Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 21.11.2023 10:53:11
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Урбанистики и городского хозяйства
_____ / Л.А. Марюшин /
“ 28 ” апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Моделирование физических процессов в горном деле»

Направление подготовки

21.05.04 «Горное дело»

Специализация

Шахтное и подземное строительство

Квалификация (степень) выпускника

Специалист

Форма обучения

Заочная

Москва 2022

1. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются получение студентами знаний, умений и навыков в области компьютерного и физического моделирования физических объектов и процессов горного производства, проводимого в рамках деятельности научного и производственного характера будущими специалистам в области шахтного и подземного строительства

Основные задачи дисциплины:

– знакомство с современными методами моделирования объектов шахтного и подземного строительства, а также с решаемыми задачами и областями практического применения этих методов в горном деле;

овладение навыками компьютерного моделирования физических объектов и процесов шахтного и подземного строительства

2. Место дисциплины в структуре ООП специалиста

Дисциплина «Моделирование физических процессов в горном деле » (Б1.ДВ.5) относится к циклу дисциплин по выбору, специализации «Шахтное и подземное строительство»

Изучение дисциплины «Моделирование физических процессов в горном деле» базируется на знании студентами ряда разделов математики (дифференциальное и интегральное исчисление, матрицы и определители, спецглавы математики), физики (общий курс и спецглавы физики), информатики (навыки работы на компьютере и в сети интернет, умение использовать базовое прикладное программное обеспечение), а также на дисциплинах Сопротивление материалов, Гидромеханика, Термодинамика, Геомеханика,

Знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплины, частично служат базой для последующего освоения дисциплин Шахтное и подземное строительство, Механика подземных сооружений, при дипломном проектировании.

Знание вопросов, рассматриваемых в рамках дисциплины, является необходимым для полноценного прохождения производственных и преддипломных практик, значительное место в которых занимают компьютерные эксперименты и проектирование подземных сооружений.

.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Моделирование физических процессов в горном деле», соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательно программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций.

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-7	готовностью умением пользоваться компьютером как средством управления и обработки информационных массивов	**знать:** - существующие методы познания физических процессов, протекающих в массиве горных пород, основы теории подобия и теории размерности, принципы моделирования процессов механики горных пород, тепловых и гидродинамических процессов, процесса замораживания грунтов;; **уметь:** - самостоятельно выбирать физические модели для различных процессов механики горных пород; - обрабатывать результаты исследований; - оценивать и определять ошибки при моделировании. **владеть:** подбором методов физического и математического моделирования процессов горного производства; - навыками самостоятельного моделирования ряда процессов применительно к технологическому курсу «Специальные способы строительства подземных сооружений».
ПК-4	готовностью осуществлять техническое руководство горными и	**знать:** способность и готовность выбирать материалы для инженерных конструкций подземных и горнотехни-

	взрывными работами при эксплуатационной разведке, добыче твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов, непосредственно управлять процессами на производственных объектах, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций	ческих зданий и сооружений; контролировании качества производимых материалов и изделий с целью доведения их до уровня требований, предъявляемых соответствующими ГОСТами; **уметь:** самостоятельно работать с рекомендуемой учебной и научной литературой, составлять рефераты на заданную преподавателем тему **владеть:** нормативно-техническими документами по стандартизации и управлению
ПК-22	Готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях	**знать:** основные физические явления и законы, их математическое описание; способы использования компьютерных и информационных технологий; современные программные средства и компьютерные технологии, используемые для решения задач шахтного и подземного строительства; **уметь:** выявлять физическую сущность явлений и процессов в породных массивах, выполнять компьютерные расчеты; обосновывать и формулировать требования к технологиям строительства и устойчивости горнотехнических сооружений **владеть:**. современными программными средствами и компьютерными технологиями, используемыми для решения задач шахтного и подземного строительства

4. Структура содержания дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов(из них 128 ч - .самостоятельная работа студентов).

Дисциплина изучается на пятом курсе в 9 семестре. Лекций-12 ч, практические занятия 4 ч. Форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Моделирование физических процессов в горном деле» по видам работы отражены в Приложении 1.

Форма обучения	курс	семестр	Трудоемкость дисциплины в часах							Форма итогового контроля
			Всего час./ зач. ед	Аудиторных часов (контактная работа)	Лекции	Семинарские (практические) занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Контроль (промежуточная аттестация)	
Заочная			**1 44/4**	**1 6**		**8**		**28**	**1 4**	**зачет**

Вид учебной работы	Все го часов	Семестры	
			9
Заочная форма			
Контактная работа (всего)	**144**	**-**	**12**
В том числе:		-	
Лекции	8	-	8
Практические занятия (ПЗ)	8	-	8
Семинары (С)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
Самостоятельная работа (всего)	**128**		**128**
В том числе:			
Курсовой проект (работа)			
Расчетно-графические работы	-		
Реферат	-		20
Эссе	-		-
Контрольная работа (2 контрольные работы)			16
Другие виды самостоятельной работы			
Изучение лекционного материала			20
Подготовка к практическим занятиям			35
Подготовка к промежуточному/итоговому тестированию			35
Изучение нормативно-правовой документации			15
Вид промежуточной аттестации (**зачеи**)			**14**
Общая трудоемкость час./ зач. ед			**144/4**

Содержание разделов дисциплины.
Девятый семестр

Введение

Раздел1 Знакомство с системами Mathcad, MATLAB, расчеты напряженного состояния массива пород вокруг выработок по аналитическим выражениям

Ознакомление с системой математического компьютерного моделирования Matcad: расчет напряжений и деформаций массива пород вокруг горизонтальной выработки по аналитическим выражениям. Расчет напряжений и деформаций массива пород вокруг вертикальной выработки по аналитическим выражениям в среде Matlab.

Раздел 2. Расчеты напряженно-деформированного состояния массива горных пород вокруг выработок методом конечных элементов в упругой и упруго-пластической постановке задачи

Моделирование методом конечных элементов в среде Comsol Multiphysics механического нагружения образца горной породы при его испытании. Моделирование методом конечных элементов в среде Comsol Multiphysics упругих волн при исследовании строения массива горных пород и грунтов методом сейсморазведки

Раздел 3. Моделирование процессов теплопередачи в горных породах и замораживания грунтов. Моделирование геомеханических процессов шахтного и подземного строительства

Расчеты напряженно-деформированного состояния массива горных пород вокруг вертикальной выработки методом конечных элементов в упругой постановке задачи. Расчеты напряженно-деформированного состояния массива горных пород вокруг горизонтальной выработки методом конечных элементов в упругой постановке задачи.

Раздел 4. Моделирование процесса инъекционной цементации грунтов через нагнетательные скважины.

Моделирование процессов фильтрации жидкости в скважины в водоносном пласте на основе закона Дарси. Моделирование процессов фильтрации жидкости в скважины в водоносном пласте на основе закона Дарси

5. Образовательные технологии

Организация занятий по дисциплине « Моделирование физических процессов в горном деле» возможна как *по обычной технологии* по видам работ (лекции, практические занятия, текущий контроль) по расписанию, так и по технологии группового *модульного обучения* при планировании проведения всех видов работ (аудиторных занятий и самостоятельной работы по дисциплине) в автоматизированной аудитории с проекционным оборудованием и компьютерами.

Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта (контролируется).

Лекционные занятия проводятся в поточной аудитории с применением мультимедийного проектора в виде учебной презентации. Учебные материалы предъявляются обучающимся для ознакомления и изучения, основные моменты лекционных занятий конспектируются. Отдельные темы предлагаются для самостоятельного изучения с обязательным составлением конспекта (контролируется).

Практические занятия проводятся в компьютерном классе (ПК-4, ПК-22).

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

- самоподготовку к учебным занятиям по конспектам, учебной литературе и с помощью электронных ресурсов;
- выполнение, оформление и защита результатов практических работ (с выполнением необходимых расчетов и графических построений);
- презентация, реферат или доклад обучающихся по предложенным темам.

На практических занятиях применять следующие методы интерактивного обучения:

№	Наименование практического занятия	Метод интерактивного обучения	Количество часов
1	Определение размеров поперечного сечения горизонтальной выработки.	Анализ конкретных ситуаций (Case-stude)	2
2	Определение параметров паспорта буровзрывных работ	Анализ конкретных ситуаций (Case-stude)	2
3	Расчет параметров водоотлива при проходке стволов	Анализ конкретных ситуаций (Case-stude)	2
4	Методика определения параметров и усилий передвижки щита при щитовой технологии	Анализ конкретных ситуаций (Case-stude)	2
5	Организация работ при щитовой технологии и методика построения графика цикличности	Активный диалог (дискуссия)	2
6	Расчет производительности проходческого комбайна	Анализ конкретных ситуаций (Case-stude	2

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1. Фонды оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

«Моделирование физических процессов в горном деле»

Фонды оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Моделирование физических процессов в горном деле» приведены в Приложении 2 к рабочей программе.

6.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

п/п	№ раздела дисциплины	Методические указания по выполнению самостоятельной работы
.	Раздел 1	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-3] Самостоятельное выполнение практических заданий
.	Раздел 2	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-3] Изучение учебно-методических материалов
.	Раздел 3	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-3] Подготовка рефератов.
.	Раздел 4	Чтение лекционного материала Самостоятельное выполнение практических заданий и подготовка рефератов
.	Раздел 5	Чтение лекционного материала Самостоятельное выполнение практических заданий , решение задач, выполнение контрольной работы
	Раздел 6	Чтение лекционного материала Самостоятельное выполнение практических заданий , решение задач, подготовка реферата
	Раздел 7	Чтение лекционного материала Самостоятельное выполнение практических заданий ,

		решение задач, выполнение контрольной работы №2
	Раздел 8	Чтение лекционного материала Самостоятельное выполнение практических заданий , решение задач, подготовка к экзамену

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

Каркашадзе Г. Г. Моделирование физических процессов горного производства. Часть 1: Учеб. пособие. - М.: МГГУ, 2013. – 98 с.

2. Каркашадзе Г.Г. Моделирование физических процессов горного производства – М.: НИТУ «МИСиС», 2014.-84 с.

3. Вознесенский А. С. Компьютерные методы в научных исследованиях. - Ч. 1. , ч. 2. : Учеб. для вузов.- М.: МГГУ.- 2011.- 214 с.

4. Вознесенский А. С. Компьютерные методы в научных исследованиях: Руководство по лабораторно-практическим и самостоятельным занятиям для учащихся вузов.- М.: Изд. МГГУ.- 2009.- 118 с. Режим доступа http://www.knigafund.ru/books/183131

- Управление проектами: фундаментальный курс [Электронный ресурс]: учебник, Аньшин В. М., Алешин А. В., Багратиони К. А., Издательский дом Высшей школы экономики 2013 г. 624 страницы - Режим доступа: http://www.knigafund.ru/books/178636

б) дополнительная литература

1. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB. С-Пб.: С-ПбГУИТМО.- 2006. – 89 с.

2. Pryor, R. W. Multiphysics Modeling Using COMSOL: A First Principles Approach. Sudbury, Massachusets: Jones and Bartlett Publishers, Inc. –2009. – 872 pp.

- 3. Системная инженерия - Книга “Системноинженерное мышление” - http://techinvestlab.ru/files/systems_engineering_thinking/systems_engineering_thinking_2015.pdf

.

3. Журнал «Мир измерений».

4. Журнал «Измерительная техника».

б) электронные пособия и учебники

1 Закон Дарси

http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%94%D0%B0%D1%80%D1%81%D0%B8

2. Уравнение фильтрации http://www.science-education.ru/22-767

3. Напряженно-деформированные состояние

http://distance.net.ua/Russia/Teoruprug/lekciya/teorupr/Urok1.htm

4. Уравнения Навье-Стокса

http://ru.wikipedia.org/wiki/%D3%F0%E0%E2%ED%E5%ED%E8%FF_%CD%E0%E2%FC%E5_%97_%D1%F2%EE%EA%F1%E0

http://matlab.exponenta.ru/femlab/default.php

5) Электронная библиотечная система «КнигаФонд» [Офиц. сайт] URL: http://www.knigafund.ru (последнее обращение 27.11.2012).

8). Библиотека гуманитарной и естественнонаучной литературы САФУ им. Ломоносова [Офиц. сайт] URL: http://catalog.narfu.ru (последнее обращение 27.11.2012).

9/ Компьютерное моделирование характеристик бустродействующих классических модуляторовна основе жидких кристаллов. Издательство Саратовского университета. Симоненко Г.В. 2018 http://www.iprbookshop.ru/83562.html

г) программное обеспечение и материалы для интерактивных форм обучения

1) Пакет офисных программ Office 2007 Russian OpenLicense Pack NoLevel Academic Edition

2) Пакет программ Mathcad University Classroom Perpetual.

3) Пакет Matlab.

4) Пакет Comcol Multyphisics 3.5a

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лекционная аудитория, оснащенная проектором для демонстрации слайдов, экраном и звуковым комплексом (учебный корпус, расположенный по адресу: г. Москва, ул. Автозаводская, д.16; ауд. Ав 4212А, ав 1310);
2. Переносной проектор для демонстрации слайдов при чтении лекций (BENQ);
3. Ноутбук для демонстрации слайдов при чтении лекций (существующие альтернативы: ASUS, ACER, HP)

9. Методические рекомендации преподавателю

Данный раздел настоящей рабочей программы предназначен для начинающих преподавателей.

Дисциплина «Моделирование физических процессов в горном деле» является обязательной дисциплиной базовой части учебного план и обеспечивает формирования профессиональных компетенций.

Структура и последовательность проведения лекционных занятий и практических занятий по дисциплине представлена в приложении 1 к настоящей рабочей программе.

Подробное содержание отдельных разделов дисциплины «Моделирование физических процессов в горном деле» рассматривается в п.4 рабочей программы.

Базовая тематика рефератов по дисциплине «Моделирование физических процессов в горном деле» представлена в составе ФОС по дисциплине в Приложении 2 к рабочей программе.

Утверждение темы реферата производится преподавателем, проводящим практические занятия по дисциплине. Допустимо утверждение тем рефератов, предложенных обучающимися самостоятельно, при условии их соответствия целям и задачам дисциплины «Моделирование физических процессов в горном де-

ле», актуальности и возможности адекватного раскрытия с учетом уровня текущей компетентности студента в рамках ОП.

Методика определения итогового семестрового рейтинга обучающегося по дисциплине «Моделирование физических процессов в горном деле» представлена в составе ФОС по дисциплине в Приложении 2 к рабочей программе.

Примерные варианты заданий для выполнения курсового проекта и перечень вопросов к экзамену по дисциплине представлены в составе ФОС по дисциплине в Приложении 2 к рабочей программе.

Перечень основной и дополнительной литературы и нормативных документов, необходимых в ходе преподавания дисциплины «Моделирование физических процессов в горном деле», приведен в п.7 настоящей рабочей программы.

10. Методические указания обучающимся

При организации самостоятельной работы в рамках освоения дисциплины «Моделирование физическиз процессов в горном деле» студентам рекомендуется использовать информацию о списке проектов, датах мероприятий, способах регистрации, которая регулярно обновляется на сайте университета в разделе.

Самостоятельная работа включает:

- самостоятельное выполнение самостоятельных заданий;
- самостоятельный поиск и анализ информации, необходимой для решения задач;
- самостоятельное изучение материалов, необходимых для выполнения контрольных заданий;
- посещение тематических выставок и конференций по общей тематике подземного строительства;
- подготовку презентаций и сопровождающих материалов по рефератам.

Самостоятельное получение недостающих знаний по отдельным задачам и дисциплинам возможно как с помощью соответствующей профессиональной литературы, так и посредством освоения современных онлайн курсов от ведущих университетов и компаний. Рекомендованные платформы онлайн курсов - https://ru.coursera.org, https://openedu.ru .

Студенту рекомендуется посещать и участвовать в выставках и конференциях, которые способствуют расширению кругозора, ознакомлению с существующими трендами подземного строительства, поиском возможных альтернативных решений. Например, это регулярный городской фестиваль научно-технического творчества молодёжи «Образование. Наука. Производство» - http://nttm.mosmetod.ru.

Рекомендуется участвовать в регулярно проводимых лекциях и сессиях, посвященных современным технологическим вызовам и инновациям, например, в Агентстве стратегических инициатив - https://asi.ru .

Для поиска дополнительного финансирования и развития проекта в будущем рекомендуется ознакомление с регламентами различных конкурсов поддержки молодежных проектов и самостоятельное участие в этих конкурсах:

- конкурс «Умник» выдает гранты для поддержки инновационных проектов - http://umnik.fasie.ru
- Преактум – программа по развитию проектной, практико-ориентированной и предпринимательской деятельности среди молодежи http://preactum.ru

Подготовка к экзамену предполагает изучение рекомендуемой литературы и других источников, конспектов лекций, повторение материалов практических занятий.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **21.05.04 «Горное дело»**.

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Моделирование физических процессов в горном деле» по направлению подготовки 21.05.04 Горное дело «Шахтное и подземное строительство», Горный инженер (специалист)

Заочная форма обучения:

/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
					/С	аб	РС	СР	.Р.	.П.	ГР	ферат	/р		З
8 семестр															
.	Знакомство с системами Mathcad, MATLAB, расчеты напряженного состояния массива пород вокруг выработок по аналитическим выражениям		1				0				0	14	5		

.	Расчеты напряженно-деформированного состояния массива горных пород вокруг выработок методом конечных элементов в упругой и упруго-пластической постановке задачи		1				0				6		14	5		
	Моделирование процессов теплопередачи в горных породах и замораживания грунтов. Моделирование геомеханических процессов шахтного и подземного строительства						0									
.	Моделирование процесса инъекционной цементации грунтов через нагнетательные скважины. Моделирование процессов фильтрации жидкости в скважины в водоносном пласте на основе закона Дарси.		2				8				0		14	0		

	Форма аттестации		**1-2**												**зачет**
	Всего часов по дисциплине	**88**			**8**		**128**				**36**	**42**	**2**		**8**

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 21.05.04. «Горное дело»

Профили: «Шахтное и подземное строительство»

Формы обучения: заочная

Виды профессиональной деятельности:

-производственно-технологическая;
-организационно-управленческая
--научно-исследовательская
- проектная

.

Кафедра: Техники и технологии горного и нефтегазового производства

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Моделирование физических процессов в горном деле»

Составитель: **ст.препод. Кузина А.В.**

Москва, 2022

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины. Формы контроля формирования компетенций

Компетенция	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Форма контроля**	**Этапы формирования (разделы дисциплины)**
ПК-4	Готовностью использовать технические средства опытно-промышленных испытаний оборудования и технологий при эксплуатационной разведке, добыче, переработке твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов	**Промежуточный контроль:** экзамен **Текущий контроль**: опрос на практических занятиях; контрольная работа; тестирование; расчётно-графическая работа	1,2
ПК-22	готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и	**Промежуточный контроль:** экзамен, **Текущий контроль**: опрос на практических занятиях; контрольная работа; тестирование	345

	горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях		

2. Показатели и критерии оценивания компетенций при изучении дисциплины, описание шкал оценивания

2.1 Критерии оценки ответа на экзамене (формирование компетенцийПК-4,ПК-22)

«5» (отлично): обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Обучающийся на высоком уровне владеет терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и нормативными документами; метрологическими правилами, нормами, нормативно-техническими документами по стандартизации и управлению качеством строительства (ПК-17, ПК-22,);

«4» (хорошо): обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Обучающийся: хорошо владеет терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и нормативными документами; метрологическими правилами, нормами, нормативно-техническими документами по стандартизации и управлению качеством строительства (ПК-4,

ПК-22);

«3» (удовлетворительно): обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение монологической речью, терминами, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.

Обучающийся на удовлетворительном уровне владеет терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и нормативными документами; метрологическими правилами, нормами, нормативно-техническими документами по стандартизации и управлению качеством строительства (ПК-4, ПК-22)

«2» (неудовлетворительно): обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминами, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на дополнительные вопросы.

Обучающийся не владеет терминологическими понятиями; метрологическими правилами, нормами, нормативно-техническими документами по стандартизации и управлению качеством строительства (ПК-4, ПК-22).

2.2 Критерии оценки работы обучающегося на практических занятиях (формирование компетенций (ПК-4, ПК-22)

«5» (отлично): выполнены все практические задания, предусмотренные программой, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, активно работал на практических занятиях.

Обучающийся на высоком уровне владеет горной и строительной тер-

минологией; методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-4, ПК-22).

«4» (хорошо): выполнены все практические задания, предусмотренные программой, обучающийся с корректирующими замечаниями преподавателя ответил на все контрольные вопросы, достаточно активно работал на практических занятиях.

Обучающийся хорошо владеет владеет горной и строительной терминологией; методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-4, ПК-22)

«3» (удовлетворительно): выполнены все практические задания, предусмотренные программой с замечаниями преподавателя; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями и поправками преподавателя..

Обучающийся на удовлетворительном уровне владеет горной и строительной терминологией; методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-17, ПК-22)

«2» (неудовлетворительно): обучающийся не выполнил или выполнил неправильно практические задания, предусмотренные программой; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы преподавателя.

Обучающийся: не владеет горной и строительной терминологией; методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-4, ПК-22).

2.3 Критерии оценки контрольной работы

(формирование компетенций ПК--4, ПК-22)

«5» (отлично): все задания контрольной работы выполнены без ошибок в течение отведенного на работу времени; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; отсутствуют орфографические и пунктуационные ошибки.

Обучающийся:на высоком уровне владеет горной и строительной терминологией; методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-4, ПК-22).

«4» (хорошо): задания контрольной работы выполнены с незначительными замечаниями в полном объеме либо отсутствует решение одного задания; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; отсутствуют грубые орфографические и пунктуационные ошибки.

Обучающийся хорошо владеет горной и строительной терминологией;

методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-4, ПК-22).

«3» (удовлетворительно): задания контрольной работы имеют значительные замечания; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения; присутствуют грубые орфографические и пунктуационные ошибки.

Обучающийся на удовлетворительном уровне владеет горной и строительной терминологией; методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-4, ПК-22)

«2» (неудовлетворительно): задания в контрольной работе выполнены не полностью или неправильно; отсутствуют или сделаны неправильно выводы и обобщения; присутствуют грубые орфографические и пунктуационные ошибки.

Обучающийся не владеет горной и строительной терминологией; методами, способами и технологиями горно-проходческих работ и работ по реконструкции и восстановлению подземных объектов (ПК-4, ПК-22).

2.4. Критерии оценки тестирования (формирование компетенций ПК-4, ПК-22). Тестирование проводится по желанию студента.

Тестирование оценивается в соответствии с процентом правильных ответов, данных студентом на вопросы теста.

Стандартная шкала соответствия результатов компьютерного тестирования выставляемой балльной оценке:

– «отлично» - свыше 75% правильных ответов;
– «хорошо» - от 50% до 74% правильных ответов;
– «удовлетворительно» - от 35,1% до 49% правильных ответов;
– от 0 до 35% правильных ответов – «неудовлетворительно»

Стандартный регламент тестирования включает:

– количество вопросов – 80;
– продолжительность тестирования – 60 минут;
– генерация теста из БТЗ – методом случайной выборки;
– режим контроля – жесткий (отсутствие возможности тестируемым увидеть результат ответа на вопрос теста в процессе тестирования).

«5» (отлично): тестируемый демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминами и обладает способностью быстро реагировать на вопросы теста.

Обучающийся на высоком уровне знает структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; особенности проведения наклонных горных выработок; характеристики технологических схем строительства подземных сооружений в сложных горно–геологических и геомеханических условиях (ПК-22);

«4» (хорошо): тестируемый в целом демонстрирует системные теоретические знания, владеет большинством терминов и обладает способностью быстро реагировать на вопросы теста.

Обучающийся хорошо знает структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; особенности проведения наклонных горных выработок; характеристики технологических схем строительства подземных сооружений в сложных горно–геологических и геомеханических условиях (ПК-22).

«3» (удовлетворительно): системные теоретические знания у тестируемого отсутствуют, он владеет некоторыми терминами и на вопросы теста реагирует достаточно медленно.

Обучающийся на удовлетворительном уровне знает структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; особенности проведения наклонных горных выработок; характеристики технологических схем строительства подземных сооружений в сложных горно–геологических и геомеханических условиях (ПК-22).

«2» (неудовлетворительно): системные теоретические знания у тестируемого отсутствуют, терминологией он не владеет и на вопросы теста реагирует медленно.

Обучающийся не знает структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; особенности проведения наклонных горных выработок; характеристики технологических схем строительства подземных сооружений в сложных горно–геологических и геомеханических условиях (ПК-22)

1.7. Итоговые показатели балльной оценки сформированности компетенций по дисциплине в разрезе дескрипторов «знать/ уметь/ владеть»:

ПК-4 готовностью осуществлять техническое руководство горными и взрывными работами при эксплуатационной разведке, добыче твердых полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов, непосредственно управлять процессами на производственных объектах, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций

Показатель	**Критерий оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: способы проектирования формы, размеров поперечного сечения горных выработок и подземных сооружений различного функционального назначения, способность и готовность выбирать способы и средства обеспечения нормального эксплуатационного состояния подземных сооружений;	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: классификации горных пород, понятия напряженно-деформированного состояния горных пород , способов определения нагрузок на подземные сооружения, номенклатуру и классификацию крепей и об-	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: критериев, факторов и показателей: классификации горных пород, понятия напряженно-деформированного состояния горных пород , способов определения нагрузок на подземные сооружения, номенклатуру и классификацию	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: критериев, факторов и показателей конкурентоспособности организации; механизмов изыскания и обеспечения конкурентных преимуществ организации, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: классификации горных пород, понятия напряженно-деформированного состояния горных пород , способов определения нагрузок на подземные сооружения, номенклатуру и классификацию крепей и обделки обеспечения конкурентных преимуществ организации , свободно оперирует приобретенными знаниями.

	делок	крепей и обделок		
уметь: использовать в систему нормативных документов на проектирование конструкций крепей и обделок для объектов подземного строительства различного функционального назначения; использовать методы предварительной оценки экономической целесообразности использования различных способов обеспечения устойчивости горных выработок;	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет определять расчетные нагрузки на конструкции подземных сооружений в зависимости от горно-геологических условий, анализировать нормативные документы, регламентирующие проектирование и расчет крепей подземных сооружений.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие при анализе нормативные документы, регламентирующие проектирование и расчет крепей подземных сооружений Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при определении расчетных нагрузок на подземное сооружение при расчете	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений при определении расчетных нагрузок на подземное сооружение при расчете простейших задач сооружений в зависимости от горно-геологических условий, анализировать нормативные документы, регламентирующие проектирование и расчет крепей подземных сооружений.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний и умений . Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

		простейших задач.		
владеть: методами расчета конструкций подземных сооружений	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами расчета конструкций подземных сооружений	Обучающийся владеет методами методами расчета конструкций подземных сооружений в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами методами расчета конструкций подземных сооружений методикой анализа горнотехнических условий строительства подземных сооружений,	Обучающийся в полном объеме владеет методами методами расчета конструкций подземных сооружений , обладает твердыми знаниями деформационных и упругих характеристик пород, их влиянием на устойчивость, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности. Знает нормативные документы, регламентирующие проектирование и расчеты крепей и обделок;
ПК-22 готовностью работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых,				

технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях				
Знать - механические процессы в массивах горных пород при ведении горно-строительных работ; характеристики крепей капитальных горных выработок и подземных сооружений; закономерности формирования нагрузок на подземные конструкции; структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; технологические особенности сооружения околоствольных дворов шахт; основные сведения о проектировании строительства	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний основной терминологии, структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; технологические особенности сооружения околоствольных дворов шах	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знание основной терминологии, структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; технологические особенности сооружения околоствольных дворов шах. Допускаются значитель-	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний основной терминологии, структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; технологические особенности сооружения околоствольных дворов шах, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операци-	Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний: свободно оперирует приобретенными знаниями. Свободно называет конструктивные особенности подземных сооружений; структуру комплекса рабочих процессов при строительстве горных выработок; основы технологии строительства вертикальных горных выработок; основные технологические решения по проведению горизонтальных горных выработок; технологические особенности сооружения околоствольных дворов шах

подземных сооружений различного назначения; нормативные документы, регламентирующие проектирование и расчеты инженерных конструкций подземных сооружений.		ные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	ях.	
Уметь оценивать степень сложности горно-геологических условий ведения горно-строительных работ; оценивать устойчивость породного массива и выбирать конкурентоспособные типы крепи, определять параметры паспорта буровзрывных работ, рассчитывать трудоемкость и графики организации строительства; параметры проходческого цикла; обосновывать параметры выработок; обосновы-	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет оценивать степень сложности горно-геологических условий ведения горно-строительных работ; оценивать устойчивость породного массива и выбирать конкурентоспособные типы крепи, определять параметры	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: оценивать степень сложности горно-геологических условий ведения горно-строительных работ; оценивать устойчивость породного массива и выбирать конкурентоспособные типы крепи, определять	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: оценивать степень сложности горно-геологических условий ведения горно-строительных работ; оценивать устойчивость породного массива и выбирать конкурентоспособные типы крепи, определять параметры паспорта буровзрывных	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений оценивать степень сложности горно-геологических условий ведения горно-строительных работ; оценивать устойчивость породного массива и выбирать конкурентоспособные типы крепи, определять параметры паспорта буровзрывных работ, рассчитывать трудоем-

вать эффективность реализации проектных решений; - самостоятельно работать с рекомендуемой учебной и научной литературой, составлять рефераты на заданную преподавателем тему.	паспорта буровзрывных работ, рассчитывать трудоемкость и графики организации строительства; параметры проходческого цикла; обосновывать параметры выработок; обосновывать эффективность реализации проектных решений	параметры паспорта буровзрывных работ, рассчитывать трудоемкость и графики организации строительства; параметры проходческого цикла; обосновывать параметры выработок; обосновывать эффективность реализации проектных решений	работ, рассчитывать трудоемкость и графики организации строительства; параметры проходческого цикла; обосновывать параметры выработок; обосновывать эффективность реализации проектных решений	кость и графики организации строительства; параметры проходческого цикла; обосновывать параметры выработок; обосновывать эффективность реализации проектных решений
Владеть терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и нормативными документами; метрологическими правилами, нормами, нормативно-техническими документами по стандартизации и управлению каче-	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и	Обучающийся владеет терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и нормативными документами в неполном	Обучающийся владеет терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и нормативными документами	Обучающийся в полном объеме владеет терминологическими понятиями; навыками работы на ЭВМ; основами методов проектирования подземных и наземных сооружений, основными правовыми и нормативными документами

ством строитель-ства	норматив-ными доку-ментами	объеме, до-пускаются значитель-ные ошибки, проявляется недостаточ-ность владе-ния навыка-ми по ряду показателей,.		

3. Методические материалы (типовые контрольные задания), определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Контрольные задания, применяемые в рамках текущего и промежуточного контроля по дисциплине, носят универсальный характер и предусматривают возможность комплексной оценки всего набора компетенций, предусмотренных ОП по дисциплине.

3.1. Текущий контроль (работа на практических занятиях) (формирование компетенций ПК-4, ПК-22)

Тематика практических заданий для текущего контроля по дисциплине изложена в Приложении 1 к рабочей программе.

3.2. Текущий контроль (выполнение контрольной работы) (формирование компетенций ПК-4, ПК-22)

Примерные вопросы/ задания для контрольной работы для контрольной №1

1. Статический расчет напряжений и деформаций в массиве пород вокруг вертикальной и горизонтальной выработок по аналитическим формулам и методом конечных элементов в различных средах (Matcad, Matlab, Comsol Multiphysics).

2. Моделирование динамических процессов распространения в массиве пород упругих волн и сейсмического действия взрыва.

3. Расчеты напряженно-деформированного состояния массива горных пород в массиве в упруго-пластической постановке задачи.

4. Импорт геометрической структуры из CAD и моделирование в Comsol Multiphysics.

5. Построение геометрической структуры модели в Matlab, ее импорт и моделирование в Comsol Multiphysics.

6. Моделирование процесса теплопередачи в твердых телах в одномерной, двумерной и трехмерной постановке задачи

7. Моделирование промерзания грунта вокруг одиночной скважины.

8. Моделирование процесса промерзания грунта вокруг ствола с помощью группы скважины.

9. Моделирование промерзания грунта вокруг группы скважин с учетом фильтрационного потока воды.

10. Моделирование методик определения тепловых свойств горных пород.

11. Моделирование процесса диффузии в горных породах.

12. Моделирование процессов фильтрации жидкости в породном массиве.

13. Моделирование процесса фильтрации газа в угольных пластах и вмещающих породах.

14. Моделирование воздушных потоков в в подземных выработках.

15. Моделирование воздушных потоков на земной поверхности.

16. Моделирование горного давления вокруг подземных выработок.

17. Моделирование процесса инъекционной цементации грунтов через нагнетательные скважины.

3.3. Тематика рефератов

Опишите возможности COMSOL Multiphysics с использованием HELP

2 .Опишите содержание справочной системы базовых физических свойств материалов

3. Опишите принцип модельно-ориентированного решения уравнения теплопроводности при граничных условиях первого второго и третьего рода в моделях 1D, 2D,3D.

4.Опишите методику решения задачи с замораживанием (оттаиванием) грунта.

5.Опишите методику решения задачи о дегазации углепородного массива: одномерная, двумерная, осесимметричная задача.

6. Опишите дифференциальные уравнения и методики определения тепловых свойств (температуропроводность, теплопроводность, теплоемкость) горных пород на основе решения обратной задачи.

7. Опишите дифференциальные уравнения в задаче промерзания грунтов.

8. Опишите дифференциальные уравнения для расчёта напряженно-деформированного состояния породного массива вокруг подземной выработки.

9. Методика моделирование воздушных потоков на поверхности хвостохранилища.

10 Методика решения задачи с несколькими физическими моделями в одном объекте.

11. Опишите краевые условия при решении задач теплопередачи.

12. Опишите краевые условия при решении задач диффузии.

13. Опишите краевые условия при решении задач замораживания грунтов.

14. Опишите краевые условия при решении задач геомеханики.

15. Опишите возможности представления результатов моделирования в графиках, изолиниях, интегральных значениях параметров по площади и объему.

3.4. Оценочные средства промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Промежуточная аттестация предусматривает проведение зачет. Примерная тематика вопросов:

1. Особенности среды компьютерного математического проектирования Mathcad и ее использование для расчетов по аналитическим выражениям.
2.
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности для однородного и изотропного тела.
4. Краевые условия при решении уравнения теплопроводности. Граничные условия первого и второго рода
5. Начально-краевая задача для однородного уравнения теплопроводности (пример аналитического решения).
6. Задача Стефана о промерзании грунта (одномерная задача).
7. Граничное условие на границе талой и мерзлой зоны при промерзании грунта.
8. Закон Фурье в задачах теплопередачи.
9. Закон Ньютона-Рихмана для конвективного теплообмена.
10. Закон Стефана-Больцмана для теплового излучения.

11. Дифференциальное уравнение теплопроводности с внутренними источниками тепла.

12. Граничные условия третьего и четвертого рода в задачах теории теплопроводности.

13. Основные законы диффузии. Дифференциальное уравнение диффузии.

14. Дифференциальные уравнения подземной гидрогазодинамики.

15. Законы фильтрации газа.

16. Уравнение неразрывности при массопереносе жидкости иди газа

17. Основные типы начальных и граничных условий в задачах теории фильтрации жидкости или газа.

18. Дифференциальное уравнение массопереноса метана в общем виде.

19. Линейный закон Дарси при описании массопереноса метана в угольном пласте.

20. Уравнением сорбции Ленгмюра при описании массопереноса метана в угольном пласте.

21. Уравнение Навье- для описания движения жидкости и газа.

22. Система уравнений для решения задач геомеханики для определения напряженно-деформированного состояния массива.

23. Физические уравнения для описания связи напряжений и деформаций в неоднородной среде.

24. Критерий Мизеса для описания напряженно-деформированного состояния.

25. Продемонстрировать моделирование процесса теплопередачи в одномерной задачи в среде COMSOL Multiphysics (модель 1d)

26. Продемонстрировать моделирование процесса теплопередачи в плоской постановке задачи (модель 2d).

27. Моделирование процесса теплопередачи в осесимметричной постановке задачи (толстостенная полая труба с граничными условиями первого и третьего рода) в среде COMSOL Multiphysics.

28. Моделирование процесса промерзания грунта в среде в плоской постановке задачи в среде COMSOL Multiphysics (модель 2d).

29. Моделирование процесса промерзания грунта вокруг скважины в среде в осесимметричной постановке задачи в среде COMSOL Multiphysics.

30. Моделирование распределения температуры в поверхностном слое породы при нагреве струей реактивной горелки (модель 2d).

31. Моделирование базовой методики определения коэффициента теплопроводности горных пород в лабораторных условиях в среде COMSOL Multiphysics.

32. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics метода определения коэффициента теплопроводности горных пород с использованием постоянного источника нагрева.

33. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics способа определения коэффициента тепловых свойств горных пород методом периодического нагрева.

34. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics способа определения тепловых свойств горных пород методом единичного импульсного нагрева.

35. Моделирование процесса диффузии в плоской постановке задачи в среде COMSOL Multiphysics.

36. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics фильтрации воды в породном массиве (граничные условия первого рода).

37. Моделирование среде COMSOL Multiphysics потока воды в горизонтальную скважину, пробуренную в водоносном породном массиве.

38. Моделирование среде COMSOL Multiphysics темпа откачки, из водопоглощающей скважины (граничные условия первого рода).

39. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics откачки воды из горизонтальной скважины при заданном темпе (граничные условия второго рода).

40. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics процесса дегазации угольного пласта через горизонтальные скважины.

41. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics притоков метана в дегазационные скважины.

42. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics степени понижения газоносности угольного пласта в процессе пластовой скважины.

43. Моделирование воздушных потоков на поверхности хвостохранилища.

44. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics распределения напряжений вокруг подземной выработки в плоской постановке задачи (модель 2d).

45. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics опорного давления в очистном забое (модель 2d).

46. Моделирование в среде COMSOL Multiphysics распределения деформаций вокруг прямоугольной выработки (модель 2d).

47. Виды систем координат в COMSOL Multiphysics. Общая характеристика.

48. Виды систем координат в COMSOL Multiphysics. Глобальная система координат.

49. Виды систем координат в COMSOL Multiphysics. Локальная геометрическая система координат.

50. Виды систем координат в COMSOL Multiphysics. Системы координат, определяемые пользователем при размерности 2D.

51. Виды систем координат в COMSOL Multiphysics. Системы координат, определяемые пользователем при размерности 3D.

Примерные задачи к зачету

1. Построить в COMSOL Multiphysics график распределения температуры вокруг замораживающей колонки в течение времени.

2. По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics вычислить коэффициент теплопроводности горных пород по методике с использованием постоянного источника нагрева.

3. По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics вычислить коэффициент температуропроводности по методике периодического нагрева.

4. По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics вычислить коэффициент теплопроводности по методике единичного импульсного нагрева.

5.По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics постороить распределение температуры в поверхностном слое породы при нагреве струей реактивной горелки (граничные условия третьего рода).

6.По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics притоки воды в скважину из породного массива (граничные условия первого рода).

7.По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics вычислить напор воды в скважине при откачка воды из горизонтальной скважины при заданном темпе (граничные условия второго рода).

8. По трезультатам моделирования построить графики распределения температуры при замораживании грунта вокруг скважины.

9. По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics построить графики распределения пластового давления вокруг дегазационной скважины, пробуренной в угольном пласте.

10.По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics построить распределение ветровых потоков на поверхности хвостохранилища.

11. По результатам моделирования в COMSOL Multiphysics вычислить величину опорного давления вблизи выработки.