

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 09.07.2023 17:12:34

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)

# Основы механики разрушения

Закреплена за подразделением Кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля

Направление подготовки 21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО  
ПРОИЗВОДСТВА

Профиль

Квалификация **Горный инженер (специалист)**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

в том числе:

аудиторные занятия 68

самостоятельная работа 49

часов на контроль 27

Формы контроля в семестрах:

экзамен 8

курсовая работа 8

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	8 (4.2)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	17			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	68	68	68	68
Контактная работа	68	68	68	68
Сам. работа	49	49	49	49
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*дтн, Профессор, Черепецкая Е.Б.*

Рабочая программа

**Основы механики разрушения**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

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

Составлена на основании учебного плана:

21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА, 21.05.05-СФП-22.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

21.05.05 ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ИЛИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОИЗВОДСТВА, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физических процессов горного производства и геоконтроля**

Протокол от 25.06.2020 г., №10

Руководитель подразделения Винников В.А.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Сформировать у студентов базовые знания о механике разрушения горных пород и развить навыки самостоятельного выбора рациональных способов ведения и управления процессами разрушения в горном производстве.
1.2	Задачи дисциплины:
1.3	• изучение основных закономерностей механики разрушения при воздействии на горную породу физическими полями различной;
1.4	• формирование у студентов навыков решения базовых задач механики разрушения, встречающихся в горном деле;
1.5	• обеспечение студентов комплексом знаний, необходимых для усвоения разделов специальных дисциплин горного профиля, в которых изучаются соответствующие процессы горного производства, связанные с механикой разрушения, технические средства их реализации, методы управления ими и повышения их энергоэффективности и экологичности.

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Компьютерные методы в научных исследованиях	
2.1.2	Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг	
2.1.3	Физико-химические методы исследования геоматериалов	
2.1.4	Измерения в физическом эксперименте	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Горная теплофизика	
2.2.2	Обработка и интерпретация результатов геофизических исследований и неразрушающего контроля	
2.2.3	Системы позиционирования и методы дистанционного зондирования Земли	
2.2.4	Геомеханическое обеспечение горных работ	
2.2.5	Лабораторные методы структурной диагностики геоматериалов	
2.2.6	Моделирование физических процессов горного производства	
2.2.7	Приборы для геофизических исследований	
2.2.8	Аппаратурное обеспечение геомеханических измерений	
2.2.9	Взрывное разрушение горных пород	
2.2.10	Измерение быстропротекающих процессов	
2.2.11	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.12	Преддипломная практика	
2.2.13	Программное обеспечение геомеханических расчетов	
2.2.14	Теория и практика георадиолокации	

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

<b>ПК-4: способность выявлять новые закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы и разрабатывать на этой основе новые методы, технические средства, методики контроля качества минерального сырья и готовой продукции, контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, неразрушающего контроля объектов горного производства</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-31	основные модели и закономерности механики разрушения
<b>ПК-1: готовность демонстрировать владение физико-техническими методами и средствами получения информации о характеристиках минерального сырья и готовой продукции, об объектах и процессах горного производства, необходимой для эффективного и безопасного ведения горных работ, строительства и эксплуатации подземных сооружений</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31	основные подходы к решению прикладных задач механики разрушения

<b>ПК-4: способность выявлять новые закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы и разрабатывать на этой основе новые методы, технические средства, методики контроля качества минерального сырья и готовой продукции, контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, неразрушающего контроля объектов горного производства</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-4-У1 выбирать наиболее эффективные средства расчета
<b>ПК-1: готовность демонстрировать владение физико-техническими методами и средствами получения информации о характеристиках минерального сырья и готовой продукции, об объектах и процессах горного производства, необходимой для эффективного и безопасного ведения горных работ, строительства и эксплуатации подземных сооружений</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-1-У2 выбирать методы расчета процессов разрушения, возникающих при процессах добыче и переработке полезных ископаемых
ПК-1-У1 формулировать задачи механики разрушения применительно к технологическим процессам добычи и переработки полезных ископаемых
<b>ПК-4: способность выявлять новые закономерности взаимодействия горных пород с полями различной физической природы и разрабатывать на этой основе новые методы, технические средства, методики контроля качества минерального сырья и готовой продукции, контроля и мониторинга геологической среды и объектов горного производства, неразрушающего контроля объектов горного производства</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 методами практического расчета основных параметров, определяющих процесс разрушения
<b>ПК-1: готовность демонстрировать владение физико-техническими методами и средствами получения информации о характеристиках минерального сырья и готовой продукции, об объектах и процессах горного производства, необходимой для эффективного и безопасного ведения горных работ, строительства и эксплуатации подземных сооружений</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 методами решения задач, возникающих при разрушении горной породы
ПК-1-В2 методами выбора оптимальных режимов работы оборудования, используемого при разрушении горной породы

#### 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. Введение. Классификация типов и режимов разрушения горных пород</b>							
1.1	Классификация типов и режимов разрушения горных пород. Особенности деформирования горных пород. Основные принципы построения критерия прочности и пластичности /Лек/	8	2	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
1.2	Построение диаграммы деформирования горной породы по результатам лабораторных испытаний и определение прочностных и деформационных параметров. Определение деформационных параметров /Пр/	8	2	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2			
1.3	Расчет паспорта прочности пород различных генотипов /Ср/	8	10	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1				
	<b>Раздел 2. Классические критерии прочности</b>							

2.1	Критерий наибольших нормальных напряжений. Критерий наибольших деформаций. Критерий наибольших касательных напряжений. Критерий максимальной удельной энергии /Лек/	8	8	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
2.2	Вычисление вероятности разрушения породного блока с учетом его прочности и стандартного отклонения /Пр/	8	4	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2			
2.3	Определение предела прочности пород в сухом и водонасыщенном состоянии. Определение предела прочности горных пород при многократном раскалывании и сжатии /Лаб/	8	4	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2			
2.4	Определение энергозатрат при разрушении горных пород на маятниковом копре /Ср/	8	10	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1				
	<b>Раздел 3. Критерии прочности для материалов, неодинаково сопротивляющихся растяжению и сжатию</b>							
3.1	Критерий прочности Кулона-Навье Критерий прочности Мора Стандартная огибающая кругов Мора для горных пород. Критерий Баландина. Критерий Шлейхера-Надаи. Достоинства и недостатки критериев прочности и пластичности /Лек/	8	4	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
3.2	Построение стандартной огибающей кругов Мора для горных пород /Пр/	8	2	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2			
3.3	Определение предела прочности образцов произвольной формы при разрушении встречными сферическими инденторами /Лаб/	8	2	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2			
3.4	Определение полей напряжений, возникающих при воздействии инденторов различной формы /Ср/	8	10	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1				
	<b>Раздел 4. Механика рассеянных повреждений</b>							

4.1	Общие представления о построении критериев прочности. Принцип линейного суммирования повреждения. Кинетическое уравнения поврежденности Кинетическая теория поврежденности. Критерий Журкова. Критерий Качанова /Лек/	8	4	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
4.2	Оптимизация разрушения горных пород выколом в зависимости от формы индентора /Ср/	8	10	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1				
<b>Раздел 5. Линейная механика разрушений</b>								
5.1	Концентрация напряжений. Условия хрупкого разрушения и распространения трещин по Гриффитсу. Напряженно-деформированное состояние в вершине трещины. Критерий Ирвина. Механизм вязкого разрушения /Лек/	8	6	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
5.2	Распределение напряжений, вызванных действием сосредоточенной силы на поверхности полупространства /Пр/	8	2	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2			
5.3	Определение сопротивления горных пород ударным воздействиям /Лаб/	8	2	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2			
5.4	Вычисление допустимой нагрузки, действующей в элементах бетонной конструкций с трещинами /Ср/	8	9	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1				
<b>Раздел 6. Основные эффекты процессов разрушения</b>								
6.1	Различие свойств горных пород в массиве и лабораторных условиях. Эффект памяти действовавших в массиве главных напряжений. Эффект Грини. Рост усталостных трещин при циклическом нагружении /Лек/	8	4	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
6.2	Распределение удельной энергии формоизменения в полупространстве под действием сосредоточенной силы /Пр/	8	2	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2			
6.3	Определение контактной прочности горных пород /Лаб/	8	2	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2			

	<b>Раздел 7. Виды разрушения при бурении, фазы напряженного состояния. Энергоемкость процесса разрушения</b>							
7.1	Разрушение горной породы с помощью индентора. Влияние формы индентора на процессы деформирования и разрушения горной породы. Разрушение горной породы при внедрении цилиндрического и сферического инденторов /Лек/	8	4	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
7.2	Определение расстояния от заряда до трещины, при котором возможен ее рост на основе использования критерия Ирвина /Пр/	8	4	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2			
7.3	Определение вязкости поверхностной энергии разрушения горной породы. Определение разрушаемости горных пород одиночным ударом. Определение удельной энергоемкости выкола в зависимости от энергии удара /Лаб/	8	6	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2			
	<b>Раздел 8. Некоторые прикладные задачи разрушения горных пород</b>							
8.1	Модель расчета эффективности взрывной отбойки породного массива скважинным зарядом. Исследование влияния комбинации касательных и нормальных напряжений на контуре скважин на эффективность взрывной отбойки породного массива. Энергозатраты на стадиях дробления и измельчения горных пород /Лек/	8	2	ПК-1-31 ПК-4-31	Л1.1 Л1.2			
8.2	Приращение длины трещины в процессе действия знакопеременной нагрузки /Пр/	8	1	ПК-1-У1 ПК-1-У2 ПК-4-У1	Л1.1 Л1.2			
8.3	Оптимизация разрушения выколом в зависимости от формы индентора /Лаб/	8	1	ПК-1-В1 ПК-1-В2 ПК-4-В1	Л1.1 Л1.2			

### 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	Итоговая контрольная работа	ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-У2	1. Что такое Модуль упругости (модуль Юнга) ? 2. Что является концентратором напряжений при нагружении ? 3. Что такое магистральная трещина ? 4. Что такое предел прочности ? 5. Сущность "Бразильского" метода
-----	-----------------------------	-------------------------	---

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа №1	ПК-1-31	Построение диаграммы деформирования горной породы по результатам лабораторных испытаний и определение прочностных и деформационных параметров. Определение деформационных параметров
P2	Практическая работа №2	ПК-1-У1	Вычисление вероятности разрушения породного блока с учетом его прочности и стандартного отклонения
P3	Практическая работа № 3	ПК-1-В1;ПК-1-В2	Построение стандартной огибающей кругов Мора для горных пород
P4	Практическая работа №4		Распределение напряжений, вызванных действием сосредоточенной силы на поверхности полупространства
P5	Практическая работа №5		Распределение удельной энергии формоизменения в полупространстве под действием сосредоточенной силы
P6	Практическая работа №6		Определение расстояния от заряда до трещины, при котором возможен ее рост на основе использования критерия Ирвина
P7	Практическая работа №7	ПК-1-31	Приращение длины трещины в процессе действия знакопеременной нагрузки

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

Пример экзаменационного билета.:

1. Кинетическая теория прочности. Критерий Журкова.
2. Критерий наибольших деформаций.
3. В лабораторных испытаниях образцов кварцевого песчаника при темпе нарастания нагрузки Па/с получено среднее значение предела прочности на растяжение Па. При другом, темпе нарастания нагрузки - Па/с получено другое среднее значение динамического предела прочности: Па. Температура образцов в процессе испытаний  $T=293\text{K}$ . Необходимо вычислить значения термокинетических параметров: структурного коэффициента  $\gamma$  и энергии активации  $U_p$ .

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

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

ПК-1:Исчерпывающие знания основных фундаментальных понятий в области механики разрушения, а также основных критериев прочности.

Знание базовых понятий в области механики разрушения, а также основных критериев прочности

Выборочное знание основных фундаментальных понятий в области механики разрушения

Незнание основных фундаментальных понятий в области механики разрушения

ПСК-4:Исчерпывающие знания всего комплекса методов и подходов к решению основных практических задач механики разрушения

Умение формулировать задачи механики разрушения применительно к технологическим процессам добычи и переработки полезных ископаемых

Выборочное знание задач механики разрушения применительно к технологическим процессам добычи и переработки полезных ископаемых

Незнание задач механики разрушения применительно к технологическим процессам добычи и переработки полезных ископаемых

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Каркашадзе Г. Г.	Механическое разрушение горных пород: учебное пособие для вузов: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2004



	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.2	Каркашадзе Г. Г.	Задачник по разрушению горных пород: учеб. пособие студ. вузов, обуч. по спец. "Физ. процессы горн. или нефтегазового пр-ва"	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МГГУ, 2008

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MATLAB
П.2	MATCAD

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

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
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
Любой корпус Учебная аудитория	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест
Холл библиотеки (Б)		25 компьютеров, комплект специализированной мебели
V-958	Учебная аудитория	генераторы ГЗ-18; частотомер ЧЗ-38; осциллограф С1-48; генератор ГЗ-23; поворотный стол 02012; вольтметр ВЗ-7; прибор УКБ-1М; осциллограф С1-122-3 шт.; генератор импульсов Г5-54- 3 шт.; частотомер ЧЗ-38; осциллограф С1-48; генератор ГЗ-56; генератор ГЗ-41; вольтметр ВЗ-39 -2 шт.; шумомер PSI-202; лабораторный источник шума; стенд для измерения вибрационных характеристик машин в составе: виброметр SM-241, осциллограф С1-48, вольтметр ВЗ-38, генератор ГЗ-53, электродвигатель с датчиками КД-35, электродинамический преобразователь вибростол ""ESE-201"", генератор ГЗ-104, виброметр одноканальный, вольтметр ВЗ-38В- 2 шт., частотомер ЧЗ-36, усилитель ""LV-103"", анемометр ""АСО-3"", анемометр ""МС-13"", прибор ""ТА-9"", прибор ""ИВС-1"", прибор ""Турчас"", прибор ""РНО"", воздуходувка, доска учебная

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Подготовка к лекциям.

Подготовка к лекционному занятию включает повторение пройденного материала.

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

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

Подготовка к лабораторным работам.

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

Самостоятельная работа.

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

включает:

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

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

Часть студентов под руководством преподавателей, сотрудников или аспирантов кафедры может заниматься самостоятельной научной работой, так или иначе связанной с изучаемой дисциплиной.