

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»
в г. Губкине Белгородской области (ГФ НИТУ «МИСИС»)

рабочая программа утверждена
решением Ученого совета
ГФ НИТУ «МИСИС»
от «23» июня 2023 г.
протокол № 5

Рабочая программа дисциплины Физика горных пород

Закрепленная кафедра	<u>Кафедра горного дела</u>
Направление подготовки	<u>21.05.04 Горное дело</u>
Специализация	<u>Открытые горных работы</u>
Квалификация	<u>Горный инженер (специалист)</u>
Форма обучения	<u>Очная</u>
Общая трудоемкость	<u>3 ЗЕТ</u>

Часов по учебному плану	<u>108</u>
в том числе:	
аудиторные занятия	<u>54</u>
самостоятельная работа	<u>54</u>
часов на контроль	<u>0</u>
Семестр(ы) изучения	<u>8</u>

Формы контроля:
зачет в пятом семестре

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	5		Итого
	УП	РП	
Вид занятий			
Лекции	26	26	26
Практические	28	28	28
Лабораторные	–	–	–
Итого ауд.	54	54	54
Сам. работа	54	54	54
Часы на контроль	–	–	–
Итого:	108	108	108

Год набора 2023

Программу составил:
Доцент, к.т.н., доцент Шведов Игорь Михайлович
Должность, уч.ст., уч.зв ФИО полностью

_____ *подпись*

Рабочая программа дисциплины
Физика горных пород

разработана в соответствии с ОС ВО:
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования – уровень специалитета
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по специальности 21.05.04
Горное дело (приказ от «02» апреля 2021 г. № 119 о.в.)

Выпуск 3:
от 2 апреля 2021 г. № 119 о.в.

Составлена на основании учебного плана 2023 года набора:
21.05.04 Горное дело, утвержденного Ученым советом ГФ НИТУ «МИСИС» 23.06.2023 г., протокол №5

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
горного дела

_____ *наименование кафедры*

Протокол от «08» июня 2023 г. № 6

Зам.зав. кафедрой ГД

_____ *подпись*

А.А. Казанцев

_____ *И.О. Фамилия*

«08» июня 2023 г.

Руководитель ОПОП ВО
Зам.зав.кафедрой ГД, к.т.н.

_____ *подпись*

А.А. Казанцев

_____ *И.О. Фамилия*

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

Цель дисциплины – формирование и развитие у обучающихся коммуникативных способностей, умение работать в команде, умение выявлять проблему, разрабатывать способы ее устранения и умение оценивать эффективность разработанных мероприятий

Задачи дисциплины:

1. Изучение физико-технических свойств и физических процессов в горных породах, закономерностях формирования и изменения свойств и принципах их использования при решении задач горного производства.
2. Формирование навыков по методам определения физико-технических свойств горных пород, прогнозу и практическому применению данных о свойствах в горно-технологических расчетах.
3. Приобретение знаний о поведении горных пород различного состава, строения и состояния при действии физических и вещественных полей (флюидов), параметрах, количественно характеризующих их реакцию на воздействие, в том числе и техногенное.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1. Б.38
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся – предшествующие дисциплины (модули), практики и НИР	
2.1.1	Учебная практика (ознакомительная)	
2.1.2	Физика	
2.1.3	Химия	
2.1.4	Математика	
2.1.5	Геология	
2.1.6	Основы горного дела	
2.2	Дисциплины (модули), практики и НИР, для которых необходимо освоение данной дисциплины – последующие дисциплины (модули), практики и НИР	
2.2.1	Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты	
2.2.2	Управление проектами	
2.2.3	Основы обогащения полезных ископаемых	
2.2.4	Организация эксперимента	
2.2.5	Рациональное природопользование	
2.2.6	Управление состоянием массива	
2.2.7	Техника и технология переработки и утилизации отходов	
2.2.8	Технология и безопасность взрывных работ	
2.2.9	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков -2	
2.2.10	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков -3	
2.2.11	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков -4	
2.2.12	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОПК -3: Способен применять навыки анализа горно-геологических условий участка недр	
Знать:	3-1. взаимосвязи особенностей строения, минерального состава и физических свойств горных пород;
Уметь:	У-1. Применять физические методы анализа свойств горных пород, У-2. Выявлять закономерности изменения физических свойств горных пород при действии различных физических полей.
Владеть навыком:	Н-1. Терминологий в области физики горных пород, навыками работы со справочной и научной литературой.
ОПК-5: Способен применять методы анализа и знания закономерностей поведения для управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	
Знать:	3-1. Физическую сущность процессов, протекающих в горной породе, как полиминеральной системе, при действии физических и вещественных полей. 3-2. Природу влияния минерального состава и строения горных пород на их физико-технические свойства и параметры.

Уметь:	У-1. Выполнять теоретическую оценку влияния изменчивости физических свойств горных пород на эффективность горно-технологических процессов.
Владеть навыком:	Н-1. научных исследований в области физики горных пород и процессов горного производства.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Кол-во часов	Компетенции	Литература	Примечание
	Раздел 1. Понятие о минералах и горных породах как объектах горного производства					
1.1	Место физики горных пород среди других наук по объектам, методам и направлениям исследований. Основные понятия и определения физики горных пород, понятия о физико-технических свойствах и физических процессах в образцах горных пород и массивах. Приемы описания и количественная характеристика состава и строения горных пород. Характеристика элементов строения горных пород. Текстура горных пород. Структура горных пород. Гетерогенность горных пород. /Лек/	5	4	ОПК-3 3-1 ОПК-5 3-1; 3-2	Л1; Л2; Л6	
1.2	Методы количественного описания строения горных пород. Дефектность горных пород. Понятие о представительном объеме горной породы. Разноуровневые модельные представления о горные породы. Физико-химические, петрографические и генетические классификации горных пород. /Лек/	5	4	ОПК-3 3-1 ОПК-5 3-1; 3-2	Л1; Л2; Л6	
1.3	Метод статистической обработки экспериментальных данных. Расчет математического ожидания и доверительного интервала. /практика/	5	4	ОПК-3 У-1; У-2 ОПК-5 У-1	Л3, Л4, Л5	
1.4	Работа с научной учебной литературой, подготовка к лекциям, практическим занятиям, /Ср/	5	12	ОПК-3 Н-1 ОПК-5 Н-1	Л1; Л2; Л6; Э1-6	
	Раздел 2. Механические свойства горных пород					
2.1	Понятие механических свойств горных пород. Напряжения и деформации в породах. Базовые плотностные и механические свойства пород. Упругие свойства минералов и горных пород. Тензорные методы описания упругих свойств.	5	4	ОПК-3 3-1 ОПК-5 3-1; 3-2	Л1; Л2; Л6	

	Параметры упругости пород. Зависимость упругих свойств горных пород от их минерального состава и строения. /Лек/					
2.2	Физика пластичности минералов и горных пород. Реологические свойства горных пород. Уравнение ползучести. Релаксация напряжений. Явление ползучести в мерзлых грунтах. /Лек/	5	4	ОПК-3 3-1 ОПК- 5 3-1; 3-2	Л1; Л2; Л 6	
2.3	Обработка экспериментальных данных, по определению пределов прочности образцов горных пород. /Пр/	5	8	ОПК-3 У-1; У-2 ОПК-5 У-1	Л3, Л4, Л5	
2.4	Работа с научной учебной литературой, подготовка к лекциям, практическим занятиям, /Ср/	5	14	ОПК-3 Н-1 ОПК-5 Н-1	Л1; Л2; Л6; Э1-6	
Раздел 3. Тепловые свойства горных пород						
3.1	Тепловые свойства горных пород. Распространение и накопление тепла в породном массиве. Параметры удельная теплоемкость и теплопроводность. Условие стационарного и нестационарного потока. Параметры теплопередачи. Тепловое расширение горных пород. Параметры теплового расширения. Термические напряжения в горных породах. /Лек/	5	4	ОПК-3 3-1 ОПК- 5 3-1; 3-2	Л1, Л 6	
3.2	Решение задач на тепловые свойства горных пород. /Пр/	5	8	ОПК-3 У-1; У-2 ОПК-5 У-1	Л3, Л4, Л5	
3.3	Работа с научной учебной литературой, подготовка к лекциям, практическим занятиям, /Ср/	5	14	ОПК-3 Н-1 ОПК-5 Н-1	Л1; Л2; Л6; Э1-6	
Раздел 4. Электромагнитные и радиационные свойства горных пород						
4.1	Виды поляризации в горных породах. Особые случаи поляризации минералов и горных пород. Поляризационные методы в электроразведке. Электрические свойства горных пород. Электрохимическая активность. Диэлектрические потери. /Лек/	5	4	ОПК-3 3-1 ОПК- 5 3-1; 3-2	Л1, Л 6	
4.2	Решение задач на электромагнитные свойства горных пород. /Пр/	5	8	ОПК-3 У-1; У-2 ОПК-5 У-1	Л3, Л4, Л5	
4.3	Радиоактивность горных пород. Виды излучений. Закон радиоактивного распада. Радиоактивные руды и	5	2	ОПК-3 3-1 ОПК- 5 3-1; 3-2	Л1	

	минералы. Основные технологические процессы переработки урановых руд. /Лек/					
4.4	Работа с научной учебной литературой, подготовка к лекциям, практическим занятиям, /Ср/	5	14	ОПК-3 Н-1 ОПК-5 Н-1	Л1; Л2; Л6; Э1-6	

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ						
Контрольные вопросы для текущего контроля успеваемости						
Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации (материалы для оценки знаний ОПК-3: 3-1; ОПК-5: 3-1, 3-2)						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Цели и задачи горной науки – физики горных пород. Основные понятия и определения. Объекты и методы исследований. 2. Основные процессы горного производства. Понятие о физико-технических и горно-технологических параметрах горных пород и их взаимосвязи. Базовые физико-технические параметры пород. 3. Общие закономерности изменения свойств горных пород от параметров состава и строения. Модели строения горных пород. Понятие анизотропии свойств. 4. Основные особенности строения горных пород. Сравнение физических свойств породного массива и лабораторных образцов. 5. Факторы, влияющие на численные значения физико-технических параметров горных пород. Физические поля в породных массивах. 6. Особенности исследования физических свойств горных пород, их вариации и взаимосвязи. Сущность метода корреляционных зависимостей. 7. Характеристика горной породы как гетерогенной среды. Строение кристаллических тел. Основные понятия для описания внутреннего строения кристаллов. 8. Понятие структуры и текстуры горных пород. Характеристика и примеры. 9. Типы горных пород в зависимости от внутренних структурных связей и происхождения. Пористость горных пород, параметры пористости. 10. Дефекты строения горной породы. Понятие дефектов кристаллических структур. 11. Плотностные свойства горных пород и их параметры. свойства горных пород. 12. Напряжения и деформации в горных породах. Понятие и сущность тензора напряжения и деформации. 13. Виды деформаций в горных породах. Типичные графики деформации горных пород. 14. Упругие свойства горных пород. Элементы тензора упругости и деформации. Закон Гука для изотропного массива. 15. Параметры упругости горных пород для скальных и рыхлых горных пород. Зависимость упругих свойств горных пород от их минерального состава и строения. 16. Влияние пористости на упругие свойства горных пород. Влияние внешних физических и вещественных полей на упругие свойства пород. Понятие динамического модуля Юнга. 17. Неупругое поведение горных пород. Модели пластических сред. Механизмы пластической деформации. 18. Классификация точечных и линейных дефектов кристаллической структуры. Движение дислокаций в кристалле. 19. Прочностные свойства горных пород. Понятие процесса разрушения как многостадийного процесса. Роль дислокаций в процессе разрушения. 20. Теория хрупкого разрушения Гриффитса. Роль энергии упругой деформации в развитии трещины. 21. Обобщенная теория квазихрупкого разрушения Орована-Ирвина. Роль пластических деформаций в процессе разрушения. 22. Кинетическая теория разрушения твердых тел Журкова. Основные положения. 23. Теория прочности Кулона – Мора. Критерий прочности горных пород. Принцип построения кругов напряжений. 24. Понятие паспорта прочности горных пород. Принцип построения и интерпретация. 25. Понятие реологических свойств горных пород. Стадии ползучести. Анализ уравнения ползучести. Понятие релаксации напряжений. 26. Механизмы пластических деформаций в породах. Модели вязкоупругих тел. Диффузионная ползучесть Набарро-Херринга. 27. Роль реологических процессов в горном деле. Реологические процессы в мерзлых грунтах. 28. Понятие акустических свойства горных пород. Уравнение плоской волны. Типы упругих колебаний и их основные параметры распространения в породном массиве. 29. Анализ скоростей распространения упругих волн в изотропных средах. Зависимость типа волны от упругих свойств среды. 30. Влияние пористости, текстурных особенностей пород на скорости распространения упругих волн. Распространение упругих волн в поглощающих средах. Параметры поглощения. 						

31. Взаимосвязи скоростей упругих волн и прочностными свойствами. Источники упругих колебаний. Методы изучения акустических свойств горных пород.
32. Параметры поглощения тепла горными породами. Особенности гетерогенных термодинамических систем.
33. Механизмы теплопроводности горных пород.
34. Тепловые потоки в породном массиве. Условия стационарного и нестационарного потоков.
35. Температуропроводность, теплопередача, теплоотдача горных пород. Анизотропия свойств. Теплопроводность пористых пород.
36. Тепловое расширение горных пород. Зависимость от минерального состава, пористости. Анизотропия свойств.
37. Механизмы термических напряжений в горных породах. Влияние теплового поля на физические свойства горных пород.
38. Виды и механизмы поляризации горных пород. Явление электрострикции.
39. Особые случаи поляризации минералов и горных пород. Поляризационные методы в электроразведке.
40. Диэлектрическая проницаемость горных пород и минералов. Зависимость от минерального состава и строения.
41. Электрохимическая поляризация и проводимость горных пород.
42. Термины и определения в области магнетизма горных пород. Основные понятия о природе магнетизма ферромагнетиков. Магнитные эффекты в ферромагнитных минералах.
43. Особые свойства ферромагнетиков. Кривая намагничивания, магнитный гистерезис.
44. Магнитные фазовые переходы. Температурные превращения основных железосодержащих минералов. Термомагнитные кривые железистых кварцитов.
45. Радиационные свойства горных пород. Параметры радиоактивности руд.

Пример практического задания (ОПК-3: У-1, У-2, Н-1; ПК-1: У-1, Н-1):

Вариант 1

Модуль Юнга образца составляет 50 ГПа при его относительной деформации в 4,8 мм в условиях одноосного сжатия, при этом предел прочности на растяжение составил 27 МПа. Определить коэффициент хрупкости породы.

Вариант 2

Предел упругости песчаника составляет $\sigma_E = 50$ МПа, а $\sigma_{сж} = 190$ МПа, при этом полная пластическая деформация составляет $1,5 \cdot 10^{-3}$ м. Определить модуль пластичности породы.

Вариант 3

Модуль Юнга для алевролита составляет $E = 35$ ГПа, а коэффициент пластичности при этом равен $k_{пл} = 0,75$. Чему будет равен модуль деформации $E_{деф}$?

Вариант 4

Определить коэффициенты пластичности $k_{пл}$ и хрупкости породы $k_{хр}$, если известны: $\sigma_{сж} = 280$ МПа; $E = 70$ ГПа; $\sigma_E = 260$ МПа; $E_{пл} = 60$ ГПа.

Вариант 5

Определить коэффициенты пластичности $k_{пл}$ и хрупкости породы $k_{хр}$, если известны:

$\sigma_{сж} = 140$ МПа; $E = 80$ ГПа; $\sigma_E = 40$ МПа;

$E_{пл} = 20$ ГПа.

Перечень работ, выполняемых в процессе изучения дисциплины (модуля, практики, НИР)

Домашнее задание.

Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена

Экзамен не предусмотрен

Методика оценки результатов обучения по дисциплине (модулю, практике, НИР)

- Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: зачет в 5-м семестре.
 - Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости - балльно-рейтинговая:
 - посещение занятий с дискуссией по темам занятия – 0,5 балла за 1 занятие;
 - выполнение практических работ – по 5 баллов за 1 работу;
 - опрос по разделам – не более 30 баллов
 - выполнение домашнего задания – 16 баллов.
- ИТОГО не более 100 баллов в семестре.
- Условие получения зачета по дисциплине – наличие не менее 60 баллов семестровой работы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1 Основная литература				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1	Ржевский В. В., Новик Г. Я.	Основы физики горных пород: учебник для студ. горн. спец. вузов	Университетская библиотека ONLINE Режим доступа: по подписке. – URL: http://elcat.lib.misis.ru/vmsua5379ghkip/app/webroot/index.php?url=/Kaf/view/64	М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. - 360 с.
Л 2	Шведов И. М.	Физика горных пород. Механические свойства горных пород (N 3458): курс лекций	Университетская библиотека ONLINE Режим доступа: по подписке. – URL: http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987748563	М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 122 с. ISBN 978-5-907061-27-9
6.1.2 Дополнительная литература				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3	Каркашадзе Г. Г.	Задачник по разрушению горных пород: учебное пособие	Университетская библиотека ONLINE Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257764	Москва: Московский государственный горный университет, 2008
Л 4	Наумов К. И., Шведов И. М.	Основы физики горных пород: метод. указания по вып. контрольных задач для студ. спец. 'Безопасность технологических процессов и производств'	Университетская библиотека ONLINE Режим доступа: по подписке. – URL: http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987750944 .	М.: [МГГУ], 2008
6.1.3 Методические материалы				
Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 5	Тюльнина В. П., Хаютин А. Д., Христолюбов В. Д., Янченко Г. А.	Физика горных пород и процессов. Термины и определения: учеб. пособие для	Университетская библиотека ONLINE	М.: [МИСиС], 1998

		подготовки бакалавров по напр. Т.06 "Горное дело"		
Л 6	Гончаров С. А., Пащенко П. Н., Плотникова А. В.	Физика горных пород. Физические явления и эффекты в практике горного производства (N 2721): учеб. пособие	Университетская библиотека ONLINE	М.: [МИСиС], 2016

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э 1	https://www.geokniga.org/books/18747
Э 2	https://www.studmed.ru/science/geologic/fizika-porod-plastov-massivov/fizika-gornyh-porod
Э 3	https://bookz.ru/authors/anna-plotnikova/pdf_fizika-g_30818321.html
Э 4	http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987748563
Э 5	http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987750944 . —
Э 6	http://elibrary.misis.ru/plugins/libermedia/LMGetDocumentById.php?id=987750944 . —

6.3. Перечень программного обеспечения

П 1	MS Teams
П 2	LMS Canvas
П 3	Microsoft Office

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)

7.1	Для проведения лекционных и практических занятий используется мультимедийная аудитория. Используемое оборудование: компьютер с установленным ПО Windows Professional 10 SNGL Upgrd OLP NL Acdmc, Office Professional Plus 2016 RUS OLP NL Acdmc и мультимедийная доска ACTIVboard 387Pro.
-----	---

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Практические занятия проводятся в традиционной форме и строятся по следующей схеме: лекция преподавателя, затем ответы преподавателя на вопросы студентов и обсуждение прослушанного материала. Активное участие студентов в обсуждении изученного материала является одним из элементов их рейтинговой оценки.

На практических занятиях студенты учатся самостоятельно выполнять задания с формулированием промежуточных и общих выводов, графически представлять и анализировать зависимости технологических показателей, критически оценивать полученные результаты и формулировать рекомендации по их улучшению.

При рассмотрении нового раздела дисциплины проводится краткий опрос студентов по предыдущей теме, взаимосвязанной с новой темой.

Для лучшего усвоения материала приводятся практические примеры.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины, промежуточная аттестация обучающихся – оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Текущий контроль успеваемости включает в себя задания для самостоятельного выполнения и контрольные мероприятия по их проверке.