

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 21.09.2023 16:08:19

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Моделирование физических процессов горного производства

Закреплена за подразделением Кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля

Направление подготовки 21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Профиль

Квалификация **Горный инженер (специалист)**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180
в том числе: Формы контроля в семестрах:
экзамен 10

аудиторные занятия 85

самостоятельная работа 59

часов на контроль 36

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	10 (5.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	17			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	34	34	34	34
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	85	85	85	85
Контактная работа	85	85	85	85
Сам. работа	59	59	59	59
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

дтн, профессор, Вознесенский Александр Сергеевич

Рабочая программа

Моделирование физических процессов горного производства

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - специалитет Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по специальности 21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА, 21.05.05-СФП-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля

Протокол от 25.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения д.ф.-м.н., доц. Винников Владимир Александрович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Цель дисциплины:
1.2	приобретение студентами знаний, умений и навыков в области компьютерного моделирования физических объектов и процессов горного производства, проводимого в рамках экспериментальной деятельности научного и производственного характера будущими специалистами в области физических процессов горного или нефтегазового производства.
1.3	Задачи дисциплины:
1.4	• знакомство с научными основами и современными методами моделирования физических объектов и процессов горного производства, а также с решаемыми задачами и областями практического применения этих методов в горной промышленности и смежных областях;
1.5	• овладение навыками компьютерного моделирования физических объектов и процессов горного производства, а также его использования для решения практических задач;
1.6	• освоение современных программных продуктов, используемых для имитационного компьютерного моделирования и численных экспериментов.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Геомеханическое обеспечение подземного строительства	
2.1.2	Методы и средства геоконтроля	
2.1.3	Горная геофизика	
2.1.4	Основы механики разрушения	
2.1.5	Физико-технический контроль минерального сырья, продукции и отходов предприятий горной промышленности	
2.1.6	Геомеханические процессы	
2.1.7	Компьютерные методы в научных исследованиях	
2.1.8	Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг	
2.1.9	Неразрушающий контроль и диагностика горношахтного и нефтегазового оборудования	
2.1.10	Физико-химические методы исследования геоматериалов	
2.1.11	Измерения в физическом эксперименте	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Аппаратурное обеспечение геомеханических измерений	
2.2.2	Геофизические исследования скважин	
2.2.3	Измерение быстропротекающих процессов	
2.2.4	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.5	Преддипломная практика	
2.2.6	Прикладные аспекты геомеханики	
2.2.7	Программное обеспечение геомеханических расчетов	
2.2.8	Теория и практика георадиолокации	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-4: способность выявлять новые закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы и разрабатывать на этой основе новые методы, технические средства, методики контроля качества минерального сырья и готовой продукции, контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, неразрушающего контроля объектов горного производства
Знать:
ПК-4-31 Знать методы постановки и проведения численных экспериментов по выявлению закономерностей взаимодействия горных пород с полями различной физической природы с целью разработки на этой основе новых методов, технических средств, методик контроля качества минерального сырья и готовой продукции, неразрушающего контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, подземного и шахтного строительства.
ПК-2: способность осуществлять контроль, прогноз и мониторинг: строения, структуры, свойств и состояния геологической среды, качества минерального сырья и конечной продукции горного производства, опасных геодинамических явлений, состояния окружающей среды, горной техники различного назначения при добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений
Знать:

ПК-2-31 Знать современное программное обеспечение, позволяющее на основе численных экспериментов моделировать методы и технические средства контроля, прогноза и мониторинга: строения, структуры, свойств и состояния геологической среды, качества минерального сырья и конечной продукции горного производства, опасных геодинамических явлений, состояния окружающей среды, горной техники различного назначения при добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений.
ПК-4: способность выявлять новые закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы и разрабатывать на этой основе новые методы, технические средства, методики контроля качества минерального сырья и готовой продукции, контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, неразрушающего контроля объектов горного производства
Уметь:
ПК-4-У1 Уметь ставить и проводить численные эксперименты по выявлению закономерностей взаимодействия горных пород с полями различной физической природы с целью разработки на этой основе новых методов, технических средств, методик контроля качества минерального сырья и готовой продукции, неразрушающего контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, подземного и шахтного строительства.
ПК-2: способность осуществлять контроль, прогноз и мониторинг: строения, структуры, свойств и состояния геологической среды, качества минерального сырья и конечной продукции горного производства, опасных геодинамических явлений, состояния окружающей среды, горной техники различного назначения при добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений
Уметь:
ПК-2-У1 Уметь использовать современное программное обеспечение численного моделирования для формулировки требований, выбора, разработки и реализации на практике методов и технических средств контроля, прогноза и мониторинга: строения, структуры, свойств и состояния геологической среды, качества минерального сырья и конечной продукции горного производства, опасных геодинамических явлений, состояния окружающей среды, горной техники различного назначения при добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений.
ПК-4: способность выявлять новые закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы и разрабатывать на этой основе новые методы, технические средства, методики контроля качества минерального сырья и готовой продукции, контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, неразрушающего контроля объектов горного производства
Владеть:
ПК-4-В1 Владеть техникой постановки и проведения численных экспериментов по выявлению закономерностей взаимодействия горных пород с полями различной физической природы с целью разработки на этой основе новых методов, технических средств, методик контроля качества минерального сырья и готовой продукции, неразрушающего контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, подземного и шахтного строительства.
ПК-2: способность осуществлять контроль, прогноз и мониторинг: строения, структуры, свойств и состояния геологической среды, качества минерального сырья и конечной продукции горного производства, опасных геодинамических явлений, состояния окружающей среды, горной техники различного назначения при добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений
Владеть:
ПК-2-В1 Владеть современным программным обеспечением, позволяющим на основе численных экспериментов моделировать методы и технические средства контроля, прогноза и мониторинга: строения, структуры, свойств и состояния геологической среды, качества минерального сырья и конечной продукции горного производства, опасных геодинамических явлений, состояния окружающей среды, горной техники различного назначения при добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных сооружений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Уравнения, описывающие объекты и процессы горного производства при моделировании и их решение.							

1.1	Общий подход при компьютерном моделировании строения, свойств и состояния физических объектов и процессов. Дифференциальные уравнения, описывающие объекты и процессы горного производства. Дифференциальные уравнения в частных производных в системе COMSOL Multiphysics. Решение систем дифференциальных уравнений в частных производных. Методы решения ДУЧП. Метод конечных элементов. Конечные элементы (Finite Elements) и сетки. Приближения к точному решению внутри конечных элементов. Элементы Лагранжа, Аргириса и Эрмита. Элементы Лагранжа в COMSOL Multiphysics. /Лек/	10	4	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2Л2.6 Л2.7 Э1 Э2 Э3		КМ1,К М2	Р1,Р17
1.2	Обоснование вычислительных параметров при моделировании методом конечных элементов. Принципы дискретизации непрерывных переменных. Условие Котельникова (Найквиста). Обоснование параметров сетки. Соотношение Куранта-Фридрихса-Леви (CFL). /Пр/	10	6	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л2.6 Л1.2Л2.5 Л2.7 Э1 Э2 Э3		КМ1,К М2	Р17
1.3	Ознакомление с интерфейсом COMSOL Multiphysics при настройке параметров конечных элементов, сеток и режимов решателя. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.2 Л2.5 Л2.6 Э1 Э2 Э3		КМ1,К М2	Р1,Р17
1.4	Ознакомление с теоретическим материалом по теме. /Ср/	10	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л2.6 Л1.2Л2.5 Л2.7 Э1 Э2 Э3		КМ1,К М2	Р1,Р17
1.5	Самостоятельное получение практических навыков установки параметров конечных элементов, сеток, режимов решателя и визуализации в COMSOL Multiphysics. /Ср/	10	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л2.5 Л1.1Л2.6 Э1 Э2 Э3		КМ1,К М2	Р1,Р17
	Раздел 2. Системы координат в COMSOL Multiphysics.							

2.1	Размерность задач и виды систем координат в COMSOL Multiphysics. Глобальная система координат. Локальная геометрическая система координат. Системы координат, определяемые пользователем. Пример задания цилиндрических координат, определяемых пользователем. /Лек/	10	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.6 Э4		КМ1,К М2	Р1
2.2	Задание координат в различных системах и переходы между различными координатными системами. /Пр/	10	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.2Л2.6 Э4		КМ1,К М2	Р18
2.3	Ознакомление с теоретическим материалом по теме. /Ср/	10	2	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.2Л2.6 Э4		КМ1,К М2	Р1
2.4	Самостоятельное получение практических навыков установки различных систем координат и переходов между ними в COMSOL Multiphysics. /Ср/	10	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.2 Л2.5 Э4		КМ1,К М2	Р1
	Раздел 3. Моделирование тепловых процессов в среде COMSOL Multiphysics.							
3.1	Общая характеристика задач расчета тепловых процессов. Уравнения теплопереноса за счет теплопроводности и за счет конвекции. Граничные условия при решении тепловых задач. Теплопередача за счет излучения. Решение задач теплопередачи в системе COMSOL Mutiphysics. Пример тепловых расчетов в системе COMSOL Multiphysics. Монофизическая постановка задачи (распределение температур и тепловых потоков). Мультифизическая постановка задачи (распределение температур, тепловых потоков, механических напряжений и деформаций). /Лек/	10	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л2.6 Л1.2Л2.4 Э5 Э6 Э7 Э8		КМ1,К М2	Р2,Р3
3.2	Техника моделирования в COMSOL Multiphysics тепловых процессов . /Пр/	10	6	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л2.4 Л1.2Л2.6 Э5 Э6 Э7 Э8		КМ1,К М2	Р2,Р3
3.3	Моделирование способов определения тепловых свойств горных пород. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л2.4Л2.6 Э5 Э6 Э7 Э8		КМ1,К М2	Р2,Р3

3.4	Моделирование промерзания грунта (задача Стефана). /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л2.4Л2.6 Э5 Э6 Э7 Э8		КМ1,К М2	Р2,Р3
3.5	Ознакомление с теоретическим материалом по теме. /Ср/	10	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.2Л2.4 Л2.6 Э5 Э6 Э7 Э8		КМ1,К М2	Р2,Р3
3.6	Самостоятельное получение практических навыков численного моделирования тепловых процессов. /Ср/	10	6	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л2.4Л2.6 Э5 Э6 Э7 Э8		КМ1,К М2	Р2,Р3
	Раздел 4. Моделирование механических систем и процессов в среде COMSOL Multiphysics.							
4.1	Общая характеристика возможностей моделирования механических объектов и процессов в COMSOL Multiphysics. Уравнения механики. Задание механических свойств подобластей. Граничные условия при решении механических задач. Визуализация символов. Примеры механических расчетов в системе COMSOL Multiphysics. Расчет напряжений вокруг горизонтальной выработки. Моделирование расслоения кровли подземных горных выработок. Моделирование сейсмического действия взрыва на карьере. Моделирование распределения напряжений в массиве пород при камерной системе разработки горизонтальных залежей. /Лек/	10	3	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.6 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р4,Р5,Р 6,Р7,Р8, Р9
4.2	Техника моделирования в COMSOL Multiphysics механических систем и процессов. /Пр/	10	6	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2Л2.6 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р20
4.3	Моделирование расслоения кровли подземных горных выработок. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р4
4.4	Моделирование сейсмического действия взрыва на карьере. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.7 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р5
4.5	Моделирование распределения напряжений в массиве пород при камерной системе разработки горизонтальных залежей. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Л2.7 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р6
4.6	Моделирование сеймоволн при образовании трещин в высоконапряженном массиве пород вокруг подземных выработок. /Лаб/	10	3	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.2 Л2.6 Л2.7 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р7

4.7	Моделирование виброакустического контроля заобделочного пространства тоннелей метрополитенов при отсутствии полости. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Л2.7 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р8
4.8	Моделирование виброакустического контроля заобделочного пространства тоннелей метрополитенов при наличии полости. /Лаб/	10	3	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.2 Л2.6 Л2.7 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р9
4.9	Ознакомление с теоретическим материалом по теме. /Ср/	10	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.2Л2.6 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р4,Р5,Р6,Р7,Р8
4.10	Самостоятельное получение практических навыков моделирования механических систем и процессов. /Ср/	10	7	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2Л2.5 Л2.6 Л2.7 Э9 Э10		КМ1,К М2	Р4,Р5,Р6,Р7,Р8,Р9
Раздел 5. Моделирование пьезоматериалов.								
5.1	Общие сведения о свойствах пьезокерамики. Электрические свойства керамики. Основные понятия теории электричества. Электрическое поле и электрическая индукция. Механические свойства керамики. Уравнения пьезоэффекта. Модели материала. Материалы с пьезоэффектом и без него. Пьезоэлектрическое рассеяние. Затухание колебаний и потери в керамике. Моделирование пьезопреобразователей в среде COMSOL Multiphysics. /Лек/	10	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л2.6 Л1.2Л2.5 Э11 Э12		КМ1,К М2	Р10,Р11
5.2	Техника моделирования в COMSOL Multiphysics пьезоматериалов и пьезопреобразователей. /Пр /	10	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л2.6 Л1.1Л2.5 Э11 Э12		КМ1,К М2	Р21
5.3	Моделирование пьезопреобразователей продольных и поперечных упругих волн. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Э11		КМ1,К М2	Р10
5.4	Моделирование ультразвукового исследования образцов горных пород с помощью продольных и поперечных упругих волн. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.8 Э12		КМ1,К М2	Р11
5.5	Ознакомление с теоретическим материалом по теме. /Ср/	10	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.2Л2.6 Э11 Э12		КМ1,К М2	Р10,Р11

5.6	Самостоятельное получение практических навыков моделирования неразрушающего акустического контроля горных пород с помощью пьезопреобразователей. /Ср /	10	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.8 Э11 Э12		КМ1,К М2	P10,P11
	Раздел 6. Механика жидкости.							
6.1	Механика жидкости в COMSOL Multiphysics. Области изучения механики жидкости и формулировка дифференциальных уравнений в частных производных. Установки свойств подобластей. Установка граничных условий. Численная стабильность решения и техника его стабилизации. Переменные раздела механики жидкости. Настройки решателя. Пример задачи, решаемой в разделе уравнений несжимаемой жидкости Навье – Стокса. /Лек/	10	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	P12,P13
6.2	Техника моделирования гидромеханических процессов. /Пр/	10	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.2Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	P22
6.3	Моделирование фильтрации воды в породном массиве (граничные условия первого рода). /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л2.4Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	P12
6.4	Моделирование откачки воды из горизонтальной скважины при заданном темпе (граничные условия второго рода). /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л2.4Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	P13
6.5	Ознакомление с теоретическим материалом по теме. /Ср/	10	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.2Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	P12,P13
6.6	Самостоятельное получение навыков работы по моделированию гидромеханических процессов. /Ср/	10	6	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л2.4Л2.1 Л2.3 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	P12,P13
	Раздел 7. Моделирование магнитных, электрических и электромагнитных процессов.							

7.1	Объекты и процессы горного дела, геофизики и неразрушающего контроля, в которых встречаются магнитные, электрические и электромагнитные явления. Уравнения Максвелла как основа решения. Разделы системы COMSOL Multiphysics для решения задач моделирования магнитных, электрических и электромагнитных процессов. Примеры решения задач. /Лек/	10	2	ПК-2-31 ПК-4-31	Л1.2Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	Р23
7.2	Уравнения Максвелла. Техника моделирования в COMSOL Multiphysics магнитных, электрических и электромагнитных процессов. /Пр/	10	4	ПК-2-У1 ПК-4-У1	Л1.1Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	Р23
7.3	Моделирование разведки рудного тела с магнитными свойствами. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	Р14
7.4	Моделирование электроразведки геофизических аномалий при поиске с поверхности Земли. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	Р15
7.5	Моделирование электроразведки геофизических аномалий при поиске из подземной выработки. /Лаб/	10	2	ПК-2-В1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	Р16
7.6	Ознакомление с теоретическим материалом по теме. /Ср/	10	4	ПК-2-31 ПК-2-У1 ПК-4-31 ПК-4-У1	Л1.2Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	Р23
7.7	Самостоятельное получение практических навыков моделирования магнитных, электрических и электромагнитных процессов. /Ср/	10	4	ПК-2-У1 ПК-2-В1 ПК-4-У1 ПК-4-В1	Л1.1Л2.6 Э1 Э2 Э3 Э4		КМ1,К М2	Р14,Р15, Р16

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Экзамен.	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Краевые задачи теории поля при описании физических процессов горного производства. 2. Обозначения, используемые при описании дифференциальных уравнений в частных производных. 3. Примеры дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение конвекции-диффузии. 4. Примеры дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение Навье-Стокса. 5. Примеры дифференциальных уравнений в частных производных. Волновое уравнение с учетом затухания в среде. 6. Примеры дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение теплопроводности. 7. Примеры дифференциальных уравнений в частных производных. Уравнение конвекции-диффузии.

		<p>8. Дифференциальное уравнение в частных производных в полном виде в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>9. Преобразования дифференциального уравнения в частных производных в полном виде в системе COMSOL Multiphysics при решении конкретных задач.</p> <p>10. Физический смысл коэффициентов, входящих в дифференциальное уравнение в частных производных полного вида в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>11. Методы решения систем дифференциальных уравнений в частных производных.</p> <p>12. Аппроксимация функций при решении систем дифференциальных уравнений в частных производных.</p> <p>13. Идея решения систем дифференциальных уравнений в частных производных численными методами.</p> <p>14. Основная концепция метода конечных элементов при решении систем дифференциальных уравнений в частных производных.</p> <p>15. Конечные элементы и сетки при решении систем дифференциальных уравнений в частных производных.</p> <p>16. Аппроксимация решений систем ДУЧП с помощью линейных и квадратичных функций в случае 1D. Базисные функции.</p> <p>17. Элементы Лагранжа, Аргириса и Эрмита при решении систем ДУЧП численными методами. Порядок элемента Лагранжа.</p> <p>18. Элементы Лагранжа в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>19. Уравнения теплопереноса за счет теплопроводности и конвекции. Изотропные и анизотропные среды.</p> <p>20. Получение уравнения теплопроводности и конвекции из ДУЧП общего вида в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>21. Виды граничных условий при решении ДУЧП, описывающих тепловые процессы.</p> <p>22. Задачи теплопередачи за счет излучения и их решение в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>23. Решение задач теплопередачи в системе COMSOL Multiphysics. Интерфейсы и последовательность действий.</p> <p>24. Виды систем координат в COMSOL Multiphysics.</p> <p>25. Глобальная система координат в COMSOL Multiphysics. Порядок обозначения осей.</p> <p>26. Локальная геометрическая система координат в COMSOL Multiphysics в 2D и 3D.</p> <p>27. Методы задания в двумерной постановке системы координат, определяемой пользователем.</p> <p>28. Методы задания в трехмерной постановке системы координат, определяемой пользователем.</p> <p>29. Возможности моделирования и виды анализа в базовом и дополнительном разделах структурной механики COMSOL Multiphysics.</p> <p>30. Уравнения механики COMSOL Multiphysics. Взаимосвязь деформации-смещения.</p> <p>31. Уравнения механики COMSOL Multiphysics. Взаимосвязь напряжения-деформации.</p> <p>32. Уравнения механики COMSOL Multiphysics. Статический анализ, анализ собственных частот, анализ переходных процессов.</p> <p>33. Затухание в механических системах. Рэлеевская модель затухания. Коэффициент потерь.</p> <p>34. Граничные условия в модуле структурной механики.</p> <p>35. Обозначения различных видов граничных условий при моделировании плоских деформаций (Plain Strain) и напряжений (Plane Stress) в модуле структурной механики.</p> <p>36. Моделирование пьезоматериалов в системе COMSOL Multiphysics. Общие сведения о свойствах пьезокерамики.</p> <p>37. Моделирование пьезоматериалов в системе COMSOL Multiphysics. Основные понятия теории электричества.</p> <p>38. Моделирование пьезоматериалов в системе COMSOL Multiphysics. Электрическое поле и электрическая индукция.</p> <p>39. Механические свойства пьезокерамики. Упругие постоянные.</p>
--	--	---

			<p>40. Уравнения пьезоэффекта в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>41. Моделирование пьезопреобразователей в среде COMSOL Multiphysics. Физические свойства и процессы в пьезокерамике, полярная ось.</p> <p>42. Моделирование пьезопреобразователей в среде COMSOL Multiphysics. Взаимодействие внутреннего и внешнего электрических полей.</p> <p>43. Моделирование пьезопреобразователей в среде COMSOL Multiphysics. Создание продольных и поперечных упругих волн с помощью пьезокерамических материалов.</p> <p>44. Моделирование пьезопреобразователей в среде COMSOL Multiphysics. Ориентация материала из 3D с осями хуз относительно глобальных осей XYZ системы координат модели в 2D для создания различных видов деформирования пьезокерамики.</p> <p>45. Уравнения механики жидкостей в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>46. Решение задач механики жидкостей в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>47. Напишите основные уравнения Максвелла, описывающие электрические, магнитные и электромагнитные процессы в средах.</p> <p>48. Напишите и поясните основные уравнения, описывающие граничные условия при моделировании электрические, магнитные и электромагнитные процессы в средах.</p> <p>49. Приведите пример моделирования электроразведки при исследовании на поверхности Земли.</p>
--	--	--	--

КМ2	Контрольные работы.	ПК-2-31;ПК-2-У1;ПК-2-В1	<p>Раздел 1. Уравнения, описывающие объекты и процессы горного производства при моделировании</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как называются математические выражения, что они означают: $\partial u/\partial t$, $\partial^2 u/\partial t^2$, $\partial u/\partial x$, $\partial^2 u/\partial x^2$? 2. Как называется и как в развернутом виде записывается оператор \square? 3. Напишите полное дифференциальное уравнение в частных производных, используемое в системе COMSOL Multiphysics, и покажите, как оно трансформируется в волновое уравнение, описывающее среду без потерь. 4. Почему точное аналитическое решение дифференциальных уравнений не всегда возможно? 5. В чем суть МКЭ при моделировании объектов сложной формы (геометрическая интерпретация)? 6. В чем суть МКЭ при моделировании объектов сложной формы (математическая интерпретация)? 7. Как называется замена непрерывных функций набором численных значений? 8. Что собой представляют элементы сетки в одно-, двух-, трехмерном случае при решении систем уравнений МКЭ? 9. Какие элементы кроме элементов Лагранжа используются при моделировании МКЭ? <p>Раздел 2. Системы координат в COMSOL MULTIPHYSICS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как изображаются на плоскости 2D декартовы и полярные координаты? 2. Какие системы координат используются при моделировании в 3D? 3. Какие системы координат могут быть заданы в системе COMSOL Multiphysics? 4. Как обозначаются оси координат в глобальной системе координат в 2D и 3D, Axial symmetry 2D? 5. Является глобальная система координат правой или левой ортогональной? Поясните на схеме. 6. Изобразите нормальные n и тангенциальные t направления локальных систем координат на внешних границах в пространствах 2D и 3D на кубе и кольце. 7. Каким образом в 2D из глобальной системы координат создается система координат, определяемая пользователем? 8. Каким образом в 3D из глобальной системы координат создается система координат, определяемая пользователем? <p>Раздел 3. Моделирование тепловых процессов в среде COMSOL MULTIPHYSICS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Напишите уравнение теплопередачи за счет теплопроводности, поясните смысл входящих в него величин. 2. Напишите уравнение теплопередачи за счет теплопроводности и конвекции за счет флюида, поясните смысл входящих в него величин. 3. Напишите уравнение для теплого потока при передаче тепла путем теплопроводности и конвекции. 4. Чему равно скалярное произведение единичного вектора n на вектор u при угле 90° между ними? 5. Как формулируются граничные условия Дирихле при моделировании тепловых процессов? 6. Как формулируются граничные условия Неймана при моделировании тепловых процессов? 7. Как формулируются граничные условия третьего рода? 8. Как формулируются граничные условия четвертого рода? <p>Раздел 4. Моделирование механических систем и процессов в среде COMSOL MULTIPHYSICS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Напишите соотношения между деформациями и смещениями в 3D. 2. Напишите, как записывается симметричный тензор деформаций. 3. Напишите, как записывается симметричный тензор напряжений. 4. Напишите выражение, описывающее взаимосвязь напряжений и деформаций.
-----	---------------------	-------------------------	---

		<p>5. Какой вид имеет матрица упругостей при моделировании механических процессов?</p> <p>6. Напишите уравнения колебаний в системе с одной степенью свободы, состоящей из массы и упругости и обладающей вязким затуханием.</p> <p>7. Какое соотношение существует между коэффициентами затухания упругих волн во времени δt и пространстве δp?</p> <p>8. Какое соотношение существует между добротностью Q, степенью демпфирования ξ, коэффициентом потерь η, декрементом затухания θ и коэффициентом затухания упругих волн во времени δt?</p> <p>Раздел 5. Моделирование пьезоматериалов и пьезопреобразователей</p> <p>1. В чем отличие пьезокерамики от других материалов, не обладающих пьезоэлектрическими свойствами, с точки зрения уравнений, описывающих их свойства?</p> <p>2. В чем заключаются прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты?</p> <p>3. Что такое напряженность электрического поля, как она обозначается, в чем измеряется?</p> <p>4. Напишите формулу, описывающую связь напряженности электрического поля и индукции.</p> <p>5. Как записывается тензор абсолютной диэлектрической поляризации среды?</p> <p>6. В чем выражается свойство симметрии для пьезокерамики?</p> <p>7. Какой элемент тензора характеризует максимальную связь между электрическими и механическими свойствами пьезокерамики? Какое из направлений поляризации в системе COMSOL Multiphysics ему соответствует и по умолчанию является главным?</p> <p>8. Напишите уравнения связей механических и электрических свойств пьезокерамики в формах механические напряжения–заряд и деформации–заряд в системе COMSOL Multiphysics.</p> <p>9. Что происходит с материалом керамики при ее поляризации в процессе изготовления? При каком соотношении направлений вектора внешнего поля и полярной оси пьезокерамика сжимается, а при каком растягивается?</p> <p>10. Как должны быть направлены вектор внешнего поля и полярная ось, чтобы керамика испытывала деформации сжатия/растяжения или сдвига?</p> <p>11. В каких устройствах неразрушающего контроля используется пьезокерамика?</p> <p>Раздел 6. Механика жидкости</p> <p>1. Какое уравнение в системе COMSOL Multiphysics описывает движение несжимаемой жидкости?</p> <p>2. Какие граничные условия могут быть установлены при моделировании движения жидкости в системе COMSOL Multiphysics?</p> <p>3. Как определяется максимально допустимый временной шаг дискретизации решателя переходных процессов?</p> <p>4. Какие разделы системы COMSOL Multiphysics включены в моделирование задач гидромеханики в базовом и дополнительном модулях?</p> <p>5. Какие переменные являются зависимыми, а какие – независимыми при моделировании объектов гидромеханики в базовом модуле COMSOL Multiphysics?</p> <p>6. Какие свойства сред вводятся при моделировании динамики жидкости в базовом модуле COMSOL Multiphysics?</p> <p>Раздел 7. Моделирование электрических, магнитных и электромагнитных процессов в среде COMSOL Multiphysics</p> <p>1. Напишите основные уравнения Максвелла, описывающие электрические, магнитные и электромагнитные процессы в средах.</p> <p>2. Напишите и поясните основные соотношения, описывающие электрические, магнитные макроскопические свойства среды.</p> <p>3. Напишите и поясните основные уравнения, описывающие</p>
--	--	---

			<p>граничные условия при моделировании электрические, магнитные и электромагнитные процессы в средах.</p> <p>4. Приведите пример моделирования электроразведки при исследовании на поверхности Земли.</p> <p>5. Приведите пример моделирования электроразведки при исследовании из подземных выработок.</p>
5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа №1.	ПК-2-31	Ознакомление с интерфейсом COMSOL Multiphysics при настройке параметров конечных элементов, сеток и режимов решателя.
P2	Лабораторная работа №2.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование способов определения тепловых свойств горных пород.
P3	Лабораторная работа №3.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование промерзания грунта (задача Стефана).
P4	Лабораторная работа №4.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование расслоения кровли подземных горных выработок.
P5	Лабораторная работа №5.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование сейсмического действия взрыва на карьере.
P6	Лабораторная работа №6.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование распределения напряжений в массиве пород при камерной системе разработки горизонтальных залежей.
P7	Лабораторная работа №7.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование сейсмических волн при образовании трещин в высоконапряженном массиве пород вокруг подземных выработок.
P8	Лабораторная работа №8.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование виброакустического контроля заобделочного пространства тоннелей метрополитенов при отсутствии полости.
P9	Лабораторная работа №9.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование виброакустического контроля заобделочного пространства тоннелей метрополитенов при наличии полости.
P10	Лабораторная работа №10.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование пьезопреобразователей продольных и поперечных упругих волн.
P11	Лабораторная работа №11.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование ультразвукового исследования образцов горных пород с помощью продольных и поперечных упругих волн.
P12	Лабораторная работа №12.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование фильтрации воды в породном массиве (граничные условия первого рода).
P13	Лабораторная работа №13.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование откачки воды из горизонтальной скважины при заданном темпе (граничные условия второго рода).
P14	Лабораторная работа №14.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование разведки рудного тела с магнитными свойствами.
P15	Лабораторная работа №15.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование электроразведки геофизических аномалий при поиске с поверхности Земли.
P16	Лабораторная работа №16.	ПК-2-У1;ПК-2-В1	Моделирование электроразведки геофизических аномалий при поиске из подземной выработки.
P17	Практическая работа №1.	ПК-2-31;ПК-2-У1	Обоснование вычислительных параметров при моделировании методом конечных элементов. Принципы дискретизации непрерывных переменных. Условие Котельникова (Найквиста). Обоснование параметров сетки. Соотношение Куранта-Фридрихса-Леви (CFL).
P18	Практическая работа №2.	ПК-2-31;ПК-2-У1	Задание координат в различных системах и переходы между различными координатными системами.
P19	Практическая работа №3.	ПК-2-31;ПК-2-У1	Техника моделирования в COMSOL Multiphysics тепловых процессов.
P20	Практическая работа №4.	ПК-2-31;ПК-2-У1	Техника моделирования в COMSOL Multiphysics механических систем и процессов.
P21	Практическая работа №5.	ПК-2-31;ПК-2-У1	Техника моделирования в COMSOL Multiphysics пьезоматериалов и пьезопреобразователей.

P22	Практическая работа №6.	ПК-2-31;ПК-2-У1	Техника моделирования гидромеханических процессов.
P23	Практическая работа №7.	ПК-2-31;ПК-2-У1	Уравнения Максвелла. Техника моделирования в COMSOL Multiphysics магнитных, электрических и электромагнитных процессов.

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Экзаменационные билеты в соответствии с предусмотренными РПД следующими компетенциями: УК-6.1 -31; УК-6.1 -У1; УК-6.1 -В1; ПСК-4.4-31; ПСК-4.4-У1; ПСК-4.4-В1; ПСК-4.2-31; ПСК-4.2-У1; ПСК-4.2-В1.

Пример экзаменационного билета, состоящего из двух теоретических вопросов и одного практического задания.

1. Методы решения систем дифференциальных уравнений в частных производных.
2. Граничные условия в модуле структурной механики.
3. Практическое задание. Получите волновое уравнение, учитывающее затухание волн в среде, из обобщенного дифференциального уравнения в частных производных, используемого в COMSOL Multiphysics.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Экзаменационная оценка выставляется по четырехбалльной шкале (“неудовлетворительно”, “удовлетворительно”, “хорошо” или “отлично”) как среднее арифметическое из оценок, полученных за освоение каждой компетенции, в соответствии со следующими критериями:

УК-6.1 : Незнание уравнений математики и физики, описывающих объекты и процессы горного производства и неумение осуществлять их выбор при решении конкретных задач численными методами. - Допороговый уровень (оценка “неудовлетворительно”).

Выборочное знание основных уравнений математики и физики, описывающих объекты и процессы горного производства и критериев их выбора при решении конкретных задач численными методами. - Пороговый уровень (оценка “удовлетворительно”).

Знание базовых уравнений математики и физики, описывающих объекты и процессы горного производства и критериев их выбора при решении конкретных задач численными методами. - Продвинутый уровень (оценка “хорошо”).

Исчерпывающие знания уравнений математики и физики, описывающих объекты и процессы горного производства и критериев их выбора при решении конкретных задач численными методами. - Высокий уровень (оценка “отлично”).

ПСК-4.4: Незнание методов численного моделирования и неспособность выявлять на этой основе закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы в объектах и процессах горного производства. - Допороговый уровень (оценка “неудовлетворительно”).

Выборочные знания методов численного моделирования и частичная способность выявлять на этой основе закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы в объектах и процессах горного производства. - Пороговый уровень (оценка “удовлетворительно”).

Знание методов численного моделирования и способность выявлять на этой основе закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы в объектах и процессах горного производства. - Продвинутый уровень (оценка “хорошо”).

Исчерпывающие знания методов численного моделирования и способность выявлять на этой основе закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы в объектах и процессах горного производства. - Высокий уровень (оценка “отлично”).

ПСК-4.2: Незнание методов и неспособность осуществлять моделирование контроля, прогноза и мониторинга строения, структуры, свойств и состояния объектов и процессов горного производства. - Допороговый уровень (оценка “неудовлетворительно”).

Выборочное знание методов и частичная способность осуществлять моделирование контроля, прогноза и мониторинга строения, структуры, свойств и состояния объектов и процессов горного производства. - Пороговый уровень (оценка “удовлетворительно”).

Знание методов и способность осуществлять моделирование контроля, прогноза и мониторинга строения, структуры, свойств и состояния объектов и процессов горного производства. - Продвинутый уровень (оценка “хорошо”).

Исчерпывающие знания методов и способность осуществлять моделирование контроля, прогноза и мониторинга строения, структуры, свойств и состояния объектов и процессов горного производства. - Высокий уровень (оценка “отлично”).

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Вознесенский А. С.	Моделирование физических процессов горного производства (N 2983): лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Вознесенский А. С.	Моделирование физических процессов горного производства (N 3153): учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2019
6.1.2. Дополнительная литература				
	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Винников В. А., Каркашадзе Г. Г.	Гидромеханика: учебник для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки бакалавров и магистров "Горное дело"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2003
Л2.2	Вознесенский А. С.	Компьютерные методы в научных исследованиях. Руководство по лабораторно-практическим и самостоятельным занятиям: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Физ. процессы горн. или нефтегаз. пр-ва"	Электронная библиотека	М.: Изд-во МГГУ, 2009
Л2.3	Винников В. А., Каркашадзе Г. Г.	Методы решения задач фильтрации газов и жидкостей в породных массивах: учеб. пособие по дисц. "Гидрогазодинамические процессы горн. пр-ва", "Гидромеханика"	Библиотека МИСиС	М.: МГИ, 1993
Л2.4	Каркашадзе Г. Г.	Моделирование физических процессов горного производства. Ч. 1: учеб. пособие для студ. напр. подготовки 131201 "Физические процессы горн. или нефтегаз. пр-ва" ФГОС ВПО	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2013
Л2.5	Вознесенский А. С.	Компьютерные методы в научных исследованиях: практикум по лаб.- практ. занятиям и самостоят. раб. для студ. спец. 130401 - Физические процессы горн. и нефтегаз. пр-ва	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2014
Л2.6	Вознесенский А. С.	Компьютерные методы в научных исследованиях: учебник	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016
Л2.7	Вознесенский А. С., Красилов М. Н., Куткин Я. О.	Моделирование физических процессов в горном деле. Компьютерное моделирование (N 2984): практикум	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018
Л2.8	Вознесенский А. С.	Проектирование систем геоконтроля. Физические процессы горного или нефтегазового производства (N 2985): учебно-метод. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2018

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Видеолекция 1.1. Краевые задачи. Обозначения.	https://yadi.sk/i/FsSB8ZIDbt6_bQ
Э2	Видеолекция 1.2. Решение ДУЧП.	https://yadi.sk/i/QH7sCRxviKWJWA
Э3	Видеолекция 1.3. МКЭ, элементы Лагранжа.	https://yadi.sk/i/fgZRNc3-4OPUuA
Э4	Видеолекция 02. Координатные системы.	https://yadi.sk/i/pciIHDtC-CGd0g
Э5	Видеолекция 03_01. Моделирование тепловых процессов. Обозначения. Уравнения.	https://yadi.sk/i/-dkfhHNfD_dS1w

Э6	Видеолекция 03.02. Решение задач теплопроводности, конвекции и излучения.	https://yadi.sk/i/AycAuFP2rK4nTQ
Э7	Видеолекция 03.03. Пример монофизической постановки задачи.	https://yadi.sk/d/mDKdrdNUe2NmAw
Э8	Видеолекция 03.04. Пример мультифизической постановки задачи.	https://yadi.sk/i/7NBfokv0qIC2Cw
Э9	Видеолекция 04.01. Механика. Навигатор моделей.	https://yadi.sk/i/NNdETrwAbs4CKw
Э10	Видеолекция 04.02. Механика. Уравнения.	https://yadi.sk/i/W_FueVREQ0KSHw
Э11	Видеолекция 5.1. Моделирование пьезоматериалов и пьезопреобразователей.	https://yadi.sk/i/Lc7TDnE_D4WXxA
Э12	Видеолекция 5.2. Моделирование пьезоматериалов и пьезопреобразователей.	https://yadi.sk/i/5vPG4o1bmuEDjw

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	ESET NOD32 Antivirus
П.2	Win Pro 10 32-bit/64-bit
П.3	Microsoft Office
П.4	LMS Canvas
П.5	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Л-732	Учебная аудитория	лабораторные стенды: генераторы Г3-53; генератор импульсов Г5-54; генератор Г4-158; осциллограф С1-72; вольтметры Щ-1312, В7-40, В3-38; частотомеры ЧЗ-33, ЧЗ-36; осциллограф С1-114/1; измеритель LCR E7-11; источник питания УНИП-5; доска учебная; экран настенный
Л-730	Компьютерный класс	блок системный P4 3.0 Cel/512/80/ - 1шт/GA/CDRW+DVD/SB,DIMM,80Gb,Video, Kb,mouse - 1шт., компьютер в сборе: системный блок: Core i3 2120 3.30Ghz/Intel -DH67CF/4Gb/750Gb.-19шт., компьютер в сборе: системный блок: Core i5 2400 3.10Ghz/Intel DH67CF/4Gb/750Gb-1шт., компьютер стационарный тип 2 Kraftway Credo KC36 -1шт., ксерокс CANON IR 1210 -1шт., проектор мультимедийный SANYO-PLC-XD2200 -1шт., монитор 19" ACER V193b -1шт., монитор LCD 17 NEC70GX2-1шт., монитор ACER 19" AL1923 W/SPEAKER-1шт., комплект учебной мебели
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Подготовка к лекциям.

Подготовка к лекционному занятию включает повторение пройденного материала.

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. При необходимости задавать преподавателю уточняющие вопросы.

Работая над конспектом лекций, Вам всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Подготовка к практическим занятиям

Подготовку к каждому практическому занятию Вы должны начать с ознакомления с планом практического занятия,

который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. В процессе подготовки к практическим занятиям Вам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у Вас отношение к конкретной проблеме.

Подготовка к лабораторным работам.

Подготовка к каждой лабораторной работе должна начинаться с предварительного самостоятельного ознакомления с изложенными в учебнике и лабораторном практикуме теоретически положениями, касающимися конкретной работы. До начала работы, используя материалы соответствующего практикума, необходимо чётко сформулировать для себя её цели и задачи. При проведении работы необходимо следовать изложенному в практикуме алгоритму её проведения, предварительно проверив работоспособность соответствующих приборов и вспомогательного оборудования. В случае возникновения каких-либо вопросов по сути работы и особенностям её проведения необходимо получить соответствующие консультации у преподавателя. По завершении измерительной части лабораторной работы необходимо особое внимание уделить обработке и представлению результатов измерений, а также сформулировать следующие из этих результатов выводы. Работа заканчивается оформлением отчёта, представлением его для проверки преподавателю и защитой.

Самостоятельная работа.

Изучение дисциплины предполагает значительный объём самостоятельной аудиторной и внеаудиторной работы, которая включает:

- самостоятельное изучение ряда вопросов дисциплины с использованием рекомендованной основной и дополнительной литературы, а также самостоятельно найденной по рассматриваемому вопросу литературы, в том числе в научных периодических изданиях;
- повторное обращение к материалам, изложенным на лекциях, с использованием собственных конспектов и рекомендованной литературой;
- подготовка к лабораторным работам и их проведение;
- подготовка к контрольным работам, тестированию и итоговой аттестации.

Любые неясные вопросы, возникающие в рамках самостоятельной работы, должны обсуждаться в ходе консультаций с преподавателем.

Часть студентов под руководством преподавателей, сотрудников или аспирантов кафедры может заниматься самостоятельной научной работой, так или иначе связанной с изучаемой дисциплиной. Такая работа может осуществляться не только в вузе, но и во внешних родственных организациях.