

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70b19ca037

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра геотехнологий и безопасности производств



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы геомеханического моделирования

(наименование дисциплины)

2.8.8 Геотехнология, горные машины

(код, наименование специальности)

Квалификация

—

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения

очная

(очная, очно-заочная, заочная)

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цель дисциплины "Основы геомеханического моделирования": получение представлений о современных методах моделирования геомеханических процессов, происходящих в горных породах при ведении горных работ, а также освоение и применение специального программного обеспечения, позволяющего получать распределения сдвижений, деформаций и напряжений в породных массивах и анализировать физическую природу указанных геомеханических процессов.

Основные задачи дисциплины "Основы геомеханического моделирования":

- изучение основных теоретических концепций для представления геомеханических процессов с помощью аналитических и численных методов;
- изучение наиболее распространенных гипотез формирования естественно напряженно-деформированного состояния породных массивов и основных закономерностей развития геомеханических процессов при ведении горных работ;
- овладение базовыми методами оценки вредного влияния геомеханических процессов на здания, сооружения и природные объекты;
- формирование представления о базовых принципах моделирования геомеханических процессов, оценки на его основе степени вредного влияния горных работ и обоснования мер охраны зданий, сооружений и природных объектов на основе современных подходов.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в часть Блока 2 "Образовательный компонент", формируемой участниками образовательных отношений, подготовки аспирантов по научной специальности 2.8.8 "Геотехнология, горные машины".

Дисциплина реализуется кафедрой геотехнологий и безопасности производств (ГБП).

В основу курса положено изучение основных теоретических концепций для представления геомеханических процессов с помощью аналитических и численных методов, наиболее распространенных гипотез формирования естественного напряженно-деформированного состояния породных массивов, основных закономерностей развития этих процессов при ведении горных работ и базовым методам оценки вредного влияния этих процессов на здания, сооружения и природные объекты.

Одной из важнейших задач курса является освоение специального программного обеспечения, реализующего численные методы моделирования геомеханических процессов.

В результате у аспиранта формируется связное концептуальное представление о базовых принципах моделирования геомеханических процессов, оценки на его основе степени вредного влияния горных работ и обоснования мер охраны зданий, сооружений и природных объектов на основе современных подходов, обеспечивающих анализ геомеханических процессов на уровне анализа их физической сущности.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены: лекционные (36 ак.ч.), практические (36 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа аспиранта (72 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 1 курсе. Форма промежуточной аттестации – дифференцированный зачет.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование геомеханических процессов» способствует:

- **развитию навыков** самостоятельной аналитической и научно-исследовательской работы;
- **формированию умений:**
 - самостоятельно анализировать научную и публицистическую литературу по проблемам маркшейдерского дела и геомеханики сдвижений и деформаций горных пород;
 - извлекать, анализировать и оценивать геомеханическую информацию;
 - ориентироваться в областях сдвижения и деформаций горных пород вследствие ведения горных работ, геологического, гидрогеологического и геофизического обеспечения среды геомеханических процессов.
 - ориентироваться в типовых инженерно-технических ситуациях, основных вопросах маркшейдерии, геологии, гидрогеологии и геофизики;
 - использовать знания по маркшейдерскому делу в оценке проблем горного производства и в собственной деятельности;
 - проводить анализ нормативной документации на соответствие требованиям законодательства в сфере горного производства;
- **формированию навыков:**
 - владения методами и средствами наблюдений, контроля и прогноза сдвижения и деформаций горных пород через моделирование геомеханических процессов;
 - физического и компьютерного моделирования геомеханических процессов, вследствие разработки полезных ископаемых или строительства подземных сооружений;
 - публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики;
- **совершенствованию знаний** в области сдвижений и деформаций горных пород, геометризации недр, геологии и геофизики; в области новых приборов и оборудования для геомеханического мониторинга.

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа аспиранта (СРА) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, выполнение расчетного задания, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРА для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРА

| Вид учебной работы | Всего ак.ч. | Ак.ч. по семестрам |
|--|-------------|--------------------|
| | | 2 |
| Аудиторная работа, в том числе: | 72 | 72 |
| Лекции (Л) | 36 | 36 |
| Практические занятия (ПЗ) | 36 | 36 |
| Лабораторные работы (ЛР) | – | – |
| Курсовая работа/курсовой проект | – | – |
| Самостоятельная работа аспиранта (СРА), в том числе: | 72 | 72 |
| Подготовка к лекциям | 8 | 8 |
| Подготовка к лабораторным работам | – | – |
| Подготовка к практическим занятиям / семинарам | 12 | 12 |
| Выполнение курсовой работы | – | – |
| Расчетно-графическая работа (РГР) | 24 | 24 |
| Реферат (индивидуальное задание) | – | – |
| Домашнее задание | – | – |
| Подготовка к контрольной работе | – | – |
| Подготовка к коллоквиуму | – | – |
| Аналитический информационный поиск | 12 | 12 |
| Работа в библиотеке | 12 | 12 |
| Подготовка к зачету | 4 | 4 |
| Промежуточная аттестация – зачет (З) | ДЗ (2) | ДЗ (2) |
| Общая трудоёмкость дисциплины, ак.ч. | 144 | 144 |
| з.е. | 4 | 4 |

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 6 тем:

– тема 1 "Метод конечных элементов (МКЭ) – как один из численных методов решения задач механики сплошной среды";

– тема 2 "Математическая основа МКЭ на примере треугольного элемента в двумерных (плоских) задачах";

– тема 3 "Практическое применение МКЭ";

– тема 4 "Математическое моделирование механического поведения грунтов и горных пород";

– тема 5 "Моделирование развития геомеханических процессов при строительстве тоннелей и подземных сооружений глубокого заложения";

– тема 6 "Моделирование развития геомеханических процессов при строительстве глубоких котлованов";

– тема 7 "Моделирование развития геомеханических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых".

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов во 2 семестре (очная форма обучения)

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак.ч | Темы практических занятий | Трудоемкость в ак.ч | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|---|--|---------------------|--|---------------------|---------------------------|----------------------|
| 1 | МКЭ – как один из численных методов решения задач механики сплошной среды | <p>Лекция 1. Геомеханические модели массива горных пород. Приближенные численные методы решения задач. Понятие о методе конечных элементов (МКЭ). Численные модели подземных сооружений.</p> <p>Лекция 2. Условия равновесия и сплошности материала в каждой рассматриваемой точке массива. Уравнения равновесия и совместности деформаций. Замена бесконечной области массива горных пород конечной, дискретизация рассматриваемой области (разбиение ее на конечное количество элементов). Сеть конечных элементов (элементы, узлы элементов). Граничные условия, граничные узлы.</p> <p>Лекция 3. Конечно-элементная модель, "кусочное" решение описывающих уравнений. Типы конечных элементов, двух- и трехмерные (пространственные) задачи механики сплошной среды, порядок элемента. Область применения и особенности рассмотренных типов элементов, особые типы элементов для решения специфических задач.</p> <p>Лекция 4. Связь между напряжениями внутри элемента и узловыми силами. Виртуальное перемещение. Принцип виртуальных перемещений.</p> | 8 | Программа PLAXIS для расчета напряженно-деформированного состояния грунтовых массивов методом конечных элементов. Постановка задачи, подготовка данных, расчет и интерпретация результатов | 6 | | |

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоёмкость в ак.ч | Темы практических занятий | Трудоёмкость в ак.ч | Тема лабораторных занятий | Трудоёмкость в ак.ч. |
|-------|--|--|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|----------------------|
| 2 | Математическая основа МКЭ на примере треугольного элемента в двумерных (плоских) задачах | <p>Лекция 5. Понятия матрица, матрица-вектор, элементы матрицы. Единичная матрица, квадратная матрица. Определитель, решение систем линейных уравнений с помощью определителей. Некоторые правила действий над матрицами: сложение матриц, умножение матриц, транспонирование матриц. Понятия минор, алгебраическое дополнение, матрица союзная исходной, обратная матрица.</p> <p>Лекция 6. Основные уравнения теории упругости: уравнения равновесия и уравнения (условия) совместности деформаций. Компоненты узловых сил, компоненты узловых перемещений. Основные уравнения теории упругости в условиях плоской деформации. Закон Гука в матричной форме.</p> <p>Лекция 7. Вектор узловых сил, вектор узловых перемещений, их взаимосвязь посредством матрицы жесткости элемента (МЖЭ). Матрица жесткости системы треугольных элементов (МЖС).</p> | 6 | – | – | – | – |
| 3 | Практическое применение МКЭ | <p>Лекция 8. Примеры из практики расчета конструкций подземных сооружений определение параметров напряженно-деформированного состояния массива, вмещающего подземные сооружения, расчет напряженно-деформированного состояния массива вокруг параллельных выработок, моделирование конструкций крепей горных выработок.</p> | 2 | – | – | – | – |

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоёмкость в ак.ч | Темы практических занятий | Трудоёмкость в ак.ч | Тема лабораторных занятий | Трудоёмкость в ак.ч. | |
|-------|---|--|---------------------|--|---------------------|---------------------------|----------------------|---|
| 4 | Математическое моделирование механического поведения грунтов и горных пород | <p>Лекция 9. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. Основные уравнения теории упругости, пластичности, ползучести. Условия пластичности и пластического течения. Реологические модели материалов.</p> <p>Лекция 10. Математические основы моделирования механического поведения грунтов и горных пород. Классификация моделей деформирования грунтов и горных пород. Особенности разработки моделей деформирования грунтов и горных пород. Теория пластического течения и деформационная теория пластичности применительно к моделям деформирования грунтов и горных пород</p> <p>Лекция 11. Модели деформирования грунтов. Модель Кулона-Мора. Шатровые модели деформирования грунтов. Модели упругоупрочняющихся сред. Продвинутое модели механического поведения грунтов.</p> <p>Лекция 12. Модели деформирования горных пород. Модель, основанная на условии пластичности Хока-Брауна. Модель трещиноватой среды с заданным направлением ослабления. Дискретно-сплошное представление горных пород.</p> | 8 | <p>Расчет напряженно-деформированного состояния элемента на основании изотропной и трансверсально-изотропной моделей среды</p> <p>Построение поверхности пластического течения Мизеса и Друкера-Прагера</p> <p>Прогноз развития напряженно-деформированного состояния грунта на основании продвинутой модели деформирования среды</p> <p>Особенности применения математических моделей деформирования для решения практических задач механики грунтов и горных пород</p> | 2 | 2 | – | – |

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудо-ёмкость в ак.ч | Темы практических занятий | Трудо-ёмкость в ак.ч | Тема лабораторных занятий | Трудо-ёмкость в ак.ч. |
|-------|--|---|----------------------|---|----------------------|---------------------------|-----------------------|
| 5 | Моделирование развития геомеханических процессов при строительстве тоннелей и подземных сооружений глубокого заложения | <p>Лекция 13. Принципы построения численных моделей прогноза строительства тоннелей горным способом. Компоненты численной модели. Граничные и начальные условия. Особенности моделирования изменения НДС в окрестности тоннеля в плоско-деформационной и пространственной постановках. Оценка устойчивости тоннеля на основании численных методов анализа.</p> <p>Лекция 14. Принципы построения численных моделей прогноза строительства тоннелей щитовым способом. Компоненты численной модели. Особенности моделирования изменения НДС в окрестности тоннеля, сооружаемого щитовым способом, в плоско-деформационной и пространственной постановках. Особенности прогноза оседания земной поверхности при строительстве тоннелей щитовым способом.</p> | 4 | Расчет напряженно-деформированного состояния грунтового массива при строительстве тоннеля мелкого заложения. Постановка ознакомительной задачи, подготовка данных, расчет и интерпретация результатов | 4 | | |
| | | | | Расчет напряженного состояния обделки тоннеля, сооружаемого горным способом | 2 | | |
| | | | | Прогноз оседания земной поверхности при строительстве тоннеля щитовым способом | 2 | | |

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак.ч | Темы практических занятий | Трудоемкость в ак.ч | Тема лабораторных занятий | Трудоемкость в ак.ч. |
|-------|---|--|---------------------|---|---------------------|---------------------------|----------------------|
| 6 | Моделирование развития геомеханических процессов при строительстве глубоких котлованов | <p>Лекция 15. Принципы построения численных моделей и прогноз деформаций при строительстве глубоких котлованов. Компоненты численной модели. Граничные и начальные условия.</p> <p>Лекция 16. Особенности моделирования изменения НДС в окрестности глубокого котлована в плоско-деформационной и пространственной постановках. Идеализация несущих конструкций глубоких котлованов при численном моделировании. Оценка устойчивости котлована на основании численных методов анализа.</p> | 4 | Расчет напряженно-деформированного состояния грунтового массива при поэтапном строительстве котлована с применением технологии "стена в грунте". Постановка ознакомительной задачи, подготовка данных, расчет и интерпретация результатов | 4 | | |
| 7 | Моделирование развития геомеханических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых | <p>Лекция 15. Принципы построения численных моделей прогноза зон хрупкого разрушения в окрестности горных выработок и камер большого поперечного сечения. Механизм хрупкого разрушения пород в окрестности горной выработки. Численное моделирование процесса хрупкого разрушения пород в окрестности горной выработки в рамках механики сплошной среды. Численное моделирование хрупкого разрушения пород в окрестности горной выработки в рамках механики дискретной среды.</p> | 4 | Прогноз хрупкого разрушения в окрестности горной выработки | 4 | | |

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоёмкость в ак.ч | Темы практических занятий | Трудоёмкость в ак.ч | Тема лабораторных занятий | Трудоёмкость в ак.ч. |
|------------------------|--|---|---------------------|---|---------------------|---------------------------|----------------------|
| | | <p>Содержание лекционных занятий</p> <p>Лекция 16. Принципы построения численных моделей для прогноза развития геомеханических процессов при разработке пластовых месторождений. Формирование начального поля напряженного состояния. Принципы формирования контактного взаимодействия между отдельными геологическими элементами пластового месторождения. Моделирование развития НДС породного массива при разработке пластовых месторождений.</p> | | <p>Прогноз устойчивости потолочины при разработке месторождений полезных ископаемых</p> | 4 | | |
| Всего аудиторных часов | | | 36 | 36 | | – | |

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО "ДонГТУ" (https://dontu.ru/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Всего по текущей работе в семестре аспирант может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 работы) – всего 40 баллов;
- практические работы – всего 40 баллов;
- за выполнение индивидуального и домашнего задания – всего 20 баллов.

Зачет проставляется по результатам работы в семестре автоматически, если студент набрал в течение семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального. Если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.4), либо в результате тестирования. Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Шкала оценивания знаний

| Сумма баллов за все виды учебной деятельности | Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен |
|---|--|
| 0-59 | Не зачтено/неудовлетворительно |
| 60-73 | Зачтено/удовлетворительно |
| 74-89 | Зачтено/хорошо |
| 90-100 | Зачтено/отлично |

6.2 Домашнее задание

В качестве домашнего задания студенты выполняют:

- работу над составлением конспекта изученного материала;
- проработку практических занятий с обязательным решением варианта расчетно-графической работы (РГР), выполняемой в соответствии с заданиями 1-5.

Задание №1. Расчет напряженно-деформированного состояния грунтового массива при строительстве тоннеля мелкого заложения. Постановка ознакомительной задачи, подготовка данных, расчет и интерпретация результатов

Задание №2. Расчет напряженного состояния обделки тоннеля, сооружаемого горным способом

Задание №3. Прогноз оседания земной поверхности при строительстве тоннеля щитовым способом

Задание №4. Прогноз хрупкого разрушения в окрестности горной выработки

Задание №5. Прогноз устойчивости потолочины при разработке месторождений полезных ископаемых

Исходные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5 — Исходные данные для выполнения РГР

| Вариант | Тип выработки | Ширина, м | Высота выработки, м | Глубина разработки, Н, м | Мощность пласта, м | Подрывка пород | Кровля | | | | | | Почва | | | | | |
|---------|---------------|-----------|---------------------|--------------------------|--------------------|----------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | | | | | | | 1 слой | | 2 слой | | 3 слой | | 1 слой | | 2 слой | | 3 слой | |
| | | | | | | | Тип пород | Мощность, м |
| 1 | А, П | 4,0 | 3,0 | 400 | 1,0 | Н | И | 0,8 | П | 4,3 | И | 6,3 | Ал | 2,6 | П | 2,9 | И | 3,7 |
| 2 | А, П | 4,0 | 3,0 | 600 | 1,0 | Н | И | 1,3 | Ал | 4,1 | И | 4,9 | Ар | 2,5 | П | 2,3 | Ал | 8,9 |
| 3 | А, П | 4,0 | 3,0 | 800 | 1,0 | Н | Ал | 2,3 | Ар | 3,5 | Ал | 6,7 | П | 2,7 | Ал | 5 | П | 9,2 |
| 4 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1000 | 1,0 | Н | Ал | 2,5 | И | 0,7 | Ал | 9,2 | П | 1,3 | Ал | 5 | И | 8,3 |
| 5 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1200 | 1,0 | Н | И | 1,3 | Ар | 4,9 | Ал | 8,2 | Ар | 2,4 | П | 3,6 | Ал | 8,8 |
| 6 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1400 | 1,0 | Н | П | 2,8 | И | 0,7 | Ал | 5,7 | Ар | 1 | И | 3,6 | Ал | 5,6 |
| 7 | А, П | 4,0 | 3,0 | 400 | 1,0 | В | И | 1,5 | Ал | 3,3 | П | 6,4 | П | 1,1 | Ал | 3,9 | И | 6,5 |
| 8 | А, П | 4,0 | 3,0 | 600 | 1,0 | В | И | 1,1 | Ал | 2,7 | Ар | 6,2 | Ал | 2,1 | И | 5 | Ар | 4,3 |
| 9 | А, П | 4,0 | 3,0 | 800 | 1,0 | В | И | 2 | П | 1,4 | И | 7,4 | Ал | 1,4 | П | 2,5 | И | 7,9 |
| 10 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1000 | 1,0 | В | П | 3,6 | Ал | 3,7 | И | 3,6 | Ар | 1,3 | Ал | 4,8 | П | 9,7 |
| 11 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1200 | 1,0 | В | Ар | 1,1 | Ал | 2,4 | Ар | 3 | П | 2 | Ар | 2,8 | Ал | 6,5 |
| 12 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1400 | 1,0 | В | П | 0,5 | И | 1,4 | Ар | 5,4 | П | 1,5 | Ар | 4,4 | Ал | 3,7 |
| 13 | А, П | 4,0 | 3,0 | 400 | 1,0 | С | И | 1,2 | Ал | 5,9 | П | 3,7 | П | 1,3 | И | 2,2 | П | 3,4 |
| 14 | А, П | 4,0 | 3,0 | 600 | 1,0 | С | Ар | 0,6 | И | 1,3 | Ал | 3,9 | Ар | 2,6 | П | 4,7 | И | 9,6 |
| 15 | А, П | 4,0 | 3,0 | 800 | 1,0 | С | Ал | 3,2 | П | 4,6 | И | 9 | Ал | 1,9 | И | 3,8 | Ал | 6,9 |
| 16 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1000 | 1,0 | С | Ар | 1,3 | И | 2 | Ар | 8 | Ар | 1,4 | П | 2,8 | Ар | 4 |
| 17 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1200 | 1,0 | С | Ал | 1,9 | И | 0,8 | Ар | 3,6 | Ар | 2,8 | И | 4,2 | П | 8,8 |
| 18 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1400 | 1,0 | С | Ар | 1,8 | П | 5,9 | Ал | 7 | Ал | 3 | П | 4,1 | Ал | 4,7 |
| 19 | А, П | 4,0 | 3,0 | 400 | 2,0 | Н | И | 0,8 | П | 4,3 | И | 6,3 | Ал | 2,6 | П | 2,9 | И | 3,7 |
| 20 | А, П | 4,0 | 3,0 | 600 | 2,0 | Н | И | 1,3 | Ал | 4,1 | И | 4,9 | Ар | 2,5 | П | 2,3 | Ал | 8,9 |
| 21 | А, П | 4,0 | 3,0 | 800 | 2,0 | Н | Ал | 2,3 | Ар | 3,5 | Ал | 6,7 | П | 2,7 | Ал | 5 | П | 9,2 |
| 22 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1000 | 2,0 | Н | Ал | 2,5 | И | 0,7 | Ал | 9,2 | П | 1,3 | Ал | 5 | И | 8,3 |
| 23 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1200 | 2,0 | Н | И | 1,3 | Ар | 4,9 | Ал | 8,2 | Ар | 2,4 | П | 3,6 | Ал | 8,8 |
| 24 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1400 | 2,0 | Н | П | 2,8 | И | 0,7 | Ал | 5,7 | Ар | 1 | И | 3,6 | Ал | 5,6 |
| 25 | А, П | 4,0 | 3,0 | 400 | 2,0 | В | И | 1,5 | Ал | 3,3 | П | 6,4 | П | 1,1 | Ал | 3,9 | И | 6,5 |
| 26 | А, П | 4,0 | 3,0 | 600 | 2,0 | В | И | 1,1 | Ал | 2,7 | Ар | 6,2 | Ал | 2,1 | И | 5 | Ар | 4,3 |
| 27 | А, П | 4,0 | 3,0 | 800 | 2,0 | В | И | 2 | П | 1,4 | И | 7,4 | Ал | 1,4 | П | 2,5 | И | 7,9 |
| 28 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1000 | 2,0 | В | П | 3,6 | Ал | 3,7 | И | 3,6 | Ар | 1,3 | Ал | 4,8 | П | 9,7 |
| 29 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1200 | 2,0 | В | Ар | 1,1 | Ал | 2,4 | Ар | 3 | П | 2 | Ар | 2,8 | Ал | 6,5 |
| 30 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1400 | 2,0 | В | П | 0,5 | И | 1 | Ар | 5,4 | П | 1,5 | Ар | 4,4 | Ал | 3,7 |
| 31 | А, П | 4,0 | 3,0 | 400 | 2,0 | С | И | 1,2 | Ал | 5,9 | П | 3,7 | П | 1,3 | И | 2,2 | П | 3,4 |
| 32 | А, П | 4,0 | 3,0 | 600 | 2,0 | С | Ар | 0,6 | И | 1,3 | Ал | 3,9 | Ар | 2,6 | П | 4,7 | И | 9,6 |
| 33 | А, П | 4,0 | 3,0 | 800 | 2,0 | С | Ал | 3,2 | П | 4,6 | И | 9Д | Ал | 1,9 | И | 3,8 | Ал | 6,9 |
| 34 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1000 | 2,0 | С | Ар | 1,3 | И | 2 | Ар | 8 | Ар | 1,4 | П | 2,8 | Ар | 4 |
| 35 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1200 | 2,0 | С | Ал | 1,9 | И | 0,8 | Ар | 3,6 | Ар | 2,8 | И | 4,2 | П | 8,8 |
| 36 | А, П | 4,0 | 3,0 | 1400 | 2,0 | С | Ар | 1,8 | П | 5,9 | Ал | 7 | Ал | 3 | П | 4,1 | Ал | 4,7 |

Примечание:

- 1) тип выработки: А – арочная; Т – трапециевидная; К – круглая; П – прямоугольная.
- 2) тип пород: Ар – аргиллит; Ал – алевролит; П – песчаник; И – известняк.
- 3) тип подрывки пород: В – верхняя; Н – нижняя; С – смешанная.

6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. МКЭ – как один из численных методов решения задач механики сплошной среды

- 1) На чем основаны аналитические методы решения задач?
- 2) На чем основаны численные методы решения задач?
- 3) Что отражает название "Метод конечных элементов" (МКЭ)?
- 4) Что в методе конечных элементов подразумевают под "элементами"?
- 5) Что означает термин "дискретизация области"?
- 6) Как организовано взаимодействие элементов в МКЭ?
- 7) Определите понятие "граничные условия" в МКЭ.
- 8) Что такое порядок элемента?
- 9) От чего в МКЭ зависит точность искомых величин?
- 10) Имеет ли физический смысл разбиение рассматриваемой области на элементы в МКЭ?

Раздел 2. Математическая основа МКЭ на примере треугольного элемента в двумерных (плоских) задачах

- 1) В чем отличие "матрицы" от "вектора"?
- 2) Как организовано взаимодействие элементов в МКЭ?
- 3) В каком случае матрицу называют симметричной относительно главной диагонали?
- 4) Какое условие должно выполняться при умножении матриц?
- 5) Какой смысл в теории упругости имеют уравнения равновесия?
- 6) Могут ли узловые силы элемента являться внутренними силами системы?
- 7) Чем определяется число различных матриц жесткости элемента в одной задаче?
- 8) Влияет ли количество элементов в элементной сетке на размер матрицы жесткости системы?
- 9) Как связаны между собой матрица жесткости элемента и матрица жесткости системы?
- 10) Сколько компонент перемещений имеет узел плоского треугольного элемента?

Раздел 3. Практическое применение МКЭ

- 1) Какова размерность напряжений?
- 2) Каков ранг матрицы жесткости элемента для плоского треугольного элемента, если система состоит из 100 элементов?
- 3) Что такое интенсивность напряжений?
- 4) Какую взаимосвязь устанавливает закон Гука?

- 5) Как называется графическое изображение прочности горных пород при всевозможных видах напряженного состояния?
- 6) Что понимается под термином траектория нагружения?
- 7) Влияет ли количество элементов в элементной сетке на размер матрицы жесткости системы?
- 8) Какие виды нелинейности встречаются при решении задач геомеханики?
- 9) Для чего используются модели поведения (деформирования) материала, сформулированные в рамках механики сплошной среды?
- 10) Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала основанной на условии пластичности Кулона-Мора (классическая постановка)?

Раздел 4. Математическое моделирование механического поведения грунтов и горных пород

- 1) Какой вид нелинейности возникает при решении фильтрационных задач с неустановившимся режимом фильтрации?
- 2) К какому виду нелинейности относиться расчет, если перемещения конструкции вызывают значительные изменения ее геометрии, так что уравнения равновесия приходится составлять с учетом изменения формы и размеров рассматриваемого объекта?
- 3) Какой вид нелинейности наиболее важен при решении задач геомеханики?
- 4) При проведении трехосных стабилметрических испытаний в каких осях чаще всего представляют результаты деформирования породы?
- 5) Что понимается под термином траектория нагружения?
- 6) При проведении сдвиговых испытаний в каких осях чаще всего представляют результаты деформирования породы?
- 7) Какой вид испытаний используется для изучения изменения объема (уменьшения) материала при сжатии?
- 8) Для чего используются модели поведения (деформирования) материала, сформулированные в рамках механики сплошной среды?
- 9) Какая последовательность должна быть выбрана при обосновании параметров модели поведения материалов?
- 10) В каких случаях грунты принято рассматривать как однофазную среду?

Раздел 5. Моделирование развития геомеханических процессов при строительстве тоннелей и подземных сооружений глубокого заложения

- 1) Как называется графическое изображение прочности горных пород при всевозможных видах напряженного состояния?
- 2) Как называется аналитическое выражение прочности горных пород при всевозможных видах напряженного состояния?

- 3) Как называется увеличение объема материала при пластическом сдвиге?
- 4) Какой вид испытаний используется для изучения изменения объема (уменьшения) материала при сжатии?
- 5) Для чего используются модели поведения (деформирования) материала, сформулированные в рамках механики сплошной среды?
- 6) Как называется увеличение объема материала при пластическом сдвиге?
- 7) Какой вид испытаний используется для изучения изменения объема (уменьшения) материала при сжатии?
- 8) В каких случаях необходимо проводить циклические испытания материала?
- 9) При каком условии процесс нагружения водонасыщенных грунтов не сопровождается формированием избыточного порового давления?
- 10) При каком условии процесс нагружения водонасыщенных грунтов сопровождается формированием избыточного порового давления?

Раздел 6. Моделирование развития геомеханических процессов при строительстве глубоких котлованов

- 1) В каких горных породах при статическом монотонном нагружении формируется избыточное поровое давление?
- 2) Какой показатель влияет на форму поверхности пластического течения в девиаторной плоскости?
- 3) Как называется функция, которая ограничивает область допустимых напряжений от области недопустимых?
- 4) Как называется функция, которая определяет направление развития пластических деформаций?
- 5) Как называется показатель, который определяет величину приращения пластических деформаций?
- 6) Что представляет собой (геометрически) условие пластичности Друкера-Прагера в пространстве главных напряжений?
- 7) Что представляет собой (геометрически) условие пластичности Кулона-Мора в пространстве главных напряжений?
- 8) Приведите уравнение, которое соответствует условию пластичности Кулона-Мора.
- 9) Приведите уравнение, которое соответствует условию пластичности Друкера-Прагера.
- 10) Каковы параметры модели поведения среды, основанной на условии пластичности Кулона-Мора?

Раздел 7. Моделирование развития геомеханических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых

- 1) Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала основанной на условии пластичности Кулона-Мора (классическая постановка)?
- 2) Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала основанной на условии пластичности Друкера-Прагера (классическая постановка)?
- 3) Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала основанной на условии пластичности Мизеса (классическая постановка)?
- 4) Как определяется модуль деформации породы?
- 5) Как определяется коэффициент поперечной деформации породы?
- 6) Каков показатель, определяющий величину приращения пластических деформаций?
- 7) Что понимается под ассоциированным законом пластического течения?
- 8) Какое соотношение между углом дилатансии и углом внутреннего трения приводит к ассоциированному закону пластического течения для модели среды основанной на условии пластичности Кулон-Мора?
- 9) Что такое «средние напряжения»?
- 10) Что подразумевают под одометрическим сжатием?

6.4 Вопросы для подготовки к зачету (тестовому коллоквиуму)

Вариант №1

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|--|---|
| 1 | К какому виду нелинейности относится расчет, обусловленный учетом нелинейной зависимости между компонентами обобщенных напряжений и деформаций $\sigma = f(\varepsilon)$ и характеризует работу материала в нелинейно-упругой области, упругопластической области или вязкопластической области? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Физическая нелинейность 2. Геометрическая нелинейность 3. Конструктивная нелинейность 4. Общая нелинейность |
| 2 | К какому виду нелинейности относится расчет, если перемещения конструкции вызывают значительные изменения ее геометрии, так что уравнения равновесия приходится составлять с учетом изменения формы и размеров рассматриваемого объекта? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Физическая нелинейность 2. Геометрическая нелинейность 3. Конструктивная нелинейность 4. Общая нелинейность |
| 3 | К какому виду нелинейности относится расчет, когда нелинейность возникает вследствие конструктивных особенностей системы, вызывающих изменение расчетной схемы в процессе ее деформирования (изменяются условия закрепления, выпадают или образуются новые связи, включаются или выключаются элементы системы, изменяется условие на контакте тел) | <ol style="list-style-type: none"> 1. Физическая нелинейность 2. Геометрическая нелинейность 3. Конструктивная нелинейность 4. Общая нелинейность |
| 4 | Какой вид нелинейности наиболее важен при решении задач геомеханики? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Физическая нелинейность 2. Геометрическая нелинейность 3. Конструктивная нелинейность 4. Общая нелинейность |
| 5 | Какой вид нелинейности наиболее важен при решении задач, связанных с потерей устойчивости (формы) рассматриваемой системы | <ol style="list-style-type: none"> 1. Физическая нелинейность 2. Геометрическая нелинейность 3. Конструктивная нелинейность 4. Общая нелинейность |
| 6 | Какой вид нелинейности возникает при решении фильтрационных задач с неустановившимся режимом фильтрации | <ol style="list-style-type: none"> 1. Физическая нелинейность 2. Геометрическая нелинейность 3. Конструктивная нелинейность 4. Общая нелинейность |
| 7 | Интенсивность касательных напряжений обозначается символом | <ol style="list-style-type: none"> 1. q 2. p 3. τ 4. s |
| 8 | Средние напряжения обозначаются символом | <ol style="list-style-type: none"> 1. q 2. p 3. τ 4. s |
| 9 | Испытания породы, при котором при σ_1 и ε_1 не равны нулю, $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$, а величина $\sigma_2 = \sigma_3$ определяются особенностью деформирования породы называется | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изотропное сжатие 2. Одометрическое сжатие 3. Трехосное сжатие 4. Одноосное сжатие |
| 10 | Испытания породы, при котором $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ называется | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изотропное сжатие 2. Одометрическое сжатие 3. Трехосное сжатие 4. Одноосное сжатие |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|---|---|
| 11 | Испытание, при котором $\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3$, называется | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изотропное сжатие 2. Одометрическое сжатие 3. Трехосное сжатие 4. Одноосное сжатие |
| 12 | При выполнении истинных трехосных испытаний пород какое соотношение между главными напряжениями должно выполняться | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ 2. $\sigma_1 \geq \sigma_2 = \sigma_3$ 3. $\sigma_1 = \sigma_2 \geq \sigma_3$ 4. $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ |
| 13 | При проведении трехосных стабилометрических испытаний в каких осях чаще всего представляют результаты деформирования породы | <ol style="list-style-type: none"> 1. $q - \gamma$ 2. $\sigma - \tau$ 3. $q - p$ 4. $\varepsilon - \gamma$ |
| 14 | При проведении сдвиговых испытаний в каких осях чаще всего представляют результаты деформирования породы | <ol style="list-style-type: none"> 1. $q - \sigma$ 2. $\sigma - \tau$ 3. $\tau - \gamma$ 4. $\varepsilon - \gamma$ |
| 15 | Что понимается под термином траектория нагружения | <ol style="list-style-type: none"> 1. Изменение напряженного состояния в точке 2. Уплотнение породы под нагрузкой 3. Нагружение породы по определенной траектории 4. Траектория, описывающая процесс |
| 16 | В девиаторной плоскости соблюдается следующее условия напряженного состояния | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ 2. $\sigma_1 < \sigma_2 = \sigma_3$ 3. $\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$ 4. $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ |
| 17 | Меридиональная плоскость проходит через оси | <ol style="list-style-type: none"> 1. $I_1 - q$ 2. $I_2 - p$ 3. $p - q$ 4. $I_1 - I_2$ |
| 18 | Условию плоской деформации соответствует следующее напряженно-деформированное состояние | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 \neq 0$ 2. $\sigma_1 \neq 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0$ 3. $\sigma_1 = 0, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0$ 4. $\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0$ |
| 19 | Условию плоского напряженного состояния соответствует следующее напряженно-деформированное состояние | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 \neq 0$ 2. $\sigma_1 \neq 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 \neq 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0$ 3. $\sigma_1 = 0, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0$ 4. $\sigma_1 = 0, \sigma_2 \neq 0, \sigma_3 = 0, \varepsilon_1 \neq 0, \varepsilon_2 \neq 0, \varepsilon_3 = 0$ |
| 20 | В каких случаях необходимо проводить циклические испытания материала | <ol style="list-style-type: none"> 1. Если необходимо решать задачу, где формируется знакопеременное воздействие 2. Если необходимо решать задачу, где формируется динамическое воздействие 3. Если необходимо решать задачу, где формируется только статическое монотонное воздействие 4. Верны варианты (1) и (2) |

Вариант №2

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|--|---|
| 1 | Графическое изображение прочности горных пород при всевозможных видах напряженного состояния называется | <ol style="list-style-type: none"> 1. Диаграмма деформирования 2. Критерий (условие) прочности 3. Паспорт прочности 4. Круги Мора |
| 2 | Аналитическое выражение прочности горных пород при всевозможных видах напряженного состояния называется | <ol style="list-style-type: none"> 1. Диаграмма деформирования 2. Критерий (условие) прочности 3. Паспорт прочности 4. Круги Мора |
| 3 | Увеличенные объема материала при пластическом сдвиге называется | <ol style="list-style-type: none"> 1. Контракция 2. Ползучесть 3. Дилатансия 4. Адгезия |
| 4 | Какой вид испытаний используется для изучения изменения объема (уменьшения) материала при сжатии | <ol style="list-style-type: none"> 1. Трехосное сжатие 2. Одноосное сжатие 3. Одноосное растяжение 4. Изотропное сжатие |
| 5 | Для чего используются модели поведения (деформирования) материала, сформулированные в рамках механики сплошной среды | <ol style="list-style-type: none"> 1. Для получения новых знаний о работе данного материал 2. Для прогноза развития напряженно-деформированного состояния конструкций/породного массива, состоящего из данного материала 3. Для определения эквивалентных механических свойств для других моделей поведения материалов 4. Используются только в академических целях для изучения разделов механики сплошной среды |
| 6 | Какая последовательность должна быть выбрана при обосновании параметров модели поведения материалов | <ol style="list-style-type: none"> 1. Лабораторные испытания – Выбор модели материалов – Подбор параметров модели поведения материалов – Численное моделирование – Сравнение результатов с натурными наблюдениями 2. Выбор модели материалов – Подбор параметров модели поведения материалов – Численное моделирование – Сравнение результатов с натурными наблюдениями – Лабораторное моделирование 3. Численное моделирование – Сравнение результатов с натурными наблюдениями – Выбор модели материалов – Подбор параметров модели поведения материалов – Лабораторное моделирование 4. Ни одна из вышеперечисленных |
| 7 | В каких случаях грунты принято рассматривать как однофазную среду | <ol style="list-style-type: none"> 1. При их полном водонасыщении водой 2. При их частичном водонасыщении водой 3. Если вода в пористом пространстве отсутствует 4. Если нет необходимости решать задачи фильтрации |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|---|---|
| 8 | Условие, при котором процесс нагружения водонасыщенных грунтов не сопровождается формированием избыточного порового давления, называется | 1. Консолидированное 2. Дренированное 3. Недренированное 4. Антидренированное |
| 9 | Условие, при котором процесс нагружения водонасыщенных грунтов сопровождается формированием избыточного порового давления, называется | 1. Консолидированное 2. Дренированное 3. Недренированное 4. Антидренированное |
| 10 | Указать в каких горных породах при статическом монотонном нагружении формируется избыточное поровое давления | 1. Глинистые породы 2. Каменная соль 3. Песок 4. Гравий |
| 11 | Какой показатель влияет на форму поверхности пластического течения в девиаторной плоскости | 1. Угол дилатансии 2. Сцепление 3. Модуль деформации 4. Угол Лоде |
| 12 | Функция, которая ограничивает область допустимых напряжений от недопустимых называется | 1. Функцией дилатансии 2. Функция пластического течения 3. Функция пластического потенциала 4. Функция Мизеса |
| 13 | Функция, которая определяет направление развития пластических деформаций называется | 1. Функцией дилатансии 2. Функция пластического течения 3. Функция пластического потенциала 4. Функция Мизеса |
| 14 | Показатель, который определяет величину приращения пластических деформаций | 1. Коэффициент Пуассона 2. Модуль сдвига 3. Сцепление 4. Пластический множитель |
| 15 | Каким образом задается направление вектора пластического течения f – функция поверхности пластического течения; g – функция пластического потенциала; σ – вектор напряжений; h – закон упрочнения; λ – пластический множитель | 1. $\frac{\partial g}{\partial \sigma}$ 2. $\frac{\partial f}{\partial \sigma}$ 3. $\frac{\partial h}{\partial \sigma}$ 4. $\frac{\partial \lambda}{\partial \sigma}$ |
| 16 | Под ассоциированным законом пластического течения понимается | 1. Когда угол дилатансии равен 0 2. Когда угол внутреннего трения равен 90 3. Когда угол дилатансии равен углу внутреннего трения 4. Когда функция поверхности пластического течения совпадает с функцией поверхности пластического потенциала |
| 17 | Какой соотношение между углом дилатансии и углом внутреннего трения приводит к ассоциированному закону пластического течения для модели среды основанной на условии пластичности Кулон-Мора | 1. Угол дилатансии равен углу внутреннего трения 2. Угол дилатансии больше угла внутреннего трения 3. Угол дилатансии меньше угла внутреннего трения 4. Угол дилатансии не равен углу внутреннего трения |
| 18 | Какая матрица используется для связи между векторами напряжений и деформаций для упругой среды | 1. Матрица податливости 2. Матрица когезионности 3. Упругопластическая матрица 4. Упругая матрица |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|---|--|
| 19 | Какая матрица используется для связи между векторами напряжений и деформаций для упругопластической среды | 1. Матрица податливости 2. Матрица когезионности 3. Упругопластическая матрица 4. Упругая матрица |
| 20 | Какое состояние соответствует упругому поведению среды | 1. $f(\sigma, \varepsilon) < 0$ 2. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) < 0$ 3. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) = 0$ 4. $f(\sigma, \varepsilon) > 0$ |

Вариант № 3

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|--|--|
| 1 | Какое состояние соответствует упругопластической разгрузке | 1. $f(\sigma, \varepsilon) < 0$ 2. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) < 0$ 3. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) = 0$ 4. $f(\sigma, \varepsilon) > 0$ |
| 2 | Какое состояние соответствует упругопластическому нагружению | 1. $f(\sigma, \varepsilon) < 0$ 2. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) < 0$ 3. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) = 0$ 4. $f(\sigma, \varepsilon) > 0$ |
| 3 | Какое состояние невозможно | 1. $f(\sigma, \varepsilon) < 0$ 2. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) < 0$ 3. $f(\sigma, \varepsilon) = 0$ и $df(\sigma, \varepsilon) = 0$ 4. $f(\sigma, \varepsilon) > 0$ |
| 4 | Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Мизеса в девиаторной плоскости | 1. Окружность 2. Квадрат 3. Шестигранник 4. Треугольник |
| 5 | Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Друкера-Прагера в девиаторной плоскости | 1. Окружность 2. Квадрат 3. Шестигранник 4. Треугольник |
| 6 | Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Кулона-Мора в девиаторной плоскости | 1. Окружность 2. Квадрат 3. Шестигранник 4. Треугольник |
| 7 | Что из себя представляет поверхность пластического течения, полученная на основании условия пластичности Ранки в девиаторной плоскости | 1. Окружность 2. Квадрат 3. Шестигранник 4. Треугольник |
| 8 | Указать при каком условии пластичности поверхность пластического течения не расширяется в девиаторной плоскости с увеличением средних напряжений | 1. Мизеса 2. Друкера-Прагера 3. Кулона-Мора 4. Хока-Брауна |
| 9 | Указать при каком условии пластичности поверхность пластического течения расширяется в девиаторной плоскости с увеличением средних напряжений | 1. Треска 2. Мизеса 3. Друкера-Прагера 4. Ни одним из вышеперечисленных |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|-------|--|---|
| 10 | Что из себя геометрически представляет условие пластичности Мизеса в пространстве главных напряжений | <ol style="list-style-type: none"> 1. Цилиндр 2. Пирамида, в основании которой шестигранник 3. Вытянутый шестигранник 4. Конус |
| 11 | Что из себя геометрически представляет условие пластичности Друкера-Прагера в пространстве главных напряжений | <ol style="list-style-type: none"> 1. Цилиндр 2. Пирамида, в основании которой шестигранник 3. Вытянутый шестигранник 4. Конус |
| 12 | Что из себя геометрически представляет условие пластичности Кулона-Мора в пространстве главных напряжений | <ol style="list-style-type: none"> 1. Цилиндр 2. Пирамида, в основании которой шестигранник 3. Вытянутый шестигранник 4. Конус |
| 13 | Укажите уравнение, которое соответствует условию пластичности Кулона-Мора | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \varphi$ 2. $q = d + p \cdot \tan \beta$ 3. $q = R_t/2$ 4. $\tau = c$ |
| 14 | Укажите уравнение, которое соответствует условию пластичности Друкера-Прагера | <ol style="list-style-type: none"> 1. $\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \varphi$ 2. $q = d + p \cdot \tan \beta$ 3. $q = R_t/2$ 4. $\tau = c$ |
| 15 | Какой параметр модели поведения среды основанной на условии пластичности Кулона-Мора лишний | <ol style="list-style-type: none"> 1. Модуль деформации 2. Коэффициент поперечной деформации 3. Сцепление 4. Показатель пластического уплотнения |
| 16 | Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала, основанной на условии пластичности Кулона-Мора (классическая постановка) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 3 2. 4 3. 5 4. 6 |
| 17 | Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала, основанной на условии пластичности Друкера-Прагера (классическая постановка) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 3 2. 4 3. 5 4. 6 |
| 18 | Какое количество параметров необходимо для задания модели деформирования материала, основанной на условии пластичности Мизеса (классическая постановка) | <ol style="list-style-type: none"> 1. 3 2. 4 3. 5 4. 6 |
| 19 | Модуль деформации породы определяется как | <ol style="list-style-type: none"> 1. Отношение приращения продольных напряжений к приращению продольных деформаций 2. Отношение поперечных деформаций к продольным деформациям 3. Произведение поперечных деформаций и продольных деформаций 4. Отношение объемных деформаций к деформациям формоизменения |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответов |
|----------|---|---|
| 20 | Коэффициент поперечной деформации породы определяется как | <ol style="list-style-type: none"> 1. Отношение приращения продольных напряжений к приращению продольных деформаций 2. Отношение поперечных деформаций к продольным деформациям 3. Произведение поперечных деформаций и продольных деформаций 4. Отношение объемных деформаций к деформациям формоизменения |

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы не предусмотрены.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов горного производства: учебник / А. С. Вознесенский. — М.: МИСИС, 2023. — 291 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/360410> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

2. Иванес, Т. В. Механика подземных сооружений. Взаимодействие крепи/обделки с грунтовым массивом: учебное пособие / Т. В. Иванес, А. А. Сокольников. — СПб.: ПГУПС, 2022. — 61 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/222533> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

3. Боровков, Ю. А. Геомеханика: учебник / Ю. А. Боровков. — СПб.: Лань, 2020. — 356 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133896> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

4. Молотников, В. Я. Теория упругости и пластичности / В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. — 2-е изд., стер. — СПб.: Лань, 2023. — 532 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/335192> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

Дополнительная литература

1. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов в горном деле. Компьютерное моделирование: учебное пособие / А. С. Вознесенский, М. Н. Красилов, Я. О. Куткин. — М.: МИСИС, 2018. — 97 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108042> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

2. Борщ-Компониец, В. И. Практическая механика горных пород: учебное пособие / В. И. Борщ-Компониец. — М.: Горная книга, 2013. — 322 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/66426> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

3. Певзнер, М. Е. Геомеханика: учебник / М. Е. Певзнер, М. А. Иофис, В. Н. Попов. — М.: Горная книга, 2008. — 438 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3289> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

4. Баклашов, И. В. Геомеханика: учебник: в 2 томах / И. В. Баклашов. — М.: Горная книга. — Том 1: Основы геомеханики — 2004. — 208 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/3286> (дата обращения: 02.07.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст: электронный.

5. Баклашов, И. В. Геомеханика: учебник: в 2 томах / И. В. Баклашов. — М.: Горная книга. — Том 2: Геомеханические процессы — 2004. — 249 с. —

<https://e.lanbook.com/book/3287> (дата обращения: 02.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

6. Каркашадзе, Г. Г. Механическое разрушение горных пород: учебное пособие / Г. Г. Каркашадзе. – М.: Горная книга, 2004. – 222 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/3284> (дата обращения: 02.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

7. Каркашадзе, Г. Г. Моделирование физических процессов горного производства: учебное пособие / Г. Г. Каркашадзе. – М.: МИСИС. – Часть 2 – 2014. – 73 с. – URL: <https://e.lanbook.com/book/116428> (дата обращения: 02.07.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт. – Алчевск. – URL: library.dstu.education. – Текст: электронный.

2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова: официальный сайт. – Белгород. – URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. – Текст: электронный.

3. Консультант студента: электронно-библиотечная система. – Москва. – URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. – Текст: электронный.

4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. – Текст: электронный.

5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система. – Красногорск. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. – Текст: электронный.

6. Научная электронная библиотека Elibrary.ru. – URL: <https://elibrary.ru>. – Текст: электронный.

7. Научная библиотека Сибирского федерального университета: официальный сайт. – Красноярск. – URL: <https://bik.sfu-kras.ru/library> – Текст: электронный.

8. Электронно-библиотечная система Znanium. – URL: <https://znanium.ru>. – Текст: электронный.

9. Электронно-библиотечная система "Лань". – URL: <https://e.lanbook.com>. – Текст: электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 6.

Таблица 6 – Материально-техническое обеспечение

| Наименование оборудованных учебных кабинетов | Адрес (местоположение) учебных кабинетов |
|---|--|
| <p>Специальные помещения: <i>Лекционная аудитория (48 посадочных мест)</i>, оборудованная учебной мебелью; технические средства обучения – мультимедийный проектор ASER X1140; киноэкран; персональный компьютер.</p> <p>Макеты: оборудования проходки вертикального ствола; щитового комплекса для скоростной проходки вертикального ствола; сопряжения вертикального ствола с рабочим горизонтом; камеры грузочных устройств скипового подъема; укосного копра; технологии проходки шахтного ствола комплекса АС-6</p> | <p>Корпус <u>6</u> ауд. <u>401</u></p> |
| <p><i>Компьютерный класс (32 посадочных места)</i>, оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС: системный блок AMI Mini PC 420 /Celeron 1,6 GHz/512 Mb/80 Gb/ Integr – 18 шт.; мониторы – ACD 27" – 18 шт.; Switch TP-Link DES1024 D 24 port – 1 шт.; Switch D-Link 8 Port – 1 шт.; Принтер матричный – Epson FX-1170 – 1 шт.; МФУ M7100 DN – 1 шт. Доска маркерная магнитная – 1 шт.</p> | <p>Корпус <u>6</u> ауд. <u>419</u></p> |

Лист согласования РПД

Разработал

доцент кафедры геотехнологий
и безопасности производств
(должность)


(подпись)

А.А. Леонов
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой


(подпись)

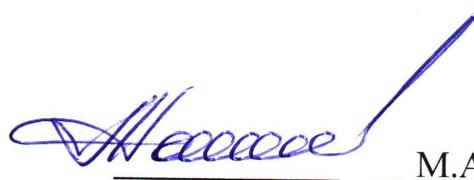
О.Л. Кизияров
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
геотехнологий и безопасности
производств

от 28. 08. 2024г..

Согласовано

Заведующий аспирантурой


(подпись)

М.А. Филатов
(Ф.И.О.)

Начальник
учебно-методического центра


(подпись)

О.А. Коваленко
(Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

| | |
|---|---------------------------|
| Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений | |
| ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ: | ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ: |
| Основание: | |
| Подпись лица, ответственного за внесение изменений | |