

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по учебной
работе

Д.В. Мулов



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Механика подземных сооружений

(наименование специальности)

21.05.04 Горное дело

(код, наименование специализации)

Строительство горных предприятий и подземных сооружений

(профиль специализации)

Квалификация горный инженер (специалист)

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная

(очная, очно-заочная, заочная)

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью изучения дисциплины «Механика подземных сооружений» является изучение базовых понятий о механических свойствах горных пород, напряженном состоянии в нетронутом горном массиве и вокруг горных выработок различного назначения, возникновении и протекании геомеханических процессов в массиве горных пород, на основании чего обучение решению практические задачи по расчёту горного давления в подземных выработках и выбору способов обеспечения их устойчивости в различных горно-геологических условиях. Даёт базовые знания о горном давлении при сооружении и эксплуатации подземных выработок и его прогнозированию.

Задачи изучения дисциплины:

–получить систематизированные знания о механических свойствах (упругость, ползучесть, релаксация, пластичность, прочность) горных пород и их поведении под действием различных внешних нагрузок;

–изучить закономерности исходного напряженного состояния массива горных пород с учетом его реологических свойств, слоистости и структурной нерешённости;

–научиться оценивать напряженно-деформированное состояние пород в окрестности горных выработок различной формы, определять оптимальную по устойчивости форму выработки, ознакомиться с лабораторными и шахтными методами измерения напряжений в массиве;

–овладеть знаниями по методам построения паспорта устойчивости горных выработок, с основными особенностями проявлений горного давления и фундаментальными закономерностями, которым они подчиняются, и способы управления устойчивостью подземных горных выработок;

–изучить базовые принципы шахтных инструментальных наблюдений, геомеханические основы взаимодействия крепи с массивом, методы прогнозирования проявлений горного давления.

Дисциплина направлена на формирование профессиональных компетенций (ПК-5, ПК-6) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины–курс входит в БЛОК 1 «Дисциплины (модули)», часть, формируемую участниками образовательных отношений подготовки студентов по направлению 21.05.04 Горное дело (профиль «Строительство горных предприятий и подземных сооружений»).

Дисциплина реализуется кафедрой геотехнологий и безопасности производств. Основывается на дисциплинах: «Основы профессиональной деятельности», «Физика горных пород», «Геомеханика».

Является базой для изучения дисциплин: «Технология строительства горизонтальных и наклонных выработок», «Технология строительства вертикальных выработок», «Конструкция и расчет крепи».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студентов для решения профессиональных задач деятельности, связанных с обеспечением жизни, здоровья и работоспособности во время работы.

Общая трудоемкость освоения дисциплины очной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (32 ак.ч.), практические (16 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студентов (96 ак.ч.).

Общая трудоемкость освоения дисциплины заочной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 ак.ч.. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак.ч.), практические (4 ак.ч.) занятия и самостоятельная работа студентов (136 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

Процесс изучения дисциплины «Механика подземных сооружений» направлен на формирование компетенции, представленной в таблице 1.

Таблица 1 –Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Оценивать эффективность освоения подземного пространства на основе анализа инженерных решений при проектировании и строительстве горных предприятий и подземных сооружений	ПК-5	ПК-5.1. Знать: особенности постановки цели, задач, методов, объекта и предмета научного исследования основных производственных процессов строительства горных предприятий или подземных объектов с учетом горногеологических условий их заложения; терминологию нормативной и проектной документации по строительству и реконструкции подземных сооружений; нормативные документы и концепции по комплексному освоению городского подземного пространства; технику и технологию производства работ при строительстве подземных сооружений; методы решения и оптимизации проектных задач при разработке вопросов организации строительства и реконструкции горных предприятий и подземных сооружений ПК-5.2. Уметь обосновывать стратегию комплексного и эффективного освоения подземного пространства на основе исследования, анализа, оценки и внедрения инновационных инженерных решений при проектировании и строительстве горных предприятий и подземных сооружений; применять действующие нормы и концепции по комплексному освоению подземного пространства при проектировании строительства подземных сооружений; выбирать способы, технику и технологию горно-строительных работ; проектировать

		организацию и параметры технологии строительства подземных сооружений; рассчитывать технико-экономические параметры строительства ПК-5.3. Владеть: горной и строительной терминологией; методологией выбора и обоснования стратегии освоения подземного пространства; навыками использования нормативных документов по проектированию и строительству подземных сооружений; методологией выбора и обоснования техники и технологии горно-строительных работ; методами расчёта параметров организации горно-строительных работ при строительстве подземных сооружений
Знать и оценивать механические процессы в массивах горных пород, возникающие в результате нарушения их естественного напряженно деформированного состояния при ведении горно-строительных работ.	ПК-6	ПК-6.1. Знать механические процессы, происходящие в массивах горных пород при ведении горно-строительных и эксплуатационных работ закономерности изменений естественных напряжений в породных массивах под влиянием горных работ и формирования новых полей напряженно-деформированного состояния массивов ПК-6.2. Уметь оценивать свойства и состояние массивов горных пород, в которых проводятся горные работы; применять основные закономерности развития геомеханических процессов в массивах горных пород в практической деятельности при проведении горных работ; прогнозировать основные формы геомеханических явлений в различных горногеологических условиях ведения горных работ ПК-6.3. Владеть приемами определения основных механических параметров горных пород в лабораторных условиях и обработки экспериментальных данных по свойствам пород; способами управления механическими процессами в массивах земной коры при ведении в них горных работ

4 Объем и виды занятий по дисциплине

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

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, домашнему заданию, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к экзамену.

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

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам 3
Аудиторная работа, в том числе:	48	48
Лекции (Л)	32	32
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	—	—
Курсовая работа/курсовой проект	—	—
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	96	96
Подготовка к лекциям	8	8
Подготовка к лабораторным работам	—	—
Подготовка к практическим занятиям	32	32
Выполнение курсовой работы / проекта	—	—
Расчетно-графическая работа (РГР)	—	—
Реферат (индивидуальное задание)	—	—
Домашнее задание	4	4
Подготовка к контрольной работе	—	—
Подготовка к коллоквиуму	—	—
Аналитический информационный поиск	—	—
Работа в библиотеке	16	16
Подготовка к экзамену	36	36
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	Э	Э
Общая трудоемкость дисциплины		
ак.ч.	144	144
з.е.	4	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенции, приведенной в п.3 дисциплина разбита на 16 тем:

- тема 1 (Введение);
- тема 2 (Упругие и реологические свойства горных пород);
- тема 3 (Прочностные свойства горных пород);
- тема 4 (Напряженное состояние массива горных пород);
- тема 5 (НДС вокруг горной выработки);
- тема 6 (НДС вокруг выработки произвольной формы);
- тема 7 (Лабораторные и шахтные методы измерения напряжений);
- тема 8 (Паспорт устойчивости пород на контуре ГВ);
- тема 9 (Характер разрушения пород в горных выработках);
- тема 10 (Фундаментальные закономерности и классификация процессов разрушения пород в выработке);
- тема 11 (Управление устойчивостью горных выработок);
- тема 12 (Шахтные инструментальные наблюдения);
- тема 13 (Геомеханические основы взаимодействия крепи с массивом горных пород);
- тема 14 (Методы прогнозирования горного давления);
- тема 15 (Горное давление при ведении очистных работ);
- тема 16 (Итоговое занятие).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (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	Введение	Краткий исторический экскурс. Цели и задачи курса. Основные понятия и определения. Объекты и предмет изучения. Цели и задачи МПС. Предмет и содержание курса. Значение подземного строительства в горнодобывающей промышленности.	2	Входной контроль знаний. Методы испытаний горных пород.	2		
2	Упругие и реологические свойства горных пород	Упругость. Диаграмма нагружения. Обобщенный закон Гука. Анизотропия и неоднородность. Упругие напряжения на произвольной площадке. Напряжения на диаграмме О. Мора. Главные площадки, их угол наклона. Уравнения равновесия. Реологические свойства горных пород. Что изучает реология. Понятие о ползучести. Уравнение Ньютона. Коэффициент вязкости. Релаксация напряжений. Понятие о пластичности. Структурные механические модели породы.	2	Методы испытаний горных пород на разрыв. Механизмы разрушения пород. Теория прочности Кулона-Мора и новая ДГМИ. Способы испытания пород.	2	—	—
3	Прочностные свойства горных пород	Теория прочности Кулона-Мора. Новая теория прочности ДГМИ. Дифференциальное уравнение прочности. Угол наклона площадки разрушения. Паспорт прочности породы (сыпучая среда, идеально связное тело, идеально пластичное тело). Паспорт прочности реальной породы по теории ДГМИ. Полярная диаграмма прочности слоистой породы. Длительная прочность.	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.
		Масштабный фактор и прочность пород в массиве. Методы определения механических свойств пород. Классификация методов испытаний. Где используются данные о свойствах пород. Определение упругих свойств горных пород. Методы испытания пород на одноосное сжатие, одноосное растяжение. Комплексные методы испытаний. Построение паспорта прочности реальной породы.					
4	Напряженное состояние массива горных пород.	Исходное напряженное состояние массива горных пород. Основные влияющие факторы (рельеф, слоистость, геологические нарушения). Понятие концентрации напряжений. Модели массива упругая, сыпучая, связного тела. Влияние структуры массива на НДС. Примеры устойчивости выработок в различно напряженных массивах.	2	Механические свойства ГП. Построение паспорта прочности, идеальных средств. Полярная диаграмма прочности НДС вокруг круглой, сферической выработки, 1- $\sigma_1 = \sigma_3$ Упругие 2- перемещения	2	—	—
5	НДС вокруг горной выработки	Закономерности распределения напряжений вокруг круглой выработки. Графики изменения напряжений в глубину массива. Напряженное состояние массива вокруг сферической выработки. Влияние коэффициента бокового распора на распределение напряжений. Напряжения на контуре эллиптической выработки, вокруг трещин в массиве. Понятие об оптимальной форме	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.
		выработки. Основное техническое противоречие горной геомеханики. Концентрация напряжений вокруг выработок различной формы (круглой, сферической, эллиптической, прямоугольной и произвольной формы). Упругие перемещения. Напряжения вокруг вертикальных и горизонтальных трещин, вокруг лавы.					
6	НДС вокруг выработки произвольной формы	Концентрация напряжений вокруг горных выработок. Сущность расчета по методу ДГМИ. Понятие об эллипсе сравнения и приведенной кривизне контура. Расчетная схема метода ДГМИ. Алгоритм расчета. Построение эпюр напряжений и прочности на контуре выработки. Закономерности распределения напряжений по контуру выработки. Влияние неровностей контура, неоднородности и анизотропии пород на распределение напряжений вокруг выработки. Закономерности распределения НДС в породном массиве и на контуре выработки.	2	Расчет напряжений вокруг выработки. Оптимальная форма ГВ. Основной закон геомеханики. Методы измерения напряжений на контуре выработки и в массиве горных пород.	2	—	—
7	Лабораторные и шахтные методы измерения напряжений.	Цель и необходимость измерения напряжений в массиве. Классификация методов измерений напряжений. Метод разгрузки: физическая сущность, три способа измерения упругого восстановления пород, устройство тензометра и измерительного моста.	2				

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемко сть в ак.ч.
		Принципиальные схемы методов: частичной разгрузки, компенсационной разгрузки, разности давлений, упругих включений. Основы геофизических методов измерения напряжений, их достоинства и недостатки, область применения (акустического, ультразвукового, электрометрического и др.) Данные об измерениях напряжений в различных регионах мира, их связь с тектоникой плит земной коры.					
8	Паспорт устойчивости пород на контуре ГВ	Сущность и назначение паспорта устойчивости. Особенности напряженного состояния породного контура выработки. Методика построения эпюры напряжений на породном контуре. Построение эпюры прочности пород на контуре с учетом полярной диаграммы прочности каждого из пересекаемых выработкой пластов. Прочность породы в образце и в массиве. Понятие о расчете полярной диаграммы прочности на растяжение и сжатие. Локальный нормированный критерий разрушения (ЛНКР) пород, его сущность и геомеханическая трактовка. Проблема выбора оптимальной формы выработки в слоистых породах. Компоненты паспорта устойчивости, трактовка результатов по эпюре локального нормированного критерия разрушения (ЛНКР).	2	Построение эпюры прочности и паспорта устойчивости горной выработки. Локальный нормированный критерий разрушения ЛНКР.	2	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемко сть в ак.ч.
		Интенсивность разрушения пород.					
9	Характер разрушения пород в горных выработках	Разрушение и его связь со знаком и модулем ЛНКР. Разрушение по сдвиговому механизму. Два семейства поверхностей сдвига в виде логарифмических спиралей. Параметры вывалообразования в выработке (размеры и вес призматических вывалов). Образование зоны неупругих деформаций (ЗНД Разрушение отрывом с образованием свода естественного равновесия (СЕР). Варианты образования сводов СЕР, их параметры (высота сводообразования, нагрузка на крепь). Сопоставление с гипотезой свода проф. М.М. Протодяконова. Разрушение стенок стволов коническим сколом пород и предельный коэффициент бокового распора. Параметры конических вывалов. Разрушение пород на контуре выработок по винтовым (геликоидальным) поверхностям. Размеры и вес пирамидальных вывалов.	2	Паспорт устойчивости ГВ. Расчет параметров вывалов и сводообразования.	2	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемко сть в ак.ч.
10	Фундаментальные закономерности и классификация процессов разрушения пород в выработке	Формоизменение породного контура и изменение напряжений в процессе разрушения пород от растягивающих и сжимающих напряжений. Анализ изменения локального нормированного критерия разрушения (ЛНКР) по мере развития разрушения. Первая (I-ФЗ) и вторая (II-ФЗ) фундаментальные закономерности проявлений горного давления. Условия остановки разрушения, завала выработки. Существующие классификации проявлений горного давления (ПГД), их основные классификационные признаки, достоинства и недостатки. Новая классификация ПГД, разработанная в ДонГТИ, основные и вторичные классификационные признаки, достоинства и недостатки. Новая трактовка условно «малых» и «больших» глубин разработки. Выводы, следующие из новой классификации.	2	—	—	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемко сть в ак.ч.
11	Управление устойчивостью горных выработок	Раскрытие понятий «эксплуатационная устойчивость выработки». Физическая сущность управления устойчивостью горной выработки. Признаки способов и средств управлением устойчивостью выработок, классификация последних с помощью ЛНКР. Способы управления напряженным состоянием и прочностью горных пород. Решение основного технического противоречия горной геомеханики. Параметры способов и средств управления горным давлением. Патенты и разработки ДГМИ.	2				
12	Шахтные инструментальные наблюдения	Классификация шахтных наблюдений. Измерение абсолютных и относительных смещений пород вокруг выработки. Конвергенция пород. Устройство контурных и глубинных реперов Методика шахтных измерений, их периодичность (на основе теоремы Котельникова). Обработка полученных данных. Графики смещений контурных и глубинных реперов. Измерение нагрузок на крепь выработок. Конструкция динамометров и устройство шахтной замерной станции. Графики шахтных измерений нагрузки на крепь Измерение нагрузки на анкерные и набрызг-бетонные крепи. Измерение трещиноватости пород вокруг выработки. Реометрический метод измерения трещиноватости, сущность, назначение, область применения.	2	—	—	—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемко сть в ак.ч.
		Геофизические методы измерения и контроля состояния массива.					
13	Геомеханические основы взаимодействия крепи с массивом горных пород	Основные режимы работы и геомеханические параметры крепи. Понятия отпора, реакции, податливости, деформационно-силовая характеристика (ДСХ) крепи. Режимы работы крепи: податливый, жесткий, возрастающего сопротивления. Графики изменения во времени отпора и податливости. Модуль жесткости конструкции. Работоспособность крепи. Связь ДСХ крепи и массива. Минимальная несущая способность крепи. Взаимодействие крепи с упругим массивом. Взаимодействие крепи с зоной неупругих деформаций (ЗНД). Основные предпосылки, идеализации и определяющие уравнения расчетной схемы образования ЗНД. Решение задачи об образовании ЗНД вокруг выработки для идеально пластической, сыпучей (Р. Феннер) и идеально связной (А. Лабасс) породы. Закономерности распределения напряжений и формирования нагрузок на крепь.	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.
14	Методы прогнозирования горного давления.	Метод прогноза ПГД согласно СНиП, критика и анализ. Особенности ПГД на «малых» и «больших» глубинах разработки, их антагонистичность. Прогнозирование пучения почвы и выпирания слоистых пород ГВ. Основные причины пучения пород. Схемы выпирания слоистых пород. Продольно-поперечный изгиб слоев и потеря их устойчивости. Влияние обводненности пород и их минералогического состава (монтмориллонит). Статистика пучения в выработках. Способы борьбы с пучением, разработки ДГМИ. Горное давление в вертикальных стволах в наклонных выработках.	2	Расчет горного давления по СНиП: смещения пород контура и нагрузка на крепь. Горное давление в вертикальных стволах в наклонных выработках	2	—	—
15	Горное давление при ведении очистных работ	Схема сдвижения пород вокруг лавы ДПИ и ВНИМИ. Основные положения расчетной схемы при развитии горного давления до осадки основной кровли, определение опорного давления и развитие разрушений. Размеры сводов из трещин отрыва в кровле и почве лавы. Расчетная схема горного давления после осадки основной кровли. Зона раздавленного угля, шаг осадки кровли. Интегральный параметр поведения кровли в лаве. Расчет напряжений в зоне опорного давления. Классификация ДГМИ устойчивости кровли в лаве.	2			—	—

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемк ость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемко сть в ак.ч.
		Периодичность осадок кровли, изменение опорного давления впереди и позади лавы. Опорное давление вокруг выработанного пространства.					
16	Итоговое занятие.	Основные направления развития науки о проявлениях горного давления, нерешенные проблемы геомеханики.	2	—	—	—	—
Всего аудиторных часов			32	—	16	—	—

Таблицы 4 –Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Тема лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Введение	Краткий исторический экскурс. Цели и задачи курса. Основные понятия и определения. Объекты и предмет изучения. Цели и задачи МПС. Предмет и содержание курса. Значение подземного строительства в горнодобывающей промышленности.	2	Входной контроль знаний. Методы испытаний горных пород. Методы испытаний горных пород на разрыв.	4	—	—
2	Упругие и реологические свойства горных пород	Упругость. Диаграмма нагружения. Обобщенный закон Гука. Анизотропия и неоднородность. Упругие напряжения на произвольной площадке. Напряжения на диаграмме О. Мора. Главные площадки, их угол наклона. Уравнения равновесия. Реологические свойства горных пород. Что изучает реология. Понятие о ползучести. Уравнение Ньютона. Коэффициент вязкости. Релаксация напряжений. Понятие пластичности. Структурные механические модели породы о	2			—	—
Всего аудиторных часов			4	—		—	—

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://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-5, ПК-6	Экзамен	Комплект контролирующих материалов для экзамена

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

- устный опрос (2 работы) – всего 40
- баллов;практические работы – всего 40
- баллов;
- за выполнение тестового домашнего задания – всего 20 баллов.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Экзамен по дисциплине «Механика подземных сооружений» проводится по результатам работы в семестре. В случае, 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. 6.5), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 –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;
- подготовка к практическим занятиям.

6.3 Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Тема 1 Введение

- 1) Назовите объекты и задачи исследования механики горных пород.
- 2) Какое исходное напряженное состояние упругого массива?
- 3) Как построить эпюру прочности пород на контуре выработки?
- 4) Какие геомеханические параметры податливой крепи?
- 5) В чем различие между выработками мелкого заложения и заглубления?
- 6) В чем различие между МКЭ и МГЭ?

Тема 2 Упругие и реологические свойства горных пород

- 1) Упругие свойства пород. Обобщенный закон Гука.
- 2) Какое исходное напряженное состояние сыпучего и связного массива?
- 3) Как построить эпюру напряжений на контуре выработки.
- 4) Какие требования, предъявляются к материалам обделок подземных сооружений?

Тема 3 Прочностные свойства горных пород

- 1) Геомеханические параметры жесткой крепи.
- 2) Как определить напряжения на произвольной площадке?
- 3) Влияние слоистости, тектоники и рельефа на напряженное состояние массива.
- 4) Требования, предъявляемые к конструкциям обделок подземных сооружений.

- 5) Дайте определения понятиям: «пластичность» и «хрупкость»?

- 6) Параметры сводов естественного равновесия

Тема 4 Напряженное состояние массива горных пород

- 1) Методы определения прочности на одноосное сжатие.
- 2) Какая концентрация напряжений вокруг круглой выработки?
- 3) Закономерности разрушения пород на контуре от растягивающих напряжений.

- 4) Методы определения прочности на одноосное растяжение.
- 5) В чем заключается сущность жесткопластической модели массива?
- 6) В чем сущность таких явлений как «первичное давление» и «установившееся давление»?

Тема 5 НДС вокруг горной выработки

- 1) Требования, предъявляемые к материалам обделок подземных сооружений?
- 2) Оптимальная форма выработки. Главное техническое противоречие горной геомеханики?
- 3) Как определить угол наклона главной площадки?
- 4) Реологические свойства – ползучесть горных пород.

5) Параметры сводов естественного равновесия.

6) Конструкции «якорей» землянных анкеров?

Тема 6 НДС вокруг выработки произвольной формы

- 1) Напряжения вокруг сферической выработки?
- 2) Закономерности разрушения пород на контуре от сжимающих напряжений.
- 3) Взаимодействие крепи с упругим массивом.
- 4) Релаксация горных пород.
- 5) В чем заключается деформационный критерий прочности?
- 6) Каков физический смысл диаграммы (уравнения) равновесных состояний?

Тема 7 Лабораторные и шахтные методы измерения напряжений

- 1) Как изменяется распределение напряжений вокруг выработки при образовании зоны пластических деформаций?
- 2) Напряжения вокруг эллиптической выработки и трещин?
- 3) Сколько независимых констант массива пород необходимо для расчетов с использованием упруго пластичных моделей?
- 4) Какова цель и необходимость измерения напряжений в массиве?
- 5) Опишите классификацию методов измерений напряжений?
- 6) Какие основы геофизических методов измерения напряжений, их достоинства и недостатки?

Тема 8 Паспорт устойчивости пород на контуре ГВ

- 1) Какие особенности напряженного состояния породного контура выработки?
- 2) Какова пластичность горных пород, паспорт прочности?
- 3) Какая методика построения эпюры напряжений на породном контуре?
- 4) Что представляет собой паспорт прочности горных пород?
- 5) Дайте понятие о расчете полярной диаграммы прочности на растяжение и сжатие?
- 6) Какие компоненты паспорта устойчивости, трактовка результатов по эпюре локального нормированного критерия разрушения (ЛНКР)?
- 7) Какова интенсивность разрушения пород?

Тема 9 Характер разрушения пород в горных выработках

- 1) Параметры вывалообразования в горных выработках.
- 2) Давление с боков выработки по проф. П.М. Цымбаревичуд.
- 3) Характер разрушения пород и угол наклона площадки разрушения.
- 4) Сущность инженерного метода расчета напряжений вокруг выработки произвольного очертания?
- 5) Способы обеспечения устойчивости бортов котлованов при строительстве подземных сооружений открытым способом?
- 6) Перечислите конструкции опорных поясов ограждающих конструкций.

Тема 10 Фундаментальные закономерности и классификация процессов разрушения пород в выработке

- 1) Перечислите закономерности разрушения пород в вертикальных стволах.
- 2) Взаимодействие крепи с зоной не упругих деформаций (идеально сыпучая и связная среда).
- 3) Теория прочности О. Мора. Линейные паспорта прочности.
- 4) Закономерности распределения напряжений вокруг горных выработок.
- 5) Проанализируйте изменения локального нормированного критерия разрушения (ЛНКР) по мере развития разрушения.
- 6) Какие условия остановки разрушения, завала выработки?

Тема 11 Управление устойчивостью горных выработок

- 1) Раскройте понятие «эксплуатационная устойчивость выработки».
- 2) В чем физическая сущность управления устойчивостью горной выработки?
- 3) Перечислите признаки способов и средств управления устойчивостью выработок?
- 4) Какие способы управления напряженным состоянием и прочностью горных пород?
- 5) Перечислите методы моделирования ПГД.
- 6) Каковы параметры способов и средств управления горным давлением?

Тема 12 Шахтные инструментальные наблюдения

- 1) Что такое теория прочности ДонДТУ?
- 2) Опишите оптико-поляризационный метод определения напряжений?
- 3) Перечислите способы управления устойчивостью выработок?
- 4) Дайте прогноз горного давления по методу ДонУГИ?
- 5) Классификация шахтных наблюдений?
- 6) Что такое конвергенция пород?

Тема 13 Геомеханические основы взаимодействия крепи с массивом горных пород

- 1) Основные режимы работы и геомеханические параметры крепи.
- 2) Дайте понятие отпора, реакции, податливости, деформационно-силовая характеристика (ДСХ) крепи?
- 3) Какие режимы работы крепи: податливый, жесткий, возрастающего сопротивления.?
- 4) Что такое модуль жесткости конструкции?

- 5) Какова минимальная несущая способность крепи?
- 6) Какие закономерности распределения напряжений и формирования нагрузок на крепь?

Тема 14 Методы прогнозирования горного давления

- 1) Как рассчитать минимально допустимого отпора крепи?
- 2) Каков метод прогноза ПГД?
- 3) Какие основные причины пучения пород?
- 4) Статистика пучения в выработках?
- 5) Какие способы борьбы с пучением, разработки ДГМИ?
- 6) Какое горное давление в вертикальных стволах в наклонных выработках?

Тема 15 Горное давление при ведении очистных работ

- 1) Какое горное давление в вертикальных стволах в наклонных выработках?
- 2) Расчетная схема горного давления после осадки основной кровли.
- 3) Определите зону раздавленного угля, шаг осадки кровли.
- 4) Определение нагрузки на крепь ствола от подземных вод.
- 5) Какой интегральный параметр поведения кровли в лаве?
- 6) Как рассчитать напряжение в зоне опорного давления?

Тема 16 Итоговое занятие

- 1) Какие породы обладают наибольшей устойчивостью?
- 2) Как решить техническое противоречие горной геомеханики?
- 3) В чем суть эмпирического конструирования?
- 4) Смоделируйте систему «крепь-массив».
- 5) Что представляет собой функция цепи и функции ограничений?
- 6) Перечислите основные направления развития науки о проявлениях горного давления, нерешенные проблемы геомеханики.

6.4 Вопросы для подготовки к экзамену

- 1) Называть задачи механики подземных сооружений? Привести примеры?
- 2) Называть объекты исследования МПС.
- 3) Как определить упругие свойства пород?
- 4) Называть обобщенный закон Гука.
- 5) Что такое анизотропия, неоднородность? Привести примеры.
- 6) Какое напряжение на наклонной площадке?
- 7) Что такое главная площадка? Ее угол наклона.
- 8) Как определить напряжения по кругу диаграммы Мора?
- 9) Называть круги сжатия, растяжения, сдвига на диаграмме Мора.
- 10) Дать определение уравнения равновесия теории упругости.
- 11) Дать определение ползучести, релаксации.
- 12) Дать определение пластичности.
- 13) Опишите структурные модели Максвелла, Кельвина, Пойтинга-

Томсона?

- 14) Опишите характер разрушения пород? Привести примеры?
- 15) Дать определение углу наклона площадки разрушения?
- 16) Дать определение теории прочности Кулона – Мора?
- 17) Описать новая теорию прочности ДГМИ? Реальный паспорт прочности?
- 19) Дать определение полярной диаграмме прочности?
- 20) Дать определение длительной прочности горных пород?
- 21) Дать определение прочности горных пород в массиве?
- 22) Каков порядок проведения испытания пород на одноосное сжатие?
- 23) Каков порядок проведения испытания пород на одноосное растяжение?
- 24) Каков порядок проведения испытания комплексные и экспресс-методы испытания пород?
- 25) НДС массива по гипотезе Гейма (гидростатическое).
- 26) НДС массива по гипотезе акад. Динника (упругое).
- 27) НДС идеально сыпучего массива.
- 28) НДС идеально связного массива.
- 29) Каково влияние слоистости на НДС массива.
- 30) Каково влияние пликативных и разрывных структур на НДС массива?
- 31) Каково влияние рельефа местности на НДС массива?
- 32) Какая концентрация напряжений вокруг круглой выработки?
- 33) Какие упругие перемещения контура круглой выработки?
- 34) Какая концентрация напряжений вокруг сферической выработки?
- 35) Какая закономерность распределения напряжений вокруг выработки?
- 36) Указать влияние НДС массива (λ) на концентрацию напряжений.
- 37) Какое напряжение вокруг эллиптической выработки?
- 38) Какое напряжение вокруг трещин в массиве?
- 39) Какая оптимальная форма выработки?
- 40) Какое главное техническое противоречие горной геомеханики?
- 42) В чем сущность инженерного метода ДГМИ расчета напряжений?
- 43) Что такое приведенная кривизна контура, параметры эллипса сравнения?
- 44) Перечислить закономерности изменения концентрации напряжений.
- 45) В чем сущность и основной закон фото упругости?
- 46) Опишите схему поляризационно-оптической установки.
- 47) Опишите метод фотоупругих покрытий в шахтных условиях?
- 48) Перечислите методы измерения НДС массива.
- 49) В чем сущность метода разгрузки при измерении НДС массива?
- 50) Как построить эпюры напряжений на контуре ГВ?
- 51) Как построить эпюры прочности на контуре ГВ?
- 52) В чем сущность паспорта устойчивости, его ЛНКР?
- 53) Охарактеризуйте разрушение пород по логарифмическим спиральям?

- 54) Перечислите параметры призматических вывалов?
- 55) Опишите механизм разрушения пород трещинами отрыва?
- 56) Своды естественного равновесия, их параметры?
- 57) Условия и сущность разрушения стенок стволов коническим сколом?
- 58) Охарактеризуйте разрушение контура по винтовым (геликоидным) трещинам?
- 59) Опишите алгоритм разрушения пород контура отрывом (I-ФЗ)?
- 60) Опишите алгоритм разрушения пород контура сдвигом (II-ФЗ)?
- 61) Какой главный классификационный признак ПГД в выработке?
- 62) Опишите вторичные классификационные признаки ПГД?
- 63) Опишите сущность новой классификации ПГД в выработках?
- 64) Охарактеризуйте I и II классы ПГД в выработке?
- 65) Охарактеризуйте III и IУ классы ПГД в выработке?
- 66) Охарактеризуйте У и У1 классы ПГД в выработке?
- 67) Классификация способов управления ПГД?
- 68) В чем сущность способов управления прочностью пород? Привести примеры?
- 69) В чем сущность способов управления НДС пород. Привести примеры?
- 70) Комплексные способы управления устойчивостью ГВ?
- 71) Шахтные измерения смещений пород в выработку?
- 72) Перечислить способы и приборы для измерения нагрузок на крепь?
- 73) Описать устройство глубинного репера? Графики смещений пород?
- 74) Дать деформационно-силовую характеристику податливой крепи?
- 75) Дать деформационно-силовую характеристику жесткой крепи?
- 76) Какая степень жесткости и работоспособность крепи?
- 77) Как происходит взаимодействие крепи с упругим массивом?
- 78) Своды в выработке по теории Кеттера?
- 79) опишите сводообразование в стволах?
- 80) Какое давление с боков выработки?
- 81) Задача Р. Феннера и А. Лабасса об образовании ЗНД?
- 82) Задача о ЗНД в ид.-пластичных и хрупких породах?
- 83) Смещения контура вокруг выработки по ДонУГИ?
- 84) Какая нагрузка на жесткую крепь по ДонУГИ?
- 85) Понятие о минимальном отпоре крепи по ДГМИ?
- 86) Развитие смещений контура во времени по ДонУГИ?
- 87) Моделирование горного давления методом эквивалентных материалов?
- 88) Какие причины и прогноз пучения почвы?
- 89) Классификация СН и П горного давления в стволах?
- 90) Классификация СН и П горного давления в горизонтальных выработках?
- 91) Прогноз смещений пород в выработку по СН и П?
- 92) Дать определение нагрузки на крепь по СН и П в стволах?
- 93) Дать определение нагрузки на крепь по СН и П в горизонтальных выработках?
- 94) Закономерности проявлений горного давления на малых глубинах?

- 95) Закономерности ПГД на больших глубинах?
- 96) Перечислить основные направления развития теории ПГД?

6.5 Примерная тематика курсовых работ

Курсовая работа не предусмотрена.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Протосеня, А.Г. Механика подземных сооружений / учеб. пособие/ А.Г. Протосеня, М.А. Карасев. – СПб.: Горн. ун-т, 2021.-113 с. : ил. – Библиогр.: с. 111 (14 назв.). – ISBN 978-5-94211-648-4: 39 р. – <https://search.rsl.ru/ru/record/01005106532?ysclid=> — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

2. Зерцалов, М.Г. Введение в механику подземных сооружений [Электронный ресурс]: Уч. пособие/ Зерцалов М.Г., Никишкин М.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: МГСУ, ЭБС АСВ, 2022. — 116 с.— <https://e-univers.ru/upload/iblock>— (дата обращения: 14.06.2024).

Дополнительная литература:

1. Литвинский, Г.Г. Основы горной геомеханики. Том 1 Механические свойства горных пород и массивов. - Учебник./ Г.Г. Литвинский — Алчевск: ДонГТУ, 2018. — 312 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

2. Баклашов, И.В., Картозия, Б.А. Механика подземных сооружений и конструкции крепей.[Учеб. для вузов по спец. «Строительство подзем. сооружений и шахт»] / И. В. Баклашов, БА. Картозия. - М. : Студент, 2012. - 543с. — https://vtome.ru/knigi/nauka_ucheba/197930-mehanika-podzemnyh-sooruzheniy-i-konstrukcii-krepey.html — —. (дата обращения: 14.06.2024).

Учебно-методическое обеспечение

1 Методические указания к изучению курса «Механика подземных сооружений» — Устойчивость породных обнажений горных выработок Модуль 3 (для студентов горных специальностей) Г.Г. Литвинский. — Алчевск, ДонГТУ, 2013 – 40 —

http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red — Режим доступа: для авториз. пользователей. — Текст : электронный.

2. Литвинский, Г.Г. Программа и методические указания по изучению дисциплины «Механика подземных сооружений», Алчевск: ДонГТУ, 2000. – 28 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — 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. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — <https://www.gosnadzor.ru/>. — 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 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположе ние)учебных кабине тов
Специальные помещения: Компьютерный класс. <i>(14 посадочных мест)</i>, оборудованная специализированной (учебной) мебелью (стул – 14 шт., стол компьютерный – 1 шт). Маркерная доска. Intel Celeron 1,6 – 14 шт. Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы: <i>Мультимедийная лекционная аудитория (48 посадочных мест)</i>, оборудованная специализированной (учебной) мебелью (скамья учебная – 48 шт., стол компьютерный – 1 шт. Персональный компьютер. Проектор ASER X1140. Экран. Макет оборудования проходки вертикального ствола. Макет щитового комплекса для скоростной проходки вертикального ствола. Макет сопряжения вертикального ствола с рабочим горизонтом. Макет камеры загрузочных устройств скипового подъема. Макет укосного копра. Макет технологии проходки шахтного ствола комплекса АС-6 <i>Специализированная лекционная аудитория (40 посадочных мест)</i>. оборудованная специализированной (учебной) мебелью (скамья учебная– 15 шт., стол компьютерный – 1 шт., доска аудиторная–1 шт.). Учебные стенды. Установка малой проекционной техники. Макет «Проходка штока с подрывкой почвы с применением машины ППМ-2 и металлической крепью спецпрофиля». Макет «Механизация натяжения стяжки». Макет «Четырехстоечный копер». Макет «Проходка штока». Макет «Проходка штока с использованием породопогрузочной машины». Макет «Шахтный копер». Макет «Проходка устья ствола». Макет «Углубка ствола». Подставка. Экран <i>Учебно-исследовательская лаборатория горного давления (16 посадочных мест)</i>.), оборудованная специализированной (учебной) мебелью (стул – 16 шт., доска аудиторная–1 шт.). Гидравлический пресс МС-1000. Пресс БП-2, БП-3, БП-14 Портативный прибор экспресс испытаний ППЭИ-4. Конус Абрамса. Реометрическая установка ПЭВМ. Ванна с гидравлическим затвором. Анализатор (Вибростол). Форма для изготовления балок. Встряхивающий столик. Компрессионный установка КПП-1. Измеритель деформаций. Бачки для пропарки цементных образцов. Взрывная машина. Воронка ЛОВ Конус строинцил. Набор сит. Наглядное пособие «Податливые узлы». Прибор определения прочности пород. Противень для приготовления бетонных образцов. Рамка под пресс. Технические весы. Тиски слесарные. Верстак металлический. Доска классная. Прибор ВИКА. Пресс универсальный. Стенд для испытания арочной крепи	ауд. <u>419</u> корп. <u>шестой</u> ауд. <u>401</u> корп. <u>шестой</u> ауд. <u>402</u> корп. <u>шестой</u> ауд. <u>119</u> корп. <u>шестой</u>

Лист согласования РПП

Разработал профессор кафедры
геотехнологий и безопасности
производств

(должность)

(подпись)

Г.Г.Литвинский
(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

(должность)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Заведующий кафедрой
геотехнологий и безопасности
производств

О.Л. Кизияров
(Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
геотехнологий и
безопасности производств

от 27.08.2024 г.

Декан факультета горно-металлургической
промышленности и строительства

(подпись)

О.В. Князьков
(Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
21.05.04 Горное дело

(подпись)

О.В.Князьков
(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	