	Моделирование систем и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие.	М.: РИОР: ИНФРА-М, 2013. – 398 с.	ЭБС «Лань»
------	----------------	---	-----------------------------------	------------

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

	Наименование ресурса	Эл. адрес
Э1	Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».	http://window.edu.ru
Э2	Все для студента» (доступ свободный);	http://www.twirpx.com/files/machinery/autos/
Э3	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.	http://elibrary.ru

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для освоения дисциплины обучающемуся необходимо: посещать лекционные занятия; активно участвовать в обсуждении предложенных вопросов и выполнять практические задания; успешно пройти все формы текущего контроля; успешно пройти промежуточную аттестацию. Для подготовки к промежуточной аттестации по дисциплине необходимо использовать: материалы лекций, рекомендуемую основную и дополнительную литературу; ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"; методические материалы; информационно-образовательную среду университета.

Для теоретического и практического усвоения дисциплины большое значение имеет самостоятельная работа обучающихся, которая может осуществляться как индивидуально, так и под руководством обучающего. Данная работа предполагает самостоятельное изучение обучающимся отдельных тем, дополнительную подготовку к каждому лекционному и практическому занятию.

Самостоятельная работа обучающихся является важной формой образовательного процесса. Она реализуется вне рамок расписания, а также в библиотеке, дома, при выполнении учебных задач. Цель самостоятельной работы - научить обучающегося осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы повысить уровень освоения компетенций, а также привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию.

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	
8.1 Перечень программного обеспечения	
8.1.1	OpenOffice
8.2 Перечень информационных справочных систем	
8.2.1	«Лань» - электронно-библиотечная система. Режим доступа: http://e.lanbook.com/
8.2.2	ЭБС BOOK.RU. Режим доступа: https://www.book.ru/
8.2.3	ЭБ «УМЦ ЖДТ» режим доступа: https://umczdt.ru/books/
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Лекционные аудитории (50 посадочных мест), оснащенные экраном и переносным мультимедийным оборудованием, доской, учебной мебелью. Аудитории для проведения практических занятий по дисциплине (25 и более посадочных мест) оборудованные учебной мебелью и оснащенные наглядными пособиями, плакатами. Аудитория для курсового и дипломного проектирования и для самостоятельной работы обучающихся. Неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам (через ресурсы библиотеки СамГУПС) и к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в рамках самостоятельной работы обучающихся.	