

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шахмухамедович

Должность: Ректор

Дата подписания: 21.12.2025 08:05:57

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М.Д. Миллионщикова



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«МЕХАНИКА ГРУНТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД»

Специальность

21.05.02. - «Прикладная геология»

Специализация

**«Поиски и разведка подземных вод и
инженерно-геологические изыскания»**

Квалификация выпускника

Горный инженер - геолог

Грозный - 2025

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Механика грунтов и горных пород» - сформировать у студента современное научное мировоззрение в области основных проблем и развивающихся направлений «Механика горных пород и грунтов» как науки количественного прогнозирования и оценки напряженно-деформируемого состояния толщ горных пород и грунтов, изменяющего под воздействием гравитационных сил, в том числе преобразования гидродинамических условий, тектонических сил и различных видов нагрузок от наземных и подземных сооружений, конечных деформаций сооружений и земной поверхности, а также устойчивости горных пород и грунтов, которые рассматриваются как основание, либо среда инженерных объектов.

Задача дисциплины «Механика грунтов и горных пород» достигается посредством решения связанных между собой теоретических и практических задач, в том числе изучение закономерностей распределения напряжений в горных породах при строительстве и эксплуатации сооружений различного назначения, расчета напряжений от собственного веса горных пород и грунтов, с учетом изменения гидро- и газодинамических условий, исследования и количественной оценки осадки сооружений в линейной и нелинейной стадиях при их проектировании по I и II предельным состояниям, расчета устойчивости горных пород и грунтов в основании сооружений, склонах и откосах, а также в подземных выработках.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Учебная дисциплина «Механика грунтов и горных пород» относится к дисциплинам, обязательным для изучения студентами и принадлежит к базовой (специализированной) части математического и естественнонаучного профессионального цикла. Данная дисциплина является предшествующей для: Геотектоника и геодинамика, Электротехника и электроника, Общая геохимия, Математика, Информационные технологии в геологии. Последующей для: Гидрогеохимия, Основы гидрогеологии, Основы инженерной геологии, Динамика подземных вод, Дешифрирование АФКМ.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способности изучать, критически оценивать научную и научно-техническую информацию отечественного и зарубежного опыта по тематике исследований геологического направления (ПК-13);
- способности проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований (ПК-15);

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- основные расчетные схемы по оценке устойчивости горных пород и грунтов как основания и среды сооружений; теоретические положения расчета составляющих напряжений в толще горных пород и грунтов от действия различных нагрузок и собственного веса горных пород;

уметь:

применять научные знания при проведении инженерных изысканий в процессе проектирования сооружений различного назначения, в том числе гражданских, промышленных, транспортных в сложных инженерно-геологических условиях;

владеть:

- методами расчета нормальных, касательных и полных напряжений на горизонтальных, вертикальных и наклонных элементарных площадках в плоской и пространственной задачах.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов зач./ед.		Семестры	
				7	7
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
Контактная работа (всего)		64/1,77	18/0,5	64/1,77	18/0,5
В том числе:					
Лекции		32/0,88	10/0,27	32/0,88	10/0,27
Лабораторные работы		32/0,88	8/0,22	32/0,88	8/0,22
Самостоятельная работа (всего)		80/2,22	126/3,5	80/2,22	126/3,5
Контрольная работа		-	36/1	-	36/1
Темы для отдельного изучения		36/1	48/1,33	36/1	48/1,33
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>					
Подготовка к лабораторным работам		24/0,6	18/0,5	24/0,6	18/0,5
Подготовка к зачету		20/0,55	26/0,72	20/0,55	26/0,72
Вид отчетности		зачет	зачет	зачет	зачет
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	144	144	144	144
	ВСЕГО в зач. единицах	4	4	4	4

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Часы лекционных занятий	Часы лабораторных занятий	Всего часов
7 семестр				
1	Введение в курс.	2	-	2
2	Фазы напряженно-деформированного состояния грунта.	2	2	4
3	Распределение напряжений в грунтовом массиве от действия внешних нагрузок.	2	4	6
4	Задача Фламана	2	2	4
5	Теория предельного напряженного состояния грунта.	2	2	4
6	Устойчивость грунтовых откосов	2	2	4
7	Модели грунтового основания.	2	2	4
8	Нестационарные модели грунтового основания.	2	2	4

5.2. Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Лекция 1. Введение в курс.	1.Содержание, цели и задачи курса 2. Краткий исторический обзор 3.Грунт как объект исследования и его свойства 4. Основные характеристики грунта, определяющие его свойства 5. Закон уплотнения Терцаги 5.1. Определение коэффициента бокового давления при осесимметричном компрессионном сжатии грунта. 5.2. Зависимость между осевой деформацией и вертикальным давлением при осесимметричном компрессионном сжатии. 5.3. Зависимость между осевой деформацией и изменением коэффициента пористости при осесимметричном компрессионном сжатии. 5.4. Закон уплотнения.
2	Лекция 2. Фазы напряженно-деформированного состояния	1. Фазы напряженно-деформированного состояния грунта 2. Закон прочности Кулона – Мора 3. Закон ламинарной фильтрации Дарси
3	Лекция 3. Распределение напряжений в грунтовом массиве от действия внешних нагрузок.	1.Решение задачи Буссинеска. 2. Напряжения в грунтовом массиве от действия группы сил. 3. Напряжения от нагрузки, распределенной по прямоугольнику. 4. Метод угловых точек.
4	Лекция 4. Задача Фламана.	1.Задача Фламана. 2. Закономерности распределения напряжений. Изобары, распоры, сдвиги. 3. Контактные напряжения. 4. Напряжения от собственного веса грунта. 5. Напряжения от собственного веса грунта.
5	Лекция 5. Теория предельного напряженного состояния грунта.	1. Предельное напряженное состояние грунта под полосовой нагрузкой. Задача Пузыревского. 2. Огибающие зон предельного равновесия. Предельное критическое давление. 3. Давление грунта на подпорные стены. 4. Устойчивость подпорных стен.
6	Лекция 6. Устойчивость грунтовых откосов.	1. Устойчивость откоса из идеально сыпучего грунта. 2. Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения. 3. Давление сыпучего грунта на подпорную стену произвольной конструкции. 4. Расчет устойчивости пристенного оползня.
7	Лекция 7. Модели грунтового основания. Методы расчета осадок.	1.Модели грунтового основания. 2.Одномерная задача компрессионного уплотнения. 3. Метод послойного суммирования. 4. Метод угловых точек. 5. Метод линейно деформируемого слоя.

		6. Определение крена фундамента.
8	Лекция 8. Нестационарные модели грунтового основания. Фильтрационная консолидация и ползучесть грунта.	1. Одномерная задача фильтрационной консолидации. 2. Влияние начального градиента на процесс уплотнения водонасыщенного грунта. 3. Другие задачи фильтрационной консолидации. 4. Границы фильтрационной консолидации. 5. Реологические модели грунтового основания. 6. Нелинейные модели грунтового основания.

5.3. Лабораторные занятия

Таблица 4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	Определение деформационных характеристик глинистого грунта по результатам компрессионных испытаний.	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы. Общие сведения. Испытания в компрессионном приборе ПЛЛ-9. Проведение испытаний
2	Определение деформационных характеристик песчаного грунта на приборах системы Гидропроект.	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы.
3	Определение прочностных характеристик глинистого грунта на приборах одноплоскостного среза ПЛЛ-9.	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы. Проведение испытаний
4	Определение прочностных характеристик песчаного грунта на приборах одноплоскостного среза системы «Гидропроект».	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы. Проведение испытаний. Методическая последовательность проведения испытаний. Обработка результатов испытаний.
5	Определение угла естественного откоса песчаного грунта.	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы. Порядок выполнения работы.

5.4. Практические (семинарские) занятия – не предусмотрены

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Основой изучения дисциплины «Механика горных пород и грунтов» является количественное прогнозирование устойчивости сооружений различного назначения при изменении напряженно-деформируемого состояния в толще горных пород и грунтов под действием собственного веса, изменения гидродинамической ситуации, тектонических напряжений, а также нагрузок, создаваемых инженерными объектами, проходкой подземных выработок, откачкой подземных вод, нефти, газа, что вызывает развитие опасных деформаций, приводящих к возникновению аварийных и предаварийных ситуаций.

1. Метод определения характеристик физико-механических свойств грунтов устанавливают в программе испытаний в зависимости от стадии проектирования, грунтовых условий, вида и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений.
2. Область применения методов полевых испытаний грунтов в зависимости от вида грунта приведена в приложении А.
3. Полевые испытания проводят непосредственно на поверхности грунта, в массиве грунта или в опытных горных выработках (котлованах, шурфах, дудках или буровых скважинах).
4. Площадка, выбранная для проведения испытаний грунтов или заложения горной выработки, должна быть спланирована и о контурена водоотводной канавой. Размеры площадки

устанавливают из условий размещения выработки и установки для испытаний грунта.

5. Точки проведения испытаний или опытные горные выработки закрепляют временными знаками с использованием геодезических методов. Планово-высотная привязка этих точек должна контролироваться после проведения испытания.

6. Испытания просадочных грунтов, проводимые с замачиванием, следует выполнять на специально отводимой опытной площадке.

7. Способы проходки выработок для испытаний должны обеспечивать сохранение ненарушенного сложения грунта и его природной влажности.

При бурении скважины для испытания грунта ниже уровня подземных вод не допускается его понижение в скважине.

При испытании мерзлого грунта забой выработки зачищают до ненарушенного мерзлого грунта.

8. В процессе проходки выработок следует вести документацию литологического строения, а в мерзлых грунтах - и криогенного строения толщи грунтов.

9. Места проведения испытаний должны быть защищены от проникновения поверхностных вод и атмосферных осадков, а в зимнее время - от промерзания.

Приборы и оборудование должны быть защищены от непосредственного воздействия солнечных лучей, сильного ветра и атмосферных осадков.

10. При режимных наблюдениях на опытных площадках необходимо не нарушать растительный и снежный покровы около горной выработки и на площадке в целом.

11. После проведения испытаний горную выработку, пройденную в процессе испытания и не переданную заказчику для продолжения стационарных наблюдений, надлежит затампонировать грунтом и при необходимости закрепить с соответствующей маркировкой (номер выработки, организация и т.п.).

Площадку испытания следует очистить от мусора и восстановить почвенно-растительный слой в местах, где он был нарушен в результате испытаний грунта.

12. За результат испытаний принимают среднеарифметическое значение параллельных определений, предусмотренных для соответствующего метода.

13. Погрешность измерений при испытаниях не должна превышать:

0,1 мм -- при измерении деформаций грунта и отказов свай;

5 % -- при измерении прикладываемой нагрузки от ступени нагрузки;

0,1 °C -- при измерении температуры грунта.

14. При обработке результатов испытаний модуль деформации грунта вычисляют с точностью 1 МПа при E более 10 МПа; 0,5 МПа -- при E от 2 до 10 МПа; 0,1 МПа -- при E менее 2 МПа; начальное просадочное давление -- 0,1 МПа; относительную просадочность -- 0,001; сопротивление грунта срезу -- 0,01 МПа; угол внутреннего трения -- 1°; удельное сцепление -- 0,01 МПа.

15. Статистическую обработку результатов определений характеристик физико-механических свойств грунтов, используемых при проектировании оснований и фундаментов зданий и сооружений, производят по ГОСТ 20522.

16. Результаты полевых испытаний грунта заносят в журналы испытаний, содержащие данные о месте проведения испытаний и схему расположения точек испытаний или опытных горных выработок, описание грунта и другие необходимые характеристики грунта.

Образец теста

№ темы	№ вопроса	Наименование вопроса
Тема 1	Вопрос 1.1	Как изменится объемная деформация полностью водонасыщенного грунта при отсутствии дренирования в условиях компрессионного сжатия, если давление увеличится в 10 раз.
	Вопрос 1.2	Число пластичности грунта 0,16, показатель текучести 0,5, влажность на границе пластичности 12 %. Определить степень влажности грунта, если удельный вес воды 10 кН/м ³ , удельный вес частиц грунта 27 кН/м ³ , удельный вес сухого грунта 16,2 кН/м ³
	Вопрос 1.3	Влажность грунта 20 %. Удельный вес грунта 18 кН/м ³ .

		Определить вес воды, содержащейся в 5 м ³ грунта.
	Вопрос 2.1	Плотность частиц грунта 2700 кг/м ³ , плотность сухого грунта 1350 кг/м ³ . При нагружении грунта вкомпрессионном приборе давлением 200 кПа начальный коэффициент пористости уменьшился на 10 %. Определитьмодуль деформации грунта при $v=0,4$.
	Вопрос 2.2	Образец грунта испытывается в стабилометре. Прочностные характеристики грунта: $c=50$ кПа; $\phi=16^\circ$. Соотношение большего главного напряжения к меньшему составляет 3,0.Определить σ_1 , соответствующее разрушению образца.
	Вопрос 2.3	Образец грунта испытывается в стабилометре при постоянном соотношении главных напряжений. Прочностные характеристики грунта: $c=50$ кПа; $\phi=16^\circ$.Определить минимальное соотношение большего главного напряжения к меньшему главному напряжению, при котором образец грунта будет разрушен в процессе нагружения.
Тема 3	Вопрос 3.1	Чему равно нормальное напряжение в точке приложения вертикальной силы к поверхности упругого полупространства.
	Вопрос 3.2	Давление на основание в центре абсолютно жесткого круглого штампа диаметром 1 м составляет 100 кПа. Определить нагрузку на штамп (кН), создающую указанное давление.
	Вопрос 3.3	Абсолютно жесткий круглый штамп и абсолютно жесткая полоса передают на основание одинаковые средние давления. Определить, как соотносятся давления в центреуказанных штампов.
Тема 4	Вопрос 4.1	Устойчивая высота стенки траншеи, отрытой в связномгрунте, составляет 4 м 28 см. Определить допустимую нагрузку (кПа) на бровку траншеи глубиной 2 м 28 см при условии, что удельный вес грунта $\gamma=18$ кН/м ³
	Вопрос 4.2	Подпорная стена со стороны удерживающего массива грунта ($\gamma=18$ кН/м ³) заглублена на 3 м. Прочностные характеристики грунта $c=20$ кПа; $\phi=22^\circ$. Определить величину силы предельного сопротивления грунта, удерживающего подпорную стену.
	Вопрос 4.3	Массив сложен грунтом ($\gamma=15$ кН/м ³) с нулевыми значениями прочностных характеристик и удерживается подпорной стеной. Определить активное и пассивное давление грунта на глубине 2 м.
Тема 5	Вопрос 5.1	При нагружении основания штампом при среднем давлении 100 кПа получены следующие результаты: восстанавливающаяся часть осадки 3 мм; осадка после полной разгрузки 7 мм. Определить полную осадку штампа при среднем давлении 200 кПа, если соблюдается принцип линейной деформируемости основания.
	Вопрос 5.2	Однородный слой грунта толщиной 1 м испытывает однородное сжатие от планировки подсыпкой давлением 100 кПа. Коэффициент пористости грунта 0,8; коэффициент сжимаемости 0,00018 м ² /кН; коэффициент Пуассона 0,3.Определить осадку слоя грунта и его модуль деформации.
	Вопрос 5.3	Водонасыщенный слой грунта ограничен сверху и снизу дренажными слоями и пригружен давлением 100 кПа. Определить эффективные напряжения на границах слоя и в середине слоя в момент времени $t = 0$.

Образцы ответов на тесты

Одним из допущений классической механики грунтов является предположение о несжимаемости поровой воды и минеральных частиц грунта. Из этого следует, что при отсутствии возможности фильтрации в полностью водонасыщенном грунте изменение давлений в грунте не приводит к его деформированию.	Ответ на вопрос 1.1
---	---------------------

Степень влажности грунта рассчитывается по формуле: $S_r = (\gamma_s W) / (\gamma_w e)$. Влажность грунта может быть вычислена из выражения для определения показателя текучести: $IL = (W - W_p) / I_p$; $W = IL \cdot I_p + W_p = 0,5 \cdot 0,16 + 0,12 = 0,2$. Коэффициент пористости, входящий в формулу для определения степени влажности, определяется из выражения: $e = (\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d = (27 - 16,2) / 16,2 = 0,667$. С учетом вычисленного значения природной влажности грунта и коэффициента пористости грунта будем иметь: $S_r = (\gamma_s W) / (\gamma_w e) = (27 \cdot 0,2) / (10 \cdot 0,667) = 0,81$.	Ответ на вопрос 1.2:
Из определения влажности следует, что вес воды, содержащейся в грунте, будет равен: $G_w = G_s W = V \gamma_d W$. Удельный вес сухого грунта определяется по формуле: $\gamma_d = \gamma / (1 + W)$. С учетом выражения для удельного веса сухого грунта будем иметь: $G_w = V \gamma_d W = V \cdot \gamma \cdot W / (1 + W) = 5 \cdot 18 \cdot 0,2 / (1 + 0,2) = 15 \text{ кН}$.	Ответ на вопрос 1.3:
Определяем начальный коэффициент пористости грунта: $e_0 = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d = (2700 - 1350) / 1350 = 1,0$. После нагружения коэффициент пористости составит: $e_i = e_0 - 0,1 \cdot e_0 = 0,9 \cdot e_0$. Определяем осевую деформацию при изменении коэффициента пористости грунта: $\epsilon_z, i = (e_0 - e_i) / (1 + e_0) = (e_0 - 0,9e_0) / (1 + e_0) = 0,1e_0 / (1 + e_0) = 0,1 \cdot 1 / (1 + 1) = 0,05$. Вычисляем коэффициент вида напряженного состояния при компрессионном сжатии с учетом того, что $\nu = 0,4$: $\beta = [1 - 2\nu / (1 - \nu)] = [1 - 2 \cdot 0,42 / (1 - 0,4)] = 0,467$. Определяем модуль деформации грунта: $E = (\sigma_z / \epsilon_z) \cdot \beta = (200 / 0,05) \cdot 0,467 = 1868 \text{ кПа}$	Ответ на вопрос 2.1:
Для решения задачи воспользуемся законом прочности грунта Кулона – Мора, записанным в виде выражения: $(\sigma_1 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$. Примем $k = \sigma_1 / \sigma_2$. Тогда будем иметь: $(k \sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$, откуда $\sigma_2 = c \cdot \text{ctg } \phi [\text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) - 1] / [k - \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)] = 50 \cdot \text{ctg} 160 [\text{tg}^2(45^\circ + 16^\circ/2) - 1] / [3 - \text{tg}^2(45^\circ + 16^\circ/2)] = 107,1 \text{ кПа}$. Разрушению образца соответствует $\sigma_1 = 3 \cdot 107,1 = 321,3 \text{ кПа}$.	Ответ на вопрос 2.2:
Для решения задачи воспользуемся законом прочности грунта Кулона – Мора, записанным в виде выражения: $(\sigma_1 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$. Примем $k = \sigma_1 / \sigma_2$. Тогда будем иметь: $(k \sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$; $(k + c \cdot \text{ctg } \phi / \sigma_2) / (1 + c \cdot \text{ctg } \phi / \sigma_2) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$. Поскольку в процессе нагружения напряжения могут принимать любые значения, примем, что $\sigma_2 \rightarrow \infty$. Тогда $k = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$. Разрушение образца грунта будет иметь место, если $k = \sigma_1 / \sigma_2 \geq \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) = \text{tg}^2(45^\circ + 16^\circ/2) = 1,761$. Таким образом $k_{\min} = 1,761$.	Ответ на вопрос 2.3:
В соответствии с решением Буссинеска нормальное напряжение в упругом полупространстве при действии на его поверхности сосредоточенной силы равно: $\sigma_z = (3P \cos^3 \beta) / (2\pi R^2)$, где β - угол наклона радиуса – вектора R точки, в которой определяется напряжение σ_z, к вертикали. В точке приложения силы P $\beta = 0$, $\cos \beta = 1$, $R = 0$ и $\sigma_z \rightarrow \infty$.	Ответ на вопрос 3.1:
Распределение давлений под круглым абсолютно жестким штампом описывается формулой Прандтля: $p(r) = 0,5 p_m / [1 - (r/R)^2]^{1/2}$, где R - радиус круглого штампа; p_m – среднее давление под подошвой штампа. В центре штампа при $r = 0$ $p(0) = 0,5 p_m = 100 \text{ кПа}$, откуда $p_m = 200 \text{ кПа}$. Нагрузка на штамп равна произведению среднего давления на площадь подошвы штампа: $N = p_m \cdot A = 200 \cdot 3,14 \cdot 0,52 = 157 \text{ кН}$.	Ответ на вопрос 3.2:
Распределения давлений под жестким круглым штампом и жесткой полосой описываются формулами: $p(r) = 0,5 p_m / [1 - (r/R)^2]^{1/2}$; $p(y) = (2/\pi) \cdot p_m / [1 - (y/b)^2]^{1/2}$, где p_m – среднее давление под подошвой штампа; R - радиус круглого штампа; b – половина ширины полосы; r, y – координата точки, в которой определяется давление $p(r)$ или $p(y)$. В центре круглого штампа $r = 0$, а в центре полосы $y = 0$. С учетом этого $p(r) = 0,5 p_m$, а $p(y) = (2/\pi) \cdot p_m$. Отсюда следует, что $p(y) / p(r) = 4/\pi$.	Ответ на вопрос 3.3:
Устойчивая высота стенки траншеи определяется по формуле: $z_0 = (2c) / [\gamma \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)] - h$, где $h = q/\gamma$; q – величина пригрузки (кПа). Из приведенной формулы получаем выражение для определения $h = (2 \cdot c) / [\gamma \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)] - z_0$. По условиям задачи при $h = 0$ $z_0 = (2c) / [\gamma \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)] = 4,28 \text{ м}$. Таким образом $h = 4,28 - z_0$. Примем z_0 равным глубине траншеи и получим: $h = 4,28 - 2,28 = 2 \text{ м}$; $q = h \cdot \gamma = 2 \cdot 18 = 36 \text{ кПа}$.	Ответ на вопрос 4.1:
Со стороны удерживающего массива грунта на подпорную стену действует в предельном состоянии пассивное давление грунта. Сила пассивного давления грунта при отсутствии пригрузки на его поверхности определяется по формуле: $E_p = (\gamma \cdot H^2 / 2) \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) + 2 \cdot H \cdot c \cdot \text{tg}(45^\circ + \phi/2) = (18 \cdot 32^2 / 2) \cdot \text{tg}^2(45^\circ + 22^\circ/2) + 2 \cdot 3 \cdot 20 \cdot \text{tg}(45^\circ + 22^\circ/2) = 356 \text{ кН/ на пог. м стены}$.	Ответ на вопрос 4.2:

Активное и пассивное давления грунта вычисляются по формулам: $\sigma_a = \gamma \cdot (z + h) \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \phi/2) - 2c \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \phi/2);$ $\sigma_p = \gamma \cdot (z + h) \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2) + 2c \cdot \operatorname{tg}(45^\circ + \phi/2).$ По условиям задачи $c = 0$ и $\phi = 0$. С учетом этого: $\sigma_a = \sigma_p = \gamma \cdot (z + h)$. При отсутствии пригрузки на поверхности массива ($h = 0$) $\sigma_a = \sigma_p = \gamma \cdot z = 15 \cdot 2 = 30$ кПа.	Ответ на вопрос 4.3:
По условиям задачи при давлении 100 кПа упругая осадка составляет $S_e = 0,003$ м, пластическая осадка $S_p = 0,007$ м. Полная осадка равна: $S = S_e + S_p = 0,01$ м. Коэффициент жесткости основания при равномерном сжатии равен: $C_z = p/S = 100/0,01 = 10000$ кН/м³. Полная осадка при давлении 200 кПа равна: $S = p/C_z = 200/10000 = 0,02$ м = 2 см.	Ответ на вопрос 5.1:
Определяем коэффициент относительной сжимаемости грунта: $m_v = m/(1 + e_0) = 0,00018/(1 + 0,8) = 0,0001$ м²/кН. По условиям задачи напряженным состоянием грунта является одномерное компрессионное сжатие. Для этого случая осадка грунта в соответствии с законом уплотнения Терцаги определяется по формуле: $S = m_v \cdot \sigma_z \cdot h = 0,0001 \cdot 100 \cdot 1 = 0,01$ м = 1 см. Вычисляем коэффициент вида напряженного состояния $\beta = 1 - (2v_2)/(1 - v) = 1 - (2 \cdot 0,32)/(1 - 0,3) = 0,743$. Осадку грунта при одномерном компрессионном сжатии определяет в соответствии с законом Гука по формуле: $S = \beta \cdot \sigma_z \cdot h/E$, откуда $E = \beta \cdot \sigma_z \cdot h/S = 0,743 \cdot 100 \cdot 1/0,01 = 7430$ кПа = 7,43 МПа. Или $E = \beta/m_v = 0,743/0,0001 = 7430$ кПа.	Ответ на вопрос 5.2
Эффективные напряжения в условиях одномерной задачи фильтрационного уплотнения определяются по формуле: $p_z(z,t) = p \cdot [1 - (4/\pi) \cdot [\sin(\pi \cdot z/2h) \cdot e^{-N} + (1/3) \cdot \sin(3\pi \cdot z/2h) \cdot e^{-9N} + (1/5) \cdot \sin(5\pi \cdot z/2h) \cdot e^{-25N} + (1/7) \cdot \sin(7\pi \cdot z/2h) \cdot e^{-49N} + \dots]]$. При $t = 0$ $N = (\pi^2 \cdot C_v)/(4h^2) \cdot t = 0$ и $e^{-N} = e^{-9N} = e^{-25N} = e^{-49N} = 1$. На границах слоя $z = 0$ и $z = 2h$, а $\sin(\pi \cdot z/2h) = \dots = \sin(7\pi \cdot z/2h) = 0$. Поэтому на границах слоя при $t = 0$ $p_z(z,t) = p = 100$ кПа. В середине слоя $z = h$, $\sin(\pi \cdot z/2h) = \sin(5\pi \cdot z/2h) = 1$, $\sin(3\pi \cdot z/2h) = \sin(7\pi \cdot z/2h) = -1$. С учетом этого имеем: $p_z(z,t) = p \cdot [1 - (4/\pi) \cdot [1 - (1/3) + (1/5) - (1/7) + \dots]] = p \cdot (1 - 1) = 0$.	Ответ на вопрос 5.3:

7. Оценочные средства

7.1 Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Задача Фламана
2. Закономерности распределения напряжений
3. Контактные напряжения
4. Напряжения от собственного веса грунта
5. Предельное напряженное состояние грунт под полосовой нагрузкой.
Задача Пузыревского
6. Огибающие зон предельного равновесия.
7. Предельное критическое давление
8. Давление грунта на подпорные стены
9. Устойчивость подпорных стен
10. Устойчивость грунтовых откосов
11. Устойчивость откоса из идеально сыпучего грунта
12. Метод кругло цилиндрических поверхностей скольжения
13. Модели грунтового основания
14. Одномерная задача компрессионного уплотнения
15. Метод послойного суммирования
16. метод угловых точек и линейно деформируемого слоя
17. определение крена фундамента
18. одномерная задача фильтрационной консолидации
19. нелинейные модели грунтового основания
20. реологические модели грунтового основания
21. границы фильтрационной консолидации

22. другие задачи фильтрационной консолидации
23. Содержание, цели и задачи курса
24. Краткий исторический обзор
25. Грунт как объект исследования и его свойства
26. Основные характеристики грунта, определяющие его свойства

7.2 Вопросы по второй рубежной аттестации

1. Зависимость между осевой деформацией и изменением
2. Коэффициента пористости при осесимметричном компрессионном сжатии.
2. Закон уплотнения.
3. Фазы напряженно-деформированного состояния грунта
4. Закон прочности Кулона – Мора
5. Закон ламинарной фильтрации Дарси
6. Решение задачи Буссинеска.
7. Напряжения в грунтовом массиве от действия группы сил.
8. Задача Фламана
9. Закономерности распределения напряжений
10. Контактные напряжения
11. Напряжения от собственного веса грунта
12. Предельное напряженное состояние грунт под полосовой нагрузкой. Задача Пузыревского
13. Огибающие зон предельного равновесия.
14. Предельное критическое давление
15. Давление грунта на подпорные стены
16. Устойчивость подпорных стен
17. Устойчивость грунтовых откосов
18. Устойчивость откоса из идеально сыпучего грунта
19. Метод кругло цилиндрических поверхностей скольжения
20. Модели грунтового основания
21. Одномерная задача компрессионного уплотнения
22. Метод послойного суммирования
23. Метод угловых точек и линейно деформируемого слоя
24. Определение крена фундамента
25. Одномерная задача фильтрационной консолидации
26. Нелинейные модели грунтового основания
27. Реологические модели грунтового основания
28. Границы фильтрационной консолидации
29. Другие задачи фильтрационной консолидации

7.3 Вопросы к зачету

1. Задача Фламана
2. Закономерности распределения напряжений
3. Контактные напряжения
4. Напряжения от собственного веса грунта
5. Предельное напряженное состояние грунт под полосовой нагрузкой. Задача Пузыревского.
6. Огибающие зон предельного равновесия.
7. Предельное критическое давление
8. Давление грунта на подпорные стены
9. Устойчивость подпорных стен
10. Устойчивость грунтовых откосов
11. Устойчивость откоса из идеально сыпучего грунта
12. Метод кругло цилиндрических поверхностей скольжения

13. Модели грунтового основания
14. Одномерная задача компрессионного уплотнения
15. Метод послойного суммирования
16. метод угловых точек и линейно деформируемого слоя
17. определение крена фундамента
18. одномерная задача фильтрационной консолидации
19. нелинейные модели грунтового основания
20. реологические модели грунтового основания
21. границы фильтрационной консолидации
22. другие задачи фильтрационной консолидации
23. Содержание, цели и задачи курса
24. Краткий исторический обзор
25. Грунт как объект исследования и его свойства
26. Основные характеристики грунта, определяющие его свойства
27. Закон уплотнения Терцаги
28. Зависимость между осевой деформацией и вертикальным давлением при осесимметричном компрессионном сжатии
29. Зависимость между осевой деформацией и изменением
30. Коэффициента пористости при осесимметричном компрессионном сжатии.
31. Закон уплотнения.
32. Фазы напряженно-деформированного состояния грунта
33. Закон прочности Кулона – Мора
34. Закон ламинарной фильтрации Дарси
35. Решение задачи Буссинеска.
36. Напряжения в грунтовом массиве от действия группы сил.
37. Задача Фламана
38. Закономерности распределения напряжений
39. Контактные напряжения
40. Напряжения от собственного веса грунта
41. Предельное напряженное состояние грунт под полосовой нагрузкой. Задача Пузыревского
42. Огибающие зон предельного равновесия.
43. Предельное критическое давление
44. Давление грунта на подпорные стены
45. Устойчивость подпорных стен
46. Устойчивость грунтовых откосов
47. Устойчивость откоса из идеально сыпучего грунта
48. Метод кругло цилиндрических поверхностей скольжения
49. Модели грунтового основания
50. Одномерная задача компрессионного уплотнения
51. Метод послойного суммирования
52. Метод угловых точек и линейно деформируемого слоя
53. Определение крена фундамента
54. Одномерная задача фильтрационной консолидации
55. Нелинейные модели грунтового основания
56. Реологические модели грунтового основания
57. Границы фильтрационной консолидации
58. Другие задачи фильтрационной консолидации

ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ
ДИСЦИПЛИНЫ «МЕХАНИКА ГРУНТОВ»

1. Показатели физических свойств и состояния грунта

- Влажность грунта

$$\omega = \frac{m_w - m_c}{m_c},$$

$$W = \omega \cdot 100 \, \%.$$

- Плотность сухого грунта

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + \omega}.$$

- Коэффициент пористости

$$e = \frac{\rho_s}{\rho} (1 + \omega) - 1.$$

- Удельный вес грунта

$$\gamma = g \cdot \rho.$$

- Удельный вес частиц грунта

$$\gamma_s = g \cdot \rho_s.$$

- Удельный вес грунта во взвешенном состоянии

$$\gamma_e = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{1 + e},$$

где $\gamma_w = 9,81 \, \text{кН/м}^3$ – удельный вес воды; $g = 9,81 \, \text{м}^2/\text{с}^2$ – ускорение свободного падения.

- Число пластичности (табл.П.2.1)

$$J_p = W_L - W_p.$$

- Показатель текучести (табл.П.2.2)

$$J_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}.$$

2. Водопроницаемость грунтов

- Расход воды (закон Дарси)

$$Q = K_t J F.$$

- Коэффициент фильтрации грунта при температуре воды t

$$K_t = K_{10}(0,7 + 0,03 t).$$

- Гидродинамическое давление

$$F_D = \gamma_w J.$$

3. Компрессионные свойства грунтов

- Значение коэффициента пористости после приложения нагрузки

$$e_i = e - \Delta e_i = e - \frac{S(1+e)}{h}.$$

- Коэффициент сжимаемости грунта

$$m_{0i} = \frac{e_{i-1} - e_i}{p_i - p_{i-1}} = \frac{\Delta e_i}{\Delta p_i}.$$

- Модуль деформации по результатам компрессионных испытаний

$$E_{0i} = \frac{m\beta(1+e_{i-1})}{m_{0i}}.$$

- Модуль деформации грунта по результатам штамповых испытаний

$$E_0 = wb(1 - \mu^2) \frac{\Delta p_s}{\Delta S_s},$$

где $\Delta p_s = p_{\max} - \Delta p_1$; $\Delta S_s = S_{\max} - \Delta S_1$.

4. Напряжения в грунтовом полупространстве

- Вертикальные сжимающие напряжения от сосредоточенной силы P

$$\sigma_z = K \frac{P}{z^2},$$

где $K = f\left(\frac{r}{z}\right)$ (табл.П.2.3).

- Вертикальные сжимающие напряжения по методу угловых точек

$$\sigma_{z_0} = K_0 p,$$

где $K_0 = f\left(\beta = \frac{2z}{b}; \alpha = \frac{a}{b}\right)$ (табл.П.2.4)

$$\sigma_{z_c} = K_c p,$$

где $K_c = \frac{1}{4} f'\left(\beta = \frac{z}{b}; \alpha = \frac{a}{b}\right)$ (см.табл.П.2.4)

- Вертикальные нормальные напряжения под центром подошвы фундамента

$$p_z = \alpha_0 p_0,$$

где $\alpha_0 = f\left(m = \frac{z}{b}; n = \frac{a}{b}\right)$ (табл.П.2.5).

- Напряжение от веса воды

$$p_w = \gamma_w h_w.$$

- Нормальные сжимающие напряжения от веса насыпи

$$\sigma_{z_H} = \alpha_H p_H,$$

где $\alpha_H = f\left(m = \frac{a}{B}; n = \frac{z}{B}\right)$ (табл.П.2.6); $p_H = \gamma_H h_H = g \rho_H h_H$.

5. Определение конечных осадок грунтовых оснований

- Осадка поверхности линейнодеформируемого основания от сосредоточенной нагрузки (задача Буссинеска)

$$S = \frac{P(1 - \mu^2)}{\pi E_0 r}.$$

- Осадка основания под центром круглой равномерно загруженной площадки

$$S = \frac{pd(1 - \mu^2)}{E_0}.$$

- Осадка слоя грунта на несжимаемом основании при сплошной нагрузке

$$S = \frac{ph}{E_0}.$$

6. Теория консолидации грунтов

- Показатель фактора времени консолидации грунта

$$N = \frac{\pi^2 C_h}{4H^2} t.$$

- Коэффициент времени консолидации

$$U_{sp} = 1 - \frac{8}{\pi^2} e^{-N} = \frac{S_t}{S},$$

где $e^{-N} = f(N)$ (табл.П.2.7).

- Время стабилизации конечной осадки слоя грунта

$$t = 1,13 \frac{H^2}{C_h}.$$

7. Сопротивление грунтов сдвигу

- Предельное сопротивление грунта сдвигу

$$\tau = p \cdot \operatorname{tg} \varphi + c.$$

8. Предельное напряженное состояние грунтов

- Начальная критическая нагрузка на грунт

$$p_{кр} = \frac{\pi (\gamma h + c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi - \pi / 2 + \varphi} + \gamma h.$$

- Предел пропорциональности грунта

$$p_{mj} = \frac{\pi (\gamma h + 0,25 \gamma b + c \cdot \operatorname{ctg} \varphi)}{\operatorname{ctg} \varphi - \pi / 2 + \varphi} + \gamma h.$$

- Предельная нагрузка на грунт:

по формуле Прандтля–Новоторцева

$$p_{np} = N_q \gamma h + N_c c,$$

где

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi} \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi / 2);$$

$$N_c = c \cdot \operatorname{tg} \varphi [e^{\pi \operatorname{tg} \varphi} \cdot \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \varphi / 2) - 1];$$

по формуле Соколовского

$$p_{np} = N_\gamma \gamma b + N_q \gamma h + N_c c,$$

где N_γ – коэффициент несущей способности грунта (таблица прил.4).

Таблица

Значения коэффициентов несущей способности грунта N_γ

Угол внутреннего трения грунта φ , град								
0	5	10	15	20	25	30	35	40
0,00	0,17	0,56	1,40	3,16	6,92	15,32	35,19	86,46

9. Устойчивость грунтовых откосов

- Коэффициент запаса устойчивости грунтового откоса

$$K_\phi = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \operatorname{tg} \varphi + cL}{\sum_{i=1}^n T_i}.$$

10. Давление грунтов на ограждающие конструкции

- Интенсивность давления грунта на ограждение:

а) активного

$$p_{a\varphi} = \gamma h \lambda_a,$$

где $\lambda_a = \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \frac{\varphi_I}{2})$ – коэффициент активного давления,

$$p_{ac} = \frac{c_I (1 - \lambda_a)}{\operatorname{tg} \varphi_I};$$

б) пассивного

$$p_{n\varphi} = \gamma h \lambda_n,$$

где $\lambda_n = \operatorname{tg}^2 (45^\circ + \frac{\varphi_I}{2})$ – коэффициент пассивного давления

$$p_{nc} = \frac{c_I (\lambda_n - 1)}{\operatorname{tg} \varphi_I}.$$

- Полное значение интенсивности давления грунта на ог

а) активного

$$p_a = p_{a\varphi} - p_{ac};$$

Тестовые вопросы для проведения промежуточной аттестации

Образцы вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию

1-я рубежная аттестация

Наименование вопроса	Баллы
1. Содержание, цели и задачи курса	5
2. Основные характеристики грунта, определяющие его свойства	5
Наименование вопроса	Баллы
1. Краткий исторический обзор	5
2. Фазы напряженно-деформированного состояния грунта	5

2-я рубежная аттестация

Наименование вопроса	Баллы
1. Задача Фламана	5
2. другие задачи фильтрационной консолидации	5
Наименование вопроса	Баллы
1. Закономерности распределения напряжений	5
2. Границы фильтрационной консолидации	5

Образец билета для зачета

Грозненский государственный нефтяной технический университет

Билет 1

для зачета

Дисциплина **МЕХАНИКА ГРУНТОВ И ГОРНЫХ ПОРОД**

Институт нефти и газа специальность **ГИ** семестр _____

1. Задача Фламана
2. Фазы напряженно-деформированного состояния грунта

Ст. преподаватель

Берсанов Р. А.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В., Тер-Мартirosян З.Г., Чернышев С.Н. Механика грунтов, основания и фундаменты/ Под ред. Ухова СБ.- М.: "Высшая школа". 2001
3. Баклашов И.В. Геомеханика: Учебник для вузов. Том 1. Основы геомеханики. М, МГГУ, 2004. – 208 с.
4. Даревский В.Э. Сооружения, удерживающие грунтовые массивы. М.,Изд-во Мастер, 2011. – 302 с.
5. Калинин Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование. М., МГК, 2006. – 256 с.
6. Механика грунтов, основания и фундаменты / под ред. С.Б.Ухова. М., изд-во «Высшая школа», 2002. – 566 с.

б) дополнительная литература:

1. Тер-Мартirosян З.Г. Механика грунтов. – М., Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. – 488 с.
2. Механика грунтов. Ч. 1. Основы геотехники в строительстве /Под ред. Далматова Б.И. – М.-СПб, 2000. – 202 с.

3. Турчанинов И.А., Иофис М.А., Каспарьян Э.В. Основы механики горных пород. – Л.: Недра, 1977. – 504 с.
4. Викторov С.Д., Иофис М.А., Гончаров С.А. Сдвигение и разрушение горных пород. – М.: Наука, 2005. – 280 с.
5. СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М. ГОССТРОЙ России, 2005.

в) информационно-справочные и поисковые системы ресурсов сети Internet:

1. <http://www.hge.pu.ru>
2. <http://www.twirpx.com/files/geologic/geology/gsssr/>
3. <http://www.vsegei.ru/ru/>
4. <http://www.vsegingeo.ru/>
5. <http://www.complexdoc.ru/>
6. <http://geoschool.web.ru>
4. <http://e.lanbook.com>
5. <http://ibooks.ru>
6. <http://studentlibrary.ru>

СОСТАВИТЕЛЬ:

Ст. преподаватель кафедры «Строительные конструкции»  /Берсанов Р.А./

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой «Строительные конструкции»,
д.т.п., профессор



/Мажиев Х. Н./

Зав.кафедрой «Прикладная геология»
к.г.-м.н., доц.



/Шаипов А. А./

Директор ДУМР
к.ф.-м.-н., доц.



/Магомаева М. А./