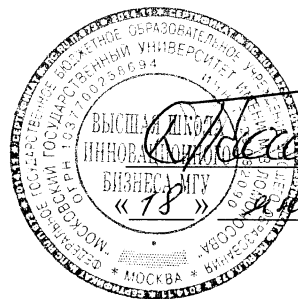


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ИННОВАЦИОННОГО БИЗНЕСА МГУ**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
проф. Кошуг Д.Г.  
18 января 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины (модуля):**

*Механика грунтов*

**Уровень высшего образования:**

*магистратура*

**Направление подготовки (специальность):**

*05.04.01. «Геология»*

**Направленность (профиль) ОПОП:**

*Магистерская программа «Инженерно-геологические изыскания для  
инфраструктурных комплексов в нефтегазодобывающих регионах»*

**Форма обучения:**

*очная*

Рабочая программа  
рассмотрена и одобрена на Административном Совете  
(протокол № 2 от «18» 01 2024 г.)

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.01. «Геология».

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 28 декабря 2020 года (протокол №7).

Годы приема на обучение – 2024, 2025.

© Высшая школа инновационного бизнеса МГУ имени М.В. Ломоносова  
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.



## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - теоретическое освоение методологических основ подхода к исследованию геомеханических процессов в массивах грунтов, методов их моделирования и расчета.

В задачи дисциплины входит освоение способов расчета природного напряженно-деформированного состояния массива грунтов, деформируемости и устойчивости оснований зданий и сооружений, устойчивости склонов и откосов, подпорных стенок и подземных сооружений, как при статических, так и при динамических и периодических воздействиях, применительно к различным типам грунтов. Знание механики грунтов необходимо будущим специалистам для понимания механических процессов в геологической среде, протекающих под воздействием техногенных и природных факторов, постановки и интерпретации результатов специальных полевых и лабораторных работ применительно к решению задач проектирования и строительства инженерных сооружений.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО - дисциплина относится к вариативной части ОПОП ВО, курс 1, семестр 1.

## 3. Входные требования для освоения дисциплины (модуля):

Освоение дисциплины базируется на знаниях, полученных при изучении естественнонаучного цикла в период обучения в бакалавриате.

## 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ПК-1	М.ПК-1. И-2. Самостоятельно проводит научные исследования с помощью современного оборудования. М.ПК-1. И-3. Обрабатывает полученные результаты, формулирует выводы и рекомендации по использованию полученных результатов.	Уметь <ul style="list-style-type: none"><li>использовать количественные и качественные методы для проведения прикладных исследований и управления бизнес-процессами, готовить аналитические материалы по результатам их применения</li></ul>
ПК-2	М.ПК-2. И-1. Знает теоретические основы и методологию моделирования природных и природно-техногенных систем.	Знать <ul style="list-style-type: none"><li>принципы геомеханической схематизации грунтовых массивов,</li><li>величины, характеризующие напряженное состояние тел,</li></ul>

		<p>распределение напряжений в верхних горизонтах Земной коры,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• реологические модели грунтов, распределение напряжений в грунтовом массиве от внешней силы, приложенной к его поверхности,</li> <li>• виды деформаций грунтового массива,</li> <li>• теории прочности грунтов,</li> <li>• методы оценки устойчивости склонов и откосов, волновые процессы в грунтах при динамических воздействиях,</li> </ul>
ПК-3	М.ПК-3.И-1. Имеет практические навыки эксплуатации современного лабораторного оборудования	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проводить схематизацию природных условий, определять напряженное состояние грунтового массива,</li> <li>• рассчитывать перераспределение напряжений в грунтовом массиве под влиянием внешних нагрузок и определять его деформацию,</li> <li>• оценивать прочность грунтового массива,</li> <li>• рассчитывать устойчивость природных склонов и откосов, давления грунтов на ограждения и подземные сооружения и деформации грунтов при динамических воздействиях.</li> </ul>
МПК-2	МПК 2.1. Умеет использовать профильно-специализированные знания в области инженерной геологии, геофизики, экологической геологии для решения научных и практических задач при выборе и обосновании комплексных исследований	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками проведения лабораторных исследований свойств грунтов,</li> <li>• приемами первичной обработки материалов лабораторных работ,</li> <li>• навыками составления расчётных схем и разнообразными методами</li> </ul>

		<p>расчёта распределения напряжений, как в природном грунтовом массиве, так и в результате его нагружения,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами расчёта осадок нагруженного по разным схемам грунтового массива и оценки его устойчивости,</li> <li>• методами оценки устойчивости склонов и откосов, подпорных стенок и пород над подземными полостями.</li> </ul>
--	--	--

5. **ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)** составляет 2 з.е., в том числе 36 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (14 часов - лекций, 14 часов – семинарские занятия), 4 часа групповых консультаций, 4 часов промежуточная аттестация, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

6. **ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ** очный, лекционные и семинарские занятия.

7. **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего			Всего
Введение.	2	1	1		2				4
Тема 1. Элементарные реологические модели	8	1	1		6			Подготовка и выполнение лабораторных работ	4
Тема 2. Напряженное состояние природного массива. Распределение напряжений в грунтовом массиве от внешней силы, приложенной к его поверхности	10	2	2		6			Подготовка и выполнение лабораторных работ	4
Тема 3. Деформации грунтового массива. Прочность грунтового массива под нагрузкой. Теории прочности грунтов	10	2	2		6			Подготовка и выполнение лабораторных работ	4

Тема 4. Расчет осадок на структурнонеустойчивых грунтах. Теория фильтрационной консолидации	10	2	2		6			Подготовка и выполнение лабораторных работ	4
Тема 5. Устойчивость склонов и откосов. Давление грунтов на ограждения и подземные сооружения	10	2	2		6			Подготовка и выполнение лабораторных работ	4
Тема 6. Элементы динамики грунтов	14	4	4		6			Контрольная работа	4
Консультации	4						4		4
Промежуточная аттестация	4				4	экзамен			
Итого	72	14	14		40				

## Содержание разделов дисциплины:

### *Темы и краткое содержание курса*

Основные задачи курса. Понятия и определения: грунты, механика грунтов, геомеханика, основания, фундаменты. Особенности работы грунтов в основаниях различных сооружений. Примеры аварий зданий и сооружений. Связь геомеханики с другими науками, проектированием и строительством. Краткий исторический обзор развития механики грунтов. Роль отечественных и зарубежных ученых в развитии механики грунтов. Прогноз в механике грунтов. Принципы геомеханической схематизации.

Основные модели грунтов: грунт как сплошная и дискретная среда. Границы применимости расчетных моделей. Грунт-образец; грунт-массив. Внешние силы: статические, динамические, периодические. Интенсивность внешних сил, сосредоточенные и распределенные силы. Основные представления о напряженном состоянии тел. Понятие о напряжениях. Напряжение в точке. Нормальные и касательные напряжения. Шаровой и девиаторный тензоры напряжений. Деформации сжатия-растяжения, сдвига, объемные. Тензор деформаций. Уравнение совместности деформаций. Однородное и неоднородное напряженное состояние. Виды напряженного состояния: одноосное растяжение и сжатие, трехосное сжатие, компрессия, простой сдвиг, чистый сдвиг. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Экстремальные значения компонент напряжений. Анализ напряженного состояния с помощью эллипса (эллипсоида) и круга напряжений. Эффективное и нейтральное напряжения.

Элементарные реологические модели. Фундаментальные реологические свойства: упругость, пластичность, вязкость. Общая зависимость между деформациями и напряжениями; принцип линейной деформируемости. Основные реологические модели грунтов: элементарные и сложные. Модели Гука, Сен-Венана и Ньютона. Упруго-вязкие реологические модели. Релаксация и ползучесть. Упруго-вязко-пластические модели. Зависимость между напряжениями, деформациями и временем; уравнения состояния.

Напряженное состояние природного массива. Распределение напряжений в верхних горизонтах земной коры от собственного веса. Влияние тектонических сил. Влияние на распределение напряжений неровностей рельефа. Расчет напряжений от собственного веса грунтового массива с учетом гидростатических и гидродинамических сил. Влияние на распределение напряжений капиллярной каймы. Распределение напряжений в грунтовом массиве от внешней силы, приложенной к его поверхности. Классические задачи механики сплошной среды. Распределение напряжений в грунте в случае пространственной задачи (действие сосредоточенной и местной равномерно распределенной нагрузки). Метод угловых точек. Распределение напряжений в случае плоской задачи (действие равномерно распределенной нагрузки); напряжения в грунте при полосообразной нагрузке. Действие треугольной нагрузки. Распределение давлений по подошве сооружений; влияние неоднородности и анизотропии на распределение напряжений в грунтах; распределение сжимающих напряжений в слое грунта ограниченной толщины.

Зависимость между интенсивностью напряжения и интенсивностью деформаций. Потенциальная энергия деформаций. Деформации грунтового массива. Фазы напряженно-деформированного состояния в грунте при непрерывном возрастании нагрузки на штамп: фаза уплотнения, фаза локальных сдвигов, фаза выпора. Виды и причины деформаций. Обобщенный закон Гука.

Показатели деформационных свойств грунтов: модуль упругости; модуль общей деформации, модуль сдвига, модуль объемной деформации, модуль всестороннего сжатия, коэффициент Пуассона. Соотношения между упругими постоянными. Методы определения показателей деформационных свойств грунтов. Закон уплотнения.

Компрессионная деформация. Расчет конечной осадки при сплошной равномерной нагрузке, распределенной по неограниченной площади. Принцип гидроемкости. Деформация сжимаемого слоя конечной толщины. Определение осадки жесткого штампа с помощью анализа размерностей. Метод послойного суммирования. Вертикальное перемещение от действия сосредоточенной силы. Расчет перемещения полупространства от действия нагрузки равномерно распределенной по прямоугольнику и кругу. Особенности расчета осадок на структурно-неустойчивых грунтах: при просадке, набухании, усадке, выщелачивании грунтов и т.д. Объемная и сдвиговая деформируемость грунтов во времени. Первичная и вторичная консолидация. Предпосылки теории фильтрационной консолидации. Одномерная задача теории фильтрационной консолидации. Степень консолидации.

Прочность грунтового массива под нагрузкой Критические нагрузки на грунт основания: начальная критическая нагрузка, предельная нагрузка, нормативная нагрузка. Стадии деформирования. Ползучесть грунтов: неустановившиеся, установившиеся, затухающая, прогрессирующая. Параметры ползучести. Теории прочности грунтов. Основные виды разрушения грунтов: сдвиг и разрыв. Закон Кулона. Теория хрупкого разрыва. Методы определения прочности грунтов. Длительная и кратковременная прочность. Уравнения предельного равновесия для сыпучих и связных грунтов. Определение начального критического давления. Определение предельной нагрузки. Устойчивость склонов и откосов Распределение напряжений в откосе. Методы оценки устойчивости массива грунтов, слагающих склоны или откосы. Устойчивость вертикального уступа. Устойчивость склонов, сложенных сухими и водонасыщенными песчаными грунтами. Метод круглоцилиндрических поверхностей смещения. Метод плоских поверхностей смещения. Расчет устойчивости прислоненных откосов. Влияние воды на устойчивость склонов и откосов. Учет сейсмического воздействия при расчете устойчивости склонов. Кратковременная и длительная устойчивость откосов. Учет ползучести грунтов.

Давление грунтов на ограждения и подземные сооружения Активное давление и пассивное сопротивление грунта. Влияние сцепления на величину давления грунта на подпорную стенку. Распределение напряжений вокруг горных выработок. Коэффициент бокового давления. Свод обрушения. Арочный эффект. Желоб оседания. Расчет деформаций грунтового массива при откачке воды и при приливных воздействиях. Элементы динамики грунтов Основные сведения о динамических воздействиях на грунт. Периодические и непериодические нагрузки, ударные и взрывные воздействия. Волновые процессы в грунтах при динамических воздействиях. Изменения свойств грунтов при динамических воздействиях: уменьшение сопротивления сдвигу, виброуплотнение.

Расчет деформаций грунтов при динамических воздействиях. Разжижение песков при динамических воздействиях. Явления, происходящие при взрыве в грунтах. Взрывные волны. Сейсмический эффект взрыва. Закономерности внедрения инденторов разной формы в грунт. Физические явления при погружении и забивке свай (зондов). Теория работы свай-стоек и свай трения. Методы определения несущей способности свай. Работа анкеров в грунтовом массиве. Негативное трение

#### ***Примерная тематика лабораторных занятий***

1. Определение параметров прочности грунта при испытании на кольцевой сдвиг.
2. Определение прочности грунтов на разрыв.
3. Определение параметров прочности глинистых грунтов методом вдавливания шарового штампа.
4. Определение модуля упругости и коэффициента Пуассона динамическим методом.
5. Изучение деформирования образца при внецентренном сжатии.

6. . Определение параметров прочности грунтов при испытании на трехосное сжатие.
7. Угол естественного откоса песчаных грунтов.
8. Определение деформационных свойств скальных грунтов при статическом одноосном сжатии.
9. Определение прочности грунтов при сложном напряженном состоянии.
10. Напряженно-деформированное состояние полупространства под местной нагрузкой.
11. . Расчёт оснований по деформациям.
12. Расчёт оснований по несущей способности.

#### ***Примерная тематика и заданий для самостоятельной работы***

1. Теплофизические и механические свойства мерзлых горных пород.

**8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ (ФОС)** для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

#### ***8.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.***

Лекционный материал подается в современной визуализированной форме. Лабораторные занятия и самостоятельная работа студентов предполагает использование пакетов компьютерных программ, освоенных в предшествующих курсах.

#### ***8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.***

1. Основные модели грунтов.
2. Как определяется напряженное состояние в точке?
3. Графическое отображение напряженного состояния в точке.
4. Виды деформаций. Закон Гука.
5. Плоская деформация и плоское напряженное состояние.
6. Эффективные и нейтральные напряжения.
7. Фундаментальные реологические свойства.
8. . Основные реологические модели грунтов.
9. . Напряженное состояние природного массива.
10. Классические задачи механики сплошной среды.
11. Компрессионная деформация. Закон уплотнения.
12. Теория фильтрационной консолидации.
13. Показатели деформационных свойств грунтов и методы их определения.
14. Критические нагрузки на грунт основания и стадии деформирования.
15. Теории прочности грунтов. Закон Кулона.
16. Определение начального критического давления и предельной нагрузки.
17. Прочностные свойства грунтов и методы их определения.
18. Методы оценки устойчивости склонов и откосов.
19. Активное давление и пассивное сопротивление грунта.
20. Расчет деформаций грунтов при динамических воздействиях. Разжижение песков.

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)</b>				
<b>Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств</b>	2	3	4	5
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устные и письменные опросы и контрольные работы, тесты, и т.п.)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: выполнение и защита курсовой работы, отчет по практике, отчет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

**Примерный перечень вопросов к итоговой аттестации по курсу**

1. Место механики грунтов в системе наук, её задачи и история развития.
2. Модели зернистой и сплошной среды. Понятие о напряжениях, деформациях и перемещениях.
3. Напряженное состояние в точке. Деформации сжатия-растяжения и сдвига.
4. Зависимость напряжения в точке от наклона площадки.
5. Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Напряженное состояние в точке в случае плоской деформации.
6. Анализ плоского напряженного состояния с помощью круга Мора. Его свойства.

7. Экстремальные значения компонент напряжений. Максимальное и минимальное значения нормальных напряжений.
8. Экстремальные значения компонент напряжений. Максимальное касательное напряжение
9. Одноосное и трехосное сжатие, компрессионное сжатие и чистый сдвиг.
10. . Напряжения в водонасыщенном грунте. Эффективные и нейтральные напряжения.
11. Элементарные реологические модели. Упругость и пластичность.
12. Элементарные реологические модели. Вязкость. Упруго-вязкие реологические модели. Модель Максвелла.
13. . Упруго-вязкие реологические модели. Модель Кельвина.
14. Упруго-вязко-пластические реологические модели. Модель Бингама-Шведова.
15. Распределение напряжений в природном массиве грунта.
16. Влияние подземных вод на напряженное состояние грунта. Учет гидростатического действия воды.
17. Напряженное состояние массива грунта при фильтрации воды. Условие взвешивания грунта.
18. Поле напряжений в грунтовом полупространстве от действия сосредоточенной вертикальной силы. Задача Буссинеска.
19. Напряжения в массиве грунта, вызванные равномерно распределенной по площади нагрузкой. Метод угловых точек.
20. Задача Фламана. Распределение напряжений в массиве грунта под ленточным фундаментом.
21. Деформации грунтового массива. Начальная, нормативная и предельная критические нагрузки.
22. Обобщенный закон Гука. Связь между параметрами упругих свойств грунтов.
23. Компрессионная сжимаемость грунтов. Закон уплотнения.
24. Приближенный прогноза осадки фундамента.
25. Расчет осадки фундамента при компрессионном уплотнении грунта.
26. . Расчет осадки фундамента способом послойного суммирования.
27. Вертикальные перемещения от действия сосредоточенной силы, приложенной к границе полупространства (решение Буссинеска).
28. Перемещение полупространства от действия нагрузки, равномерно распределенной по кругу.
29. Прогноз величины деформаций массива просадочных грунтов, глинистых грунтов при набухании и усадке, суффозионная осадка.
30. . Зависимость осадки фундамента от времени действия постоянной нагрузки при разных ее значениях. Стадии деформирования. Ползучесть.
31. Основные предпосылки теории фильтрационной консолидации.
32. Одномерная задача фильтрационной консолидации.
33. Коэффициент консолидации. Определение промежуточной осадки.
34. . Прочность массива грунта. Основные задачи. Закон Кулона.
35. Уравнение предельного равновесия для сыпучих и связных грунтов.
36. Определение начального критического давления.

37. Предельная нагрузка на основание.
38. Коэффициент и дефицит устойчивости склонов и откосов.
39. Предельная высота вертикального уступа.
40. Устойчивость откоса, сложенного сухим сыпучим грунтом и при высачивании потока грунтовых вод.
41. Оценка высоты вертикального уступа с помощью анализа размерностей.
42. Условие равновесия грунтов, слагающих склон или откос, при круглоцилиндрической поверхности оползания.
43. Определение дефицита устойчивости и оползневого давления методом плоских поверхностей смещения.
44. Влияние подземных вод на устойчивость склонов и откосов.
45. Учет сейсмических воздействий при оценке устойчивости склонов и откосов.
46. Давление грунтов на ограждения. Активное и пассивное давления грунта на подпорную стенку.
47. Влияние сцепления на величину давления грунта на подпорную стенку.
48. Давление грунтов на подземные сооружения. Свод обрушения.
49. Показатели деформационных свойств грунтов и связь между ними.
50. . Лабораторные и полевые методы определения параметров деформационных свойств грунтов.
51. Лабораторные и полевые методы определения параметров прочности грунтов.
52. . Оседание поверхности при откачке.

## **9. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

### **9.1 Перечень основной литературы**

1. Дашко Р.Э. Механика горных пород. М.: Недра, 1987.
2. Зиянгиров Р.С., Роот П.Э., Филимонов С.Д. Практикум по механике грунтов. М.: МГУ, 1984.
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\* (с Изменениями N 1, 2). М.: Минстрой России, 2016. 220 с.
4. Троицкая М.Н. Пособие по лабораторным работам по механике грунтов. М.: МГУ, 1961.
5. Цытович Н.А. Механика грунтов (Краткий курс). Учебник. М.: Высшая школа, 1983..

### **9.2 Перечень дополнительной литературы**

6. Справочник "Основания и фундаменты". М.: Высшая школа, 1991.
7. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. М.: Ассоц. строит. вузов, 2005.
8. Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты М.: Изд-во АСВ, 1994.
9. Харр М.Е. Основы теоретической механики грунтов. М.: Изд-во литературы по строительству, 1971..

### **9.3 Перечень лицензионного программного обеспечения (при необходимости)**

Отсутствует

**9.4 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

отсутствует

**9.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)**

отсутствует

**9.6 Описание материально-технического обеспечения.**

Компьютер с доступом в Интернет, проекционное оборудование для презентаций, средства звуковоспроизведения, экран, лаборатория механики грунтов с подведенной водой, вытяжным шкафом и др.оборудованием.

**10. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ.** - русский

**11. ПРЕПОДАВАТЕЛЬ (ПРЕПОДАВАТЕЛИ).** – к.т.н., доцент геологического факультета МГУ, Мирный А.Ю.

**12. АВТОР (АВТОРЫ) ПРОГРАММЫ.** – к.т.н., доцент геологического факультета МГУ, Мирный А.Ю.