

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Ректор

Дата подписания: 22.11.2023 13:43:00

Уникальный программный ключ:

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**имени академика М.Д. Миллионщикова**

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор  
И.Г. Гайрабеков



## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

*«Основы геотехники»*

**Направленность (профиль)**

*08.03.01. «Строительство»*

### **Профиль**

*«Городское строительство и хозяйство»*

*«Промышленное и гражданское строительство»*

*«Производство строительных материалов, изделий и конструкций»*

*«Инженерные системы жизнеобеспечения в строительстве»*

*«Экспертиза и управление недвижимостью»*

### **Квалификация**

бакалавр

Грозный – 2020

## **1. Цели и задачи дисциплины**

**Цель** дисциплины «Механика грунтов» - является ознакомление студентов со способами изучения физико-механических свойств грунтов и их классификационной оценкой, методами количественного прогноза напряженно-деформированного состояния и устойчивости массивов грунтов, взаимодействующих с фундаментами, сооружениями и окружающей средой. **Основной задачей** дисциплины - "Механика грунтов" - уметь не только правильно оценивать прочностные и деформационные свойства грунтов, но также использовать обоснованные теорией и практикой методы расчета несущей способности и деформаций оснований сооружений.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Учебная дисциплина «Механика грунтов» относится к дисциплинам, обязательным для изучения студентами и принадлежит к базовой части математического и естественнонаучного цикла Б.2. Для изучения этой учебной дисциплины требуется *знание* дисциплин «Инженерная графика», «Теоретическая механика», «Математика», «Физика».

Дисциплина является предшествующей для освоения отдельных разделов учебных дисциплин профессионального цикла Б.3., в том числе «Сейсмостойкость зданий и сооружений» «Основания и фундаменты», дисциплин по выбору: «Реконструкция зданий, сооружений и застройки».

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины выпускник бакалавриата должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями и индикаторами их достижений:

### **ОПК-3:**

ОПК-3.1. Описание основных сведений об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии

ОПК-3.6.Выбор габаритов и типа строительных конструкций здания, оценка преимуществ и недостатков выбранного конструктивного решения

ОПК-3.8.Выбор строительных материалов для строительных конструкций (изделий)

**ОПК-4:**

ОПК-4.1.Выбор нормативно-правовых и нормативно-технических документов, регулирующих деятельность в области строительства, строительной индустрии и жилищно-коммунального хозяйства для решения задачи профессиональной деятельности

ОПК-4.4.Представление информации об объекте капитального строительства по результатам чтения проектно-сметной документации

**ОПК-6:**

ОПК-6.2. Выбор исходных данных для проектирования здания и их основных инженерных систем

ОПК-6.5. Разработка узла строительной конструкции зданий

ОПК-6.7. Выбор технологических решений проекта здания, разработка элемента проекта производства работ

ОПК-6.10. Определение основных параметров инженерных систем здания

ОПК-6.11. Составление расчётной схемы здания (сооружения), определение условий работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок

ОПК-6.12. Оценка прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

**Таблица 1**

Вид учебной работы	Всего часов зач./ед.		Семестры	
	ОФО	ЗФО	4	4
			ОФО	ЗФО

<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>51/1,4</b>	<b>12/0,33</b>	<b>51/1,4</b>	<b>12/0,33</b>
В том числе:					
Лекции		34/0,94	6/0,16	34/0,94	6/0,16
Практические занятия (ПЗ)			6/0,16		6/0,16
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)		17/0,47		17/0,47	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>		<b>57/1,6</b>	<b>96/2,7</b>	<b>57/1,6</b>	<b>96/2,7</b>
Курсовой проект (работа)		-		-	
Изучение отдельных тем		30/0,83	60/1,66	30/0,83	60/1,66
Реферат		-		-	
Другие виды самостоятельной работы					
Подготовка к лабораторным работам		17/0,47		17/0,47	
Подготовка к практическим занятиям			24/0,66		24/0,66
Подготовка к зачету		10/0,27	12/0,33	10/0,27	12/0,33
<b>Вид отчетности</b>		<b>зачет</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ВСЕГО в часах</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
	<b>ВСЕГО в зач. единицах</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

## 5. Содержание дисциплины

Таблица 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	ОФО	Лекц. зан. часы	Лаб. зан. часы	ЗФО	Лекц. зан. часы	Практ. зан. часы
		Всего часов			Всего часов		
1	Введение. Состав, строение и состояние грунтов	4	4	-		1	-
2	Физические характеристики и классификация грунтов. Геологическое строение основания	6	4	2	2		1
3	Экспериментально-теоретические предпосылки механики грунтов	12	6	6	2	1	1
4	Механические свойства грунтов	6	4	2	2	1	1
5	Определение напряжений в массивах грунтов	8	6	2	2	1	1

6	Прочность и устойчивость оснований сооружений	6	4	2	2	1	1
7	Устойчивость откосов и склонов	6	4	2	2	1	1
8	Давление грунтов на ограждающие конструкции	7	4	3			
9	Деформации оснований и расчет осадок сооружений						

## 5.2. Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	<b>Введение.</b>	<p>Основные понятия о горных породах. Роль горных пород в строительстве. Особенности физико-механических свойств грунтов и основные задачи механики грунтов.</p> <p>Становление и развитие механики грунтов как механики многофазных систем. Задачи механики грунтов и методы их решения. Связь механики грунтов с фундаментостроением и другими строительными дисциплинами.</p>
	<b>Состав, строение и состояние грунтов</b>	<p>Грунтовые основания. Происхождение грунтов. Состав, структура и текстура грунтов. Скальные и нескальные грунты.</p> <p>Состав грунтов. Твердая, жидкая и газообразная составляющие грунтов. Форма, размеры, взаимное расположение и свойства минеральных частиц. Классификация минеральных частиц по размерам. Органические примеси. Виды воды в грунтах и их свойства. Роль газообразной составляющей.</p> <p>Структурные связи между минеральными частицами. Кристаллизационные и водноколлоидные связи. Понятие о внутреннем трении в грунтах. Трещины и их влияние на свойства.</p>

2	<p align="center"><b>Физические характеристики и классификация грунтов. Геологическое строение основания</b></p>	<p>Основные физические характеристики грунтов: плотность грунта, плотность минеральных частиц, влажность. Дополнительные характеристики: содержание органических веществ, засоленность, льдистость. Нормативные и расчетные значения физических характеристик.</p> <p>Классификационные показатели грунтов: гранулометрический состав, верхний и нижний пределы пластичности, число пластичности, показатель текучести, коэффициент пористости, коэффициент водонасыщения. Строительная классификация грунтов. Связь механических и физических грунтов. Понятие об условном расчетном сопротивлении грунтов. Максимальная плотность и оптимальная влажность.</p> <p>Геологическое строение оснований. Понятие о геологическом теле. Формы и размеры геологических тел в основании сооружений. Границы между геологическими телами. Значение данных о геологическом строении основания для строительства.</p> <p>Особые виды грунтов с неустойчивыми структурными связями: лессовые, набухающие, засоленные, слабводонасыщенные и заторфованные грунты.</p>
3	<p><b>Экспериментально-теоретические предпосылки механики грунтов</b></p>	
4	<p><b>Механические свойства грунтов</b></p>	
5	<p><b>Определение напряжений в массивах грунтов</b></p>	
6	<p><b>Прочность и устойчивость оснований сооружений</b></p>	
7	<p><b>Устойчивость откосов и склонов</b></p>	
8	<p><b>Давление грунтов на ограждающие конструкции</b></p>	

	<b>Деформации оснований и расчет осадок сооружений</b>	
--	--	--

### 5.3. Лабораторный практикум (ОФО)

**Таблица 4**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
<b>1</b>	Лабораторная работа № 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
<b>2</b>	Определение деформационных характеристик песчаного грунта на приборах системы Гидропроект.	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы.
<b>3</b>	Определение прочностных характеристик глинистого грунта на приборах одноплоскостного среза ПЛЛ-9.	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы. Проведение испытаний. Обработка результатов испытаний
<b>4</b>	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.
<b>5</b>	Определение угла естественного откоса песчаного грунта.	Цель работы. Необходимое оборудование и материалы. Порядок выполнения работы.

### 5.4. Практические занятия (ЗФО)

**Таблица 5**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Строительные свойства грунтов. Основные закономерности механики грунтов	Основные упрощающие допущения классической механики грунтов. Формулу для определения производной характеристики грунта $\rho_d$ через основные характеристики $\rho$ и $W$ .
2	Сжимаемость грунтов. Прочность грунтов. Фильтрационные свойства грунтов	Испытание грунта в стабилометре. Модель линейно деформируемой среды для расчета грунтового основания.
3	Распределение напряжений в грунтовом массиве от действия внешней нагрузки	Напряжение в грунтовом массиве.
4	Теория предельного напряженного состояния грунтовых массивов	Начальное критическое давление для песка. Формула Пузыревского.
5	Расчетные модели грунтовых оснований. Расчет осадок	Деформационные характеристики грунта. Испытание грунта штампом.

	оснований. Фильтрационная консолидация и ползучесть грунтов	
--	---	--

## 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Основной целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам на практических занятиях по дисциплине «Механика грунтов».

Следует иметь в виду, что проектирование и устройство оснований и фундаментов является сложной комплексной задачей, решение которой требует рассмотрения многих факторов – анализа исходных данных по над фундаментной конструкции, инженерно-геологических условий строительной площадки, физических и механических характеристик слоёв грунта и т. д. На практических занятиях студент должен закрепить теоретический материал, полученный на лекциях; научиться самостоятельно работать со СНиП, СП, справочной литературой, учебниками, ГОСТами и другим материалом.

Материал данных методических указаний найдет применение и при выполнении расчетной части курсового и дипломного проектов.

№ темы	Темы для самостоятельного изучения	Количество часов
1	Определение физико-механических характеристик и наименования грунтов	8
2	Определение глубины заложения фундамента	6
3	Определение размеров подошвы фундамента	10
4	Определение осадки фундамента методом послойного суммирования	6
<b>Итого</b>		<b>30/0,83</b>



**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;  $g = 9,81 \text{ м}^2/\text{с}$  – 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

$$F_{\partial} = \gamma_w J.$$

## 3. Компрессионные свойства грунтов

- Значение коэффициента пористости после приложения нагрузки

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

- 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

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

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  $N_\gamma$  – коэффициент несущей способности грунта (таблица прил.4).

Таблица

Значения коэффициентов несущей способности грунта  $N_\gamma$

Угол внутреннего трения грунта $\varphi$ , 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 ограждение:

а) активного

$$P_a = P_{a\varphi} - P_{ac};$$

б) пассивного

$$P_n = P_{n\varphi} + P_{nc}.$$

- Давление от внешней нагрузки на ограждение

$$P_{aq} = q \lambda_a.$$

## 7. Оценочные средства

### Вопросы к 1-ой рубежной аттестации

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
6. Зависимость между осевой деформацией и вертикальным давлением при осесимметричном компрессионном сжатии
7. Зависимость между осевой деформацией и изменением
8. Коэффициента пористости при осесимметричном компрессионном сжатии.
9. Закон уплотнения.
10. Фазы напряженно-деформированного состояния грунта
11. Закон прочности Кулона – Мора
12. Закон ламинарной фильтрации Дарси
13. Решение задачи Буссинеска.
14. Напряжения в грунтовом массиве от действия группы сил.

### Вопросы ко 2-ой 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

### Вопросы к зачету

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
6. Зависимость между осевой деформацией и вертикальным давлением при осесимметричном компрессионном сжатии
7. Зависимость между осевой деформацией и изменением

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

### 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 <sup>3</sup> , удельный вес частиц грунта 27 кН/м <sup>3</sup> , удельный вес сухого грунта 16,2 кН/м <sup>3</sup>
	Вопрос 1.3	Влажность грунта 20 %. Удельный вес грунта 18 кН/м <sup>3</sup> . Определить вес воды, содержащейся в 5 м <sup>3</sup> грунта.
	Вопрос 2.1	Плотность частиц грунта 2700 кг/м <sup>3</sup> , плотность сухого грунта 1350 кг/м <sup>3</sup> . При нагружении грунта в компрессионном приборе давлением 200 кПа начальный коэффициент пористости уменьшился на 10 %. Определить модуль 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 $\sigma_1$ , 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 центре указанных штампов.
Тема 4	Вопрос 4.1	Устойчивая высота стенки траншеи, отрытой в связном грунте, составляет 4 м 28 см. Определить допустимую нагрузку (кПа) на бровку траншеи глубиной 2 м 28 см при условии, что удельный вес грунта $g=18$ кН/м <sup>3</sup> .
	Вопрос 4.2	Подпорная стена со стороны удерживаемого массива грунта ( $\gamma=18$ кН/м <sup>3</sup> ) 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 ( $g=15$ кН/м <sup>3</sup> ) 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: восстанавливаемая 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 <sup>2</sup> /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

<p>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.</p>	<p>Ответ на вопрос 1.1</p>
<p>Степень влажности грунта рассчитывается по формуле: <math>S_r = (\gamma_s W) / (\gamma_w e)</math>. Влажность грунта может быть вычислена из выражения для определения показателя текучести: <math>IL = (W - W_p) / I_p</math>; <math>W = IL \cdot I_p + W_p = 0,5 \cdot 0,16 + 0,12 = 0,2</math>. Коэффициент пористости, входящий в формулу для определения степени влажности, определяется из выражения: <math>e = (\gamma_s - \gamma_d) / \gamma_d = (27 - 16,2) / 16,2 = 0,667</math>. С учетом вычисленного значения природной влажности грунта и коэффициента пористости грунта будем иметь: <math>S_r = (\gamma_s W) / (\gamma_w e) = (27 \cdot 0,2) / (10 \cdot 0,667) = 0,81</math>.</p>	<p>Ответ на вопрос 1.2:</p>
<p>Из определения влажности следует, что вес воды, содержащейся в грунте, будет равен: <math>G_w = G_s W = V \gamma_d W</math>. Удельный вес сухого грунта определяется по формуле: <math>\gamma_d = \gamma / (1 + W)</math>. С учетом выражения для удельного веса сухого грунта будем иметь: <math>G_w = V \gamma_d W = V \cdot \gamma \cdot W / (1 + W) = 5 \cdot 18 \cdot 0,2 / (1 + 0,2) = 15</math> кН.</p>	<p>Ответ на вопрос 1.3:</p>
<p>Определяем начальный коэффициент пористости грунта: <math>e_0 = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d = (2700 - 1350) / 1350 = 1,0</math>. После нагружения коэффициент пористости составит: <math>e_i = e_0 - 0,1 \cdot e_0 = 0,9 \cdot e_0</math>. Определяем осевую деформацию при изменении коэффициента пористости грунта: <math>\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</math>. Вычисляем коэффициент вида напряженного состояния при компрессионном сжатии с учетом того, что <math>\nu = 0,4</math>: <math>\beta = [1 - 2\nu / (1 - \nu)] = [1 - 2 \cdot 0,4 / (1 - 0,4)] = 0,467</math>. Определяем модуль деформации грунта: <math>E = (\sigma_z / \epsilon_z) \cdot \beta = (200 / 0,05) \cdot 0,467 = 1868</math> кПа</p>	<p>Ответ на вопрос 2.1:</p>
<p>Для решения задачи воспользуемся законом прочности грунта Кулона – Мора, записанным в виде выражения: <math>(\sigma_1 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)</math>. Примем <math>k = \sigma_1 / \sigma_2</math>. Тогда будем иметь: <math>(k \sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)</math>, откуда <math>\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</math> кПа. Разрушению образца соответствует <math>\sigma_1 = 3 \cdot 107,1 = 321,3</math> кПа.</p>	<p>Ответ на вопрос 2.2:</p>
<p>Для решения задачи воспользуемся законом прочности грунта Кулона – Мора, записанным в виде выражения: <math>(\sigma_1 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)</math>. Примем <math>k = \sigma_1 / \sigma_2</math>. Тогда будем иметь: <math>(k \sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) / (\sigma_2 + c \cdot \text{ctg } \phi) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)</math>; <math>(k + c \cdot \text{ctg } \phi / \sigma_2) / (1 + c \cdot \text{ctg } \phi / \sigma_2) = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)</math>. Поскольку в процессе нагружения напряжения могут принимать любые значения, примем, что <math>\sigma_2 \rightarrow \infty</math>. Тогда <math>k = \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2)</math>. Разрушение образца грунта будет иметь место, если <math>k = \sigma_1 / \sigma_2 \geq \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) = \text{tg}^2(45^\circ + 16^\circ/2) = 1,761</math>. Таким образом <math>k_{\min} = 1,761</math>.</p>	<p>Ответ на вопрос 2.3:</p>
<p>В соответствии с решением Буссинеска нормальное напряжение в упругом полупространстве при действии на его поверхности сосредоточенной силы равно:</p>	<p>Ответ на вопрос 3.1:</p>

<p><math>\sigma_z = (3P \cos 3\beta) / (2\pi R^2)</math>, где <math>\beta</math> - угол наклона радиуса – вектора <math>R</math> точки, в которой определяется напряжение <math>\sigma_z</math>, к вертикали. В точке приложения силы <math>P</math> <math>\beta = 0</math>, <math>\cos \beta = 1</math>, <math>R = 0</math> и <math>\sigma_z \rightarrow \infty</math>.</p>	
<p>Распределение давлений под круглым абсолютно жестким штампом описывается формулой Прандтля: <math>p(r) = 0,5p_m / [1 - (r/R)^2]^{1/2}</math>, где <math>R</math> - радиус круглого штампа; <math>p_m</math> – среднее давление под подошвой штампа. В центре штампа при <math>r = 0</math> <math>p(0) = 0,5p_m = 100</math> кПа, откуда <math>p_m = 200</math> кПа. Нагрузка на штамп равна произведению среднего давления на площадь подошвы штампа: <math>N = p_m \cdot A = 200 \cdot 3,14 \cdot 0,52 = 157</math> кН.</p>	<p>Ответ на вопрос 3.2:</p>
<p>Распределения давлений под жестким круглым штампом и жесткой полосой описываются формулами: <math>p(r) = 0,5p_m / [1 - (r/R)^2]^{1/2}</math>; <math>p(y) = (2/\pi) \cdot p_m / [1 - (y/b)^2]^{1/2}</math>, где <math>p_m</math> – среднее давление под подошвой штампа; <math>R</math> - радиус круглого штампа; <math>b</math> – половина ширины полосы; <math>r</math>, <math>y</math> – координата точки, в которой определяется давление <math>p(r)</math> или <math>p(y)</math>. В центре круглого штампа <math>r = 0</math>, а в центре полосы <math>y = 0</math>. С учетом этого <math>p(r) = 0,5p_m</math>, а <math>p(y) = (2/\pi) \cdot p_m</math>. Отсюда следует, что <math>p(y) / p(r) = 4/\pi</math>.</p>	<p>Ответ на вопрос 3.3:</p>
<p>Устойчивая высота стенки траншеи определяется по формуле: <math>z_0 = (2c) / [\gamma \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)] - h</math>, где <math>h = q/\gamma</math>; <math>q</math> – величина пригрузки (кПа). Из приведенной формулы получаем выражение для определения <math>h = (2 \cdot c) / [\gamma \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)] - z_0</math>. По условиям задачи при <math>h = 0</math> <math>z_0 = (2c) / [\gamma \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)] = 4,28</math> м. Таким образом <math>h = 4,28 - z_0</math>. Примем <math>z_0</math> равным глубине траншеи и получим: <math>h = 4,28 - 2,28 = 2</math> м; <math>q = h \cdot \gamma = 2 \cdot 18 = 36</math> кПа.</p>	<p>Ответ на вопрос 4.1:</p>
<p>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: <math>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) \cdot \text{tg}^2(45^\circ + 22^\circ/2) + 2 \cdot 3 \cdot 20 \cdot \text{tg}(45^\circ + 22^\circ/2) = 356</math> кН/ на пог. м стены.</p>	<p>Ответ на вопрос 4.2:</p>
<p>Активное и пассивное давления грунта вычисляются по формулам:  <math>\sigma_a = \gamma \cdot (z + h) \cdot \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) - 2c \cdot \text{tg}(45^\circ - \phi/2)</math>;  <math>\sigma_p = \gamma \cdot (z + h) \cdot \text{tg}^2(45^\circ + \phi/2) + 2c \cdot \text{tg}(45^\circ + \phi/2)</math>.      По условиям задачи <math>c = 0</math> и <math>\phi = 0</math>. С учетом этого: <math>\sigma_a = \sigma_p = \gamma \cdot (z + h)</math>. При отсутствии пригрузки на поверхности массива (<math>h = 0</math>) <math>\sigma_a = \sigma_p = \gamma \cdot z = 15 \cdot 2 = 30</math> кПа.</p>	<p>Ответ на вопрос 4.3:</p>
<p>По условиям задачи при давлении 100 кПа упругая осадка составляет <math>S_e = 0,003</math> м, пластическая осадка <math>S_p = 0,007</math> м. Полная осадка равна: <math>S = S_e + S_p = 0,01</math> м. Коэффициент жесткости основания при равномерном сжатии равен: <math>C_z = p/S = 100/0,01 = 10000</math> кН/м<sup>3</sup>. Полная осадка при давлении 200 кПа равна: <math>S = p/C_z = 200/10000 = 0,02</math> м = 2 см.</p>	<p>Ответ на вопрос 5.1:</p>
<p>Определяем коэффициент относительной сжимаемости грунта: <math>m_v = m/(1 + e_0) = 0,00018/(1 + 0,8) = 0,0001</math> м<sup>2</sup>/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:  <math>S = m_v \cdot \sigma_z \cdot h = 0,0001 \cdot 100 \cdot 1 = 0,01</math> м = 1 см. Вычисляем коэффициент вида напряженного состояния <math>\beta = 1 - (2v_2)/(1 - v) = 1 - (2 \cdot 0,32)/(1 - 0,3) = 0,743</math>. Осадка грунта при одномерном компрессионном сжатии определяется в</p>	<p>Ответ на вопрос 5.2</p>

<p>соответствии с законом Гука по формуле: <math>S = \beta \cdot \sigma_z \cdot h / E</math>, откуда <math>E = \beta \cdot \sigma_z \cdot h / S = 0,743 \cdot 100 \cdot 1 / 0,01 = 7430 \text{ кПа} = 7,43 \text{ МПа}</math>. Или <math>E = \beta / mv = 0,743 / 0,0001 = 7430 \text{ кПа}</math>.</p>	
<p>Эффективные напряжения в условиях одномерной задачи фильтрационного уплотнения определяются по формуле: <math>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]]</math>. При <math>t = 0</math> <math>N = (\pi^2 \cdot Cv) / (4h^2) \cdot t = 0</math> и <math>e^{-N} = e^{-9N} = e^{-25N} = e^{-49N} = 1</math>. На границах слоя <math>z = 0</math> и <math>z = 2h</math>, а <math>\sin(\pi \cdot z/2h) = \dots = \sin(7\pi \cdot z/2h) = 0</math>. Поэтому на границах слоя при <math>t = 0</math> <math>p_z(z,t) = p = 100 \text{ кПа}</math>. В середине слоя <math>z = h</math>, <math>\sin(\pi \cdot z/2h) = \sin(5\pi \cdot z/2h) = 1</math>, <math>\sin(3\pi \cdot z/2h) = \sin(7\pi \cdot z/2h) = -1</math>. С учетом этого имеем: <math>p_z(z,t) = p \cdot [1 - (4/\pi) \cdot [1 - (1/3) + (1/5) - (1/7) + \dots]] = p \cdot (1 - 1) = 0</math>.</p>	<p>Ответ на вопрос 5.3:</p>

**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 Фламанна  
5
2. другие задачи фильтрационной консолидации  
5

**Наименование вопроса**

**Баллы**

1. Закономерности распределения напряжений  
5

**Образец билета к зачету**

**ГРОЗЕНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра строительные конструкции

Билет к зачету №1

по основы геотехники

для студентов гр.

1. Устойчивость подпорных стен

2. Устойчивость подпорных стен

Зав. кафедрой

«Строительные конструкции»

Мажиев Х.Н.

**- Паспорт**

**фонда оценочных средств по дисциплине Б.2 Основы геотехники**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение в курс.	(ОК-7); (ОПК-1);	опрос
2	Фазы напряженно-деформированного состояния.	(ОПК-1); (ОПК-2);	тестирование
3	Распределение напряжений в грунтовом массиве от действия внешних нагрузок.	(ОПК-1); (ОПК-2); (ОПК3); (ОПК-8);	тестирование
4	Задача Фламана.	(ОПК-1); (ОПК-2); (ОПК3); (ОПК-8);	тестирование
5	Теория предельного напряженного состояния грунта.	(ОПК-1); (ОПК-2); (ОПК3); (ОПК-8);	тестирование
6	Устойчивость грунтовых откосов.	(ОК-3); (ОПК-2); (ОПК-3); (ОПК-8); (ПК-9);	тестирование
7	Модели грунтового основания. Методы расчета осадок.	(ОПК-1); (ОПК-2); (ОПК3); (ОПК-8);	тестирование
8	Нестационарные модели грунтового основания. Фильтрационная консолидация и ползучесть грунта.	(ОПК-1); (ОПК-2); (ОПК-3); (ОПК-8);	тестирование

## 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. Основы геотехники, основания и фундаменты/ Под ред. Ухова СБ.- М.: "Высшая школа". 2001

#### б) дополнительная литература:

1. Тер-Мартirosян З.Г. Основы геотехники. – М., Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. – 488 с.
2. Основы геотехники. Ч. 1. Основы геотехники в строительстве /Под ред. Далматова Б.И. – М.-СПб, 2000. – 202 с.
3. Ковров А.С. Устойчивость бортов карьеров в сложноструктурном массиве мягких пород. – НГУ, Днепрпетровск, 2013 г.
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) Ресурсы 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/>
4. <http://e.lanbook.com>
5. <http://ibooks.ru>
6. <http://studentlibrary.ru>

## 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированные лаборатории для проведения лабораторных занятий по дисциплине.

**Составитель:**

Зав. выпускающей  
кафедрой «СК»  
д.т.н., профессор



Х.Н.Мажиев

**Согласовано:**

Зав. кафедрой « ТСП»



С-А. Ю. Муртазаев

Зав. выпускающей каф. « ЭУНТГ»



/Хадисов В.Х./

Директор ДУМР



М. А. Магомаева