

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 16.11.2023 16:34:02

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Механика подземных сооружений

Закреплена за подразделением Кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий

Направление подготовки 00.06.00 Аспирантура

Профиль

Квалификация **Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 108  
в том числе: Формы контроля в семестрах:  
зачет 6

аудиторные занятия 34

самостоятельная работа 74

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя 20			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	34	34	34	34
Контактная работа	34	34	34	34
Сам. работа	74	74	74	74
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*ктн, Полякин Александр Геннадьевич*

Рабочая программа

### **Механика подземных сооружений**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ от 17.03.2022 г. № 2-22)

Составлена на основании учебного плана:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, АСП-22-4.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

- 1.3.8 Физика конденсированного состояния
- 1.3.11 Физика полупроводников
- 1.4.2 Аналитическая химия
- 2.2.3 Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники
- 2.4.2 Электротехнические комплексы и системы
- 2.5.7 Технологии и машины обработки давлением
- 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов
- 2.6.2 Металлургия черных, цветных и редких металлов
- 2.6.3 Литейное производство
- 2.6.4 Обработка металлов давлением
- 2.6.5 Порошковая металлургия и композиционные материалы
- 2.6.6 Нанотехнологии и наноматериалы
- 2.6.9 Технология электрохимических процессов и защита от коррозии
- 2.6.12 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ
- 2.6.17 Материаловедение
- 2.8.3 Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр
- 2.8.6 Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика
- 2.8.7 Теоретические основы проектирования горнотехнических систем
- 2.8.8 Геотехнология, горные машины
- 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий**

Протокол от 30.07.2020 г., №7

Руководитель подразделения д.т.н. Панкратенко А.Н.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	• изучение основных гипотез и закономерностях в области определения механических свойств горных пород и породных массивов;
1.2	• изучение механизма деформирования и разрушения горных пород и их структурных составляющих;
1.3	• изучение существующих методов расчета горного давления с учетом структурно-механических особенностей массивов горных пород;
1.4	• формирование у студентов базовых знаний, необходимых для усвоения разделов специальных дисциплин горного профиля, в которых используются методы количественной оценки свойств и структурных особенностей горных пород и массивов, горнотехнических объектов и сооружений, связанных с протеканием в них геомеханических процессов.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		2.1.2
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Академическое письмо	
2.1.2	Иностранный язык	
2.1.3	История и философия науки	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Аналитическая химия	
2.2.2	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.3	Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика	
2.2.4	Геотехнология, горные машины	
2.2.5	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.6	Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр	
2.2.7	Литейное производство	
2.2.8	Материаловедение	
2.2.9	Материаловедение	
2.2.10	Материаловедение	
2.2.11	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.12	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.13	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.14	Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов	
2.2.15	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.16	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.17	Металлургия черных, цветных и редких металлов	
2.2.18	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.19	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.20	Нанотехнологии и наноматериалы	
2.2.21	Обогащение полезных ископаемых	
2.2.22	Обработка металлов давлением	
2.2.23	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.24	Порошковая металлургия и композиционные материалы	
2.2.25	Теоретические основы проектирования горнотехнических систем	
2.2.26	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.27	Технологии и машины обработки давлением	
2.2.28	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.29	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.30	Технология и оборудование для производства материалов и приборов электронной техники	
2.2.31	Технология электрохимических процессов и защита от коррозии	
2.2.32	Физика конденсированного состояния	
2.2.33	Физика конденсированного состояния	
2.2.34	Физика конденсированного состояния	
2.2.35	Физика конденсированного состояния	



сооружений;
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Знать:</b>
А-2-31 знать методику проведения эксперимента и его анализа в области механики подземных сооружений;
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Знать:</b>
А-1-31 знать методику научного поиска и применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в области механики подземных сооружений;
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Уметь:</b>
А-3-У1 знать методику проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работы по механике подземных сооружений;
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Уметь:</b>
А-2-У1 выбирать методы проведения эксперимента и его анализа в области механики подземных сооружений;
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Уметь:</b>
А-1-У1 выбирать методы научного поиска и применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в области механики подземных сооружений;
<b>А-3: Способность проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по заданной тематике и оформлять их результаты</b>
<b>Владеть:</b>
А-3-В1 навыками проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работы по механике подземных сооружений;
<b>А-2: Способность проводить научный эксперимент и анализ его результата</b>
<b>Владеть:</b>
А-2-В1 навыками проведения эксперимента и его анализа в области механики подземных сооружений;
<b>А-1: Способность к научному поиску и применению результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок при самостоятельных исследованиях</b>
<b>Владеть:</b>
А-1-В1 навыками научного поиска и применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в области механики подземных сооружений;

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Расчет подземных сооружений</b>							
1.1	Математическое моделирование геомеханических процессов. Деформированное состояние и напряжённое состояние. Физические уравнения и геомеханические модели. Аналитические методы моделирования. Особенности постановки и решения геомеханических задач. /Лек/	6	17	А-3-31 А-2-31 А-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э2 Э3			

1.2	Моделирование процессов проходки горных выработок /Пр/	6	17	A-3-У1 A-3-B1 A-2-У1 A-2-B1 A-1-У1 A-1-B1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3		КМ1	Р1
1.3	Освоение и проработка лекционного материала. Подготовка к практическим занятиям. Работа в библиотеке/Интернете с дополнительной информацией по теме занятий. Изучение принципов действия взрыва на структуру массива горных пород с помощью методов численного (компьютерного) моделирования. /Ср/	6	74	A-3-31 A-2-31 A-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1 Э2 Э3			

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

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

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
-----------	-------------------------	------------------------------------	------------------------

КМ1	Текущий контроль	A-3-31;A-3-У1;A-3-B1;A-2-31;A-2-У1;A-2-B1;A-1-31;A-1-У1;A-1-B1	<p>1. Перечислите 3 класса грунтов. 2. Что означает выражение «грунт – трехфазная система»?</p> <p>3. Чем характеризуется твердая фаза грунта? 4. Чем характеризуется жидкая фаза грунта?</p> <p>5. Трещиноватость, блочность и слоистость</p> <p>6. Классификации грунтов по физическим свойствам и их производным. 7. Классификация по степени устойчивости 8. Классификация грунтов по крепости (Протодьяконов) 9. Что такое дискретная модель зернистой среды? 10. Расскажите гипотезу сплошной среды. Зачем она нужна? 11. Назовите три фазы деформирования грунтов по М.Н. Герсеванову.</p> <p>12. Изобразите схему опыта, иллюстрирующего 3 фазы деформирования по М.Н. Герсеванову. 13. Изобразите график <math>s(P)</math>, иллюстрирующий 3 фазы деформирования по М.Н. Герсеванову.</p> <p>14. Покажите на графике <math>s(P)</math> критические нагрузки.</p> <p>15. Краткое описание деформирования грунта в I фазе по М.Н. Герсеванову. 16. Краткое описание деформирования грунта в II фазе по М.Н. Герсеванову. 17. Краткое описание деформирования грунта в III фазе по М.Н. Герсеванову.</p> <p>18. Моделирование грунтов как простейших механизмов. Верификация модели 19. Упругая модель Гука. Пластическая модель Сен-Венана. Вязкая модель Ньютона 20. Упруго-пластическая модель Прандтля. Упруго-вязкая модель Максвелла 21. Вязко-упругая модель Фойгта. Упруго-вязкая модель Кельвина. Упруго-вязко-пластическая модель Бингама. 22. Физическая и геометрическая нелинейность</p> <p>23. Что такое напряжения?</p> <p>24. Опишите принцип напряжений Коши. Что такое вектор напряжений? 25. Схема пространственного напряженного состояния. 26. Исходные гипотезы теории линейно-деформируемой среды. 27. Какая фаза деформирования грунта описывается решениями ТЛДС? 28. Деформационные характеристики грунта: названия, обозначения и размерности. 29. Прочностные характеристики грунта: названия, обозначения и размерности. 30. Обобщенный закон Гука. 31. Что такое модуль деформации и коэффициент Пуассона? 32. Основные схемы разрушения грунта. 33. Закон Кулона.</p> <p>34. Изобразите прямую Кулона и покажите на ней прочностные характеристики.</p> <p>35. Поровая жидкость. Прочносвязанная, рыхлосвязанная, гравитационная. 36. Установившаяся и неустановившаяся фильтрация. Опыт Рейнольдса. Ламинарное и турбулентное течение. 37. Закон и опыт Дарси. Коэффициент фильтрации и начальный градиент напора. 38. Фильтрация при частичном водонасыщении 39. Проницаемость грунтов. Фильтрационная анизотропия. 40. Фильтрационная анизотропия. Фильтрация при частичном водонасыщении. 41. Фильтрационная консолидация. 42. Ползучесть массива грунта.</p> <p>43. Принцип эффективных напряжений. Поровое давление. 44. Параметры Скемптона. 45. Круг Мора «внутри» прямой Кулона: физический смысл. 46. Круг Мора касается прямой Кулона: физический смысл. 47. Круг Мора пересекает прямую Кулона: физический смысл.</p> <p>48. Изобразите предельный круг Мора. 49. Что такое паспорт прочности грунта? Для каких грунтов он составляется?</p> <p>50. Что такое линейно-деформируемая модель? Нарисуйте график «напряжения-деформации». 51. Что такое жесткопластическая модель? Нарисуйте график «напряжения-деформации».</p> <p>52. Что такое идеально-упругопластическая модель? Нарисуйте график «напряжения- деформации».</p> <p>53. Что такое упругопластическая модель с упрочнением? Нарисуйте график «напряжения- деформации». 54. Что такое упругопластическая модель с разупрочнением? Нарисуйте график «напряжения- деформации». 55. Что такое вязкоупругая модель. Нарисуйте график «напряжения-скорость деформации».</p>
-----	------------------	--	---



<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа	A-3-31;A-3-У1;A-3-B1;A-2-31;A-2-У1;A-2-B1;A-1-31;A-1-У1;A-1-B1	Моделирование процессов проходки горных выработок

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

По дисциплине предусмотрен экзамен в седьмом. Допуском к экзамену служит усвоение формируемых компетенций, защита выполненных практических работ. Приём защиты работ и текущий лекционный контроль преподаватель осуществляет на основе оценочных средств устных опросов раздела 5.1 Фонда оценочных материалов. Экзамен сдают устно. Экзамен состоит из трёх вопросов (примерные вопросы к экзамену представлены в разделе 5.1): первый направлен на знание общей теории геомеханики, второй - на знание аналитических методов геомеханики, третий - знание расчётных методов и умение решать поставленные практические задачи.

Пример экзаменационного билета:

На какие виды подразделяют совместные деформации подземных сооружений и окружающего массива?

Какие причины вызывают потерю основанием устойчивости?

Когда рекомендуется использование I принципа строительства в условиях вечной мерзлоты?

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

Дисциплина считается освоенной при выполнении следующих условий:

- текущий лекционный контроль имеет положительные оценки ("удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично");
- выполнены и защищены все лабораторные работы;
- выполнены и защищены все практические работы;
- экзамен сдан на положительную оценку ( "удовлетворительно"; "хорошо"; "отлично").

Критерии оценивания зачета с оценкой

«2» (неудовлетворительно) Студент не знает теорию, представленную ему в рамках дисциплины, не может использовать полученные навыки и умения, выполняет необходимые расчеты с низкой точностью и достоверностью.

«3» (удовлетворительно) Студент слабо знает теорию, использует полученные навыки и умения с большими недочетами, выполняет необходимые расчеты с низкой точностью и достоверностью.

«4» (хорошо) Студент хорошо знает всю теорию, представленную ему в рамках дисциплины, грамотно, но с небольшими недочетами, использует полученные навыки и умения, выполняет необходимые расчеты с высокой точностью и незначительными недочетами.

«5» (отлично) Студент хорошо знает всю теорию, представленную ему в рамках дисциплины, грамотно использует полученные навыки и умения, выполняет необходимые расчеты с высокой точностью и достоверностью.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Баклашов И. В., Картозия Б. А., Шашенко А. Н., Борисов В. Н.	Геомеханика: учебник для вузов: учебник	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2004
Л1.2	Баклашов И. В.	Основы геомеханики	Библиотека МИСиС	, 2004

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Биргер И. А.	Остаточные напряжения: монография	Электронная библиотека	Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1963
Л2.2	Баклашов И. В.	Деформирование и разрушение породных массивов	Библиотека МИСиС	М.: Недра, 1988

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Горная энциклопедия [Электронный ресурс] - URL: <a href="http://www.mining-enc.ru/">http://www.mining-enc.ru/</a> (Дата обращения: 09.06.2020 г.)	<a href="http://www.mining-enc.ru/">http://www.mining-enc.ru/</a>
Э2	Plaxis   Essential for geotechnical professionals [Электронный ресурс] - URL: <a href="https://www.plaxis.com/">https://www.plaxis.com/</a> (Дата обращения 09.06.2020 г.)	<a href="https://www.plaxis.com/">https://www.plaxis.com/</a>
Э3	Science Direct. Geomechanics [Электронный ресурс] - URL: <a href="https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geomechanics">https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geomechanics</a> (Дата обращения: 09.06.2020 г.)	<a href="https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geomechanics">https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/geomechanics</a>

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	Microsoft Office

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Для изучения дисциплины рекомендуется изучать тему занятия до его проведения используя литературу, указанную в разделе Содержание.

Для углубленного понимания материала, рекомендуется изучать актуальные научные статьи по темам дисциплины размещенные в электронных ресурсах, указанных в разделе Содержания.

При изучении дисциплины необходимо просматривать документальные фильмы по разделам курса, размещенные в сети интернет.