

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ



Декан строительного факультета

Д.В. Панфилов

«21» декабря 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Геомеханика»

Специальность 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Квалификация выпускника инженер-строитель

Нормативный период обучения 6 лет

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2023

Автор программы
Заведующий кафедрой
Строительных конструкций,
оснований и фундаментов
имени профессора Ю.М.
Борисова

А.В. Сухотерин

Руководитель ОПОП

Д.В. Панфилов

Ю.Ф. Рогатнев

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Сформировать знания о механическом поведении природного массива под действием внешних сил.

1.2. Задачи освоения дисциплины

- изучение физических и механических параметров природных массивов и способы их определения;
- изучение основных типов геотехнических задач (задачи предельного равновесия, деформационные задачи);
- формирование знаний в области поведения геомеханических моделей природного массива;
- изучение основ численного моделирования систем «грунтовых массив-сооружение»;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Геомеханика» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Геомеханика» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен осуществлять планирование инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	Понимание работы и области применения моделей грунта в задачах геомеханики. Определение параметров моделей грунта
	Моделирование геомеханических процессов
	Анализ напряженно-деформированного состояния систем «грунтовых массив-сооружение»

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Геомеханика» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
Аудиторные занятия (всего)	118	118
В том числе:		
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	50	50
Лабораторные работы (ЛР)	34	34

Самостоятельная работа	26	26
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные положения геотехнических расчетов	Основные классы геомеханических задач; Аналитические и численные методы решения геотехнических задач;	6	8	6	4	24
2	Напряженное состояние природного массива	Классификация грунтов; Напряжения от собственного веса; Эффективные напряжения, поровое давление, полные напряжения; Распределение вертикальных и горизонтальных напряжений в массиве; Переуплотненные грунты;	6	8	6	4	24
3	Жесткостные и прочностные характеристики грунтов	Деформационные параметры грунтов, параметры сжимаемости, компрессионная кривая; Понятие о модуле деформации, модули упругости при разгрузке; Одометрический и трехосный модули деформации; Лабораторные и полевые методы определения деформационных характеристик грунтов;	6	8	6	4	24
4	Прочностные характеристики грунтов	Прочностные характеристики грунтов, дренированная и недренированная прочность грунтов; Одноплоскостной срез, трехосные испытания; Условия прочности.	6	8	6	4	24
5	Модели грунтов	Типы материалов (упругие, упругопластические, упрочняющиеся); Модели грунта; Простые модели грунта (линейно-упругая, упругопластическая модель Мора-Кулона); Шатровые модели (Soft soil); Модель упрочняющегося грунта (HS, HSS); Модель скального грунта (Hoek-Brown).	6	8	6	4	24
6	Применение МКЭ в решении геотехнических задач.	Применение МКЭ в решении геотехнических задач; Основные положения МКЭ; Понятие КЭ, типы конечных элементов Критерии сходимости при решении нелинейных задач;	4	10	4	6	24

		Взаимодействие конструкций с грунтовым массивом (понятие «Interface»); Расчет общей устойчивости системы (метод редукции);					
Итого			34	50	34	26	144

5.2 Перечень лабораторных работ

Укажите перечень лабораторных работ

- Расчет плоской рамы на разных типах основания;
- Расчет консольной гибкой подпорной стены;
- Определение сейсмических сил системы с одной степенью свободы при жестком и податливом основании

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 8 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Расчет ограждения котлована и оценка взаимного влияния на окружающую застройку»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Назначение конструкций ограждения котлована;
- Численный стадийный расчет ограждения котлована;
- Оценка устойчивости системы методом редукции;
- Расчет взаимного влияния на окружающую застройку;
- Оценка результатов расчета в плоской и пространственной постановках;

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	Понимание работы и области применения моделей грунта в задачах геомеханики.	Курсовая работа, Лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	Определение параметров моделей грунта для решения инженерных геотехнических задач		в рабочих программах	в рабочих программах
	Моделирование геомеханических процессов	Курсовая работа, Лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Анализ напряженно-деформированного состояния систем «грунтовых массив-сооружение»	Курсовая работа, Лабораторные работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	Понимание работы и области применения моделей грунта в задачах геомеханики. Определение параметров моделей грунта для решения инженерных геотехнических задач	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Моделирование геомеханических процессов	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Анализ напряженно-деформированного состояния систем «грунтовых массив-сооружение»	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

1. Какие параметры характеризуют деформационные свойства грунтов:
 - **Модуль упругости, модуль общей деформации, коэффициент Пуассона**
 - Модуль общей деформации, коэффициент Пуассона
 - Модуль упругости, модуль общей деформации, коэффициент давления грунта в покое K_0
2. Модель Мора-Кулона требует определение:
 - двух расчетных параметров
 - трех расчетных параметров
 - **четырёх расчетных параметров**
 - шести расчетных параметров
3. Выберите правильное выражение:
 - **для модели упрочняющегося грунта требуется определить модули деформации при первичном нагружении E и разгрузке E_{ur} , одометрический модуль E_{oed}**
 - для модели упрочняющегося грунта требуется определить модули деформации при вторичном нагружении E и разгрузке E_{ur} , одометрический модуль E_{oed}
 - для модели упрочняющегося грунта требуется определить модули деформации при повторном нагружении E и разгрузке E_{ur} , одометрический модуль E_{oed}
 - для модели упрочняющегося грунта требуется определить модули упругости при первичном нагружении E и разгрузке E_{ur} , одометрический модуль E_{oed}
4. Выберите правильное выражение:
 - для модели упрочняющегося грунта требуется определить показатель степени зависимости податливости грунта от уровня напряжений m
 - для модели упрочняющегося грунта требуется определить показатель степени зависимости жесткости грунта от уровня деформаций m
 - **для модели упрочняющегося грунта требуется определить показатель степени зависимости жесткости грунта от уровня напряжений m**
 - для модели упрочняющегося грунта требуется определить показатель степени зависимости жесткости грунта от уровня напряжений n
5. Выберите правильное выражение:
 - В качестве базовой характеристики жесткости принимается одометрический деформации E_{50ref} , соответствующий значению бокового давления в стабилометре $p_{ref} = 100$ кПа и 50% прочности грунта
 - В качестве базовой характеристики жесткости принимается одометрический модуль деформации E_{50ref} , соответствующий значению бокового давления в стабилометре $p_{ref} = 200$ кПа и 50% прочности грунта
 - В качестве базовой характеристики жесткости принимается секущий модуль деформации E_{50ref} , соответствующий значению бокового давления в стабилометре $p_{ref} = 50$ кПа и 50% прочности грунта
 - **В качестве базовой характеристики жесткости принимается секущий модуль деформации E_{50ref} , соответствующий значению бокового давления в стабилометре $p_{ref} = 100$ кПа и 50% прочности грунта**

6. Выберите правильное выражение:
- **Модель упрочняющегося грунта Hardening Soil характеризуется 10 параметрами**
 - Модель упрочняющегося грунта Hardening Soil характеризуется 12 параметрами
 - Модель упрочняющегося грунта Hardening Soil характеризуется 9 параметрами
 - Модель упрочняющегося грунта Hardening Soil характеризуется 6 параметрами
7. Выберите правильное выражение:
- Диаграмма Прандля соответствует модели упругого тела
 - Диаграмма Прандля соответствует модели упруго-пластического тела
 - **Диаграмма Прандля соответствует модели упруго-идеальнопластического тела**
 - Диаграмма Прандля соответствует модели пластического тела
8. Выберите правильное выражение:
- Главными особенностями модели HS являются гиперболическая зависимость между вертикальной абсолютной деформацией ϵ и девиатором напряжений $q=\sigma_1-\sigma_3$
 - Главными особенностями модели HS являются линейная зависимость между вертикальной относительной деформацией ϵ и девиатором напряжений $q=\sigma_1-\sigma_3$
 - Главными особенностями модели HS являются гиперболическая зависимость между горизонтальной относительной деформацией ϵ и девиатором напряжений $q=\sigma_1-\sigma_3$
 - **Главными особенностями модели HS являются гиперболическая зависимость между вертикальной относительной деформацией ϵ и девиатором напряжений $q=\sigma_1-\sigma_3$**
9. В каких грунтах вертикальные напряжения больше горизонтальных:
- Нормально уплотненные грунты ($OCR=1$) и переуплотнённые грунты ($OCR>1$)
 - **Нормально уплотненные грунты ($OCR=1$)**
 - Переуплотнённые грунты ($OCR>1$)
10. Какими прочностными параметрами характеризуются грунты в нестабилизированном состоянии:
- Угол внутреннего трения грунта ϕ , удельное сцепление c , недренированная прочность c_u
 - Угол внутреннего трения грунта ϕ , удельное сцепление c ,
 - **Недренированная прочность c_u**

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Определение напряжений в грутовом массиве (плоская задача)

Предпоследняя цифра зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , кН/м	200	150	300	180	260	360	220	240	320	280	240
b , м	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	0,8	2,8	3,2	2,4	1,8

Исходные данные

1. Размеры расчетной области: 20x10м.
2. Размер конечного элемента: $b/8 = 0,25$ м
3. Модель грунта: линейно-упругая (без прочностных ограничений)
4. Модуль деформации грунта (глина): $E = 20$ МПа
5. Коэффициент Пуассона: $\nu = 0,3$

Координаты точек для аналитического расчета

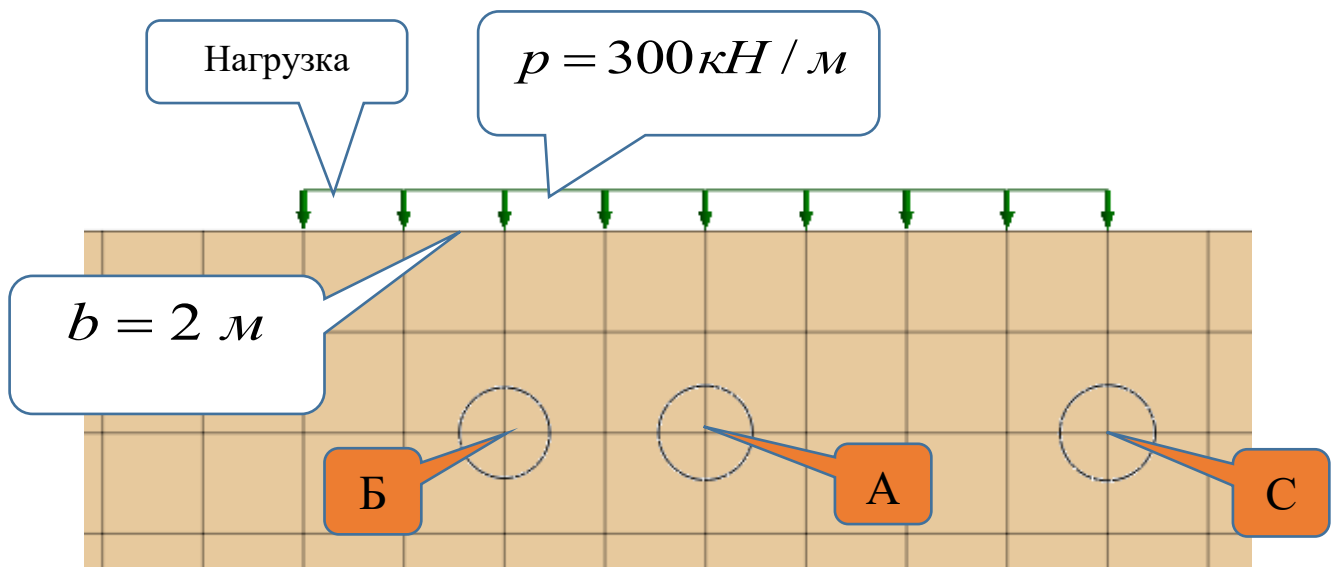


Рис.1. Расположение контрольных точек, в которых определяются напряжения

Точки по вертикали расположены от поверхности на расстоянии $b/4$. Точки по горизонтали расположены вправо и влево от середины полосы загрузки на расстоянии 0 (точка А), $b/4$ (точка В) и $b/2$ точка (точка С).

Аналитический расчет напряжений

В условиях плоской задачи определяются три составляющие напряжений: нормальные напряжения (σ_z , σ_x), касательное напряжение τ_{xz}

Осевые напряжения

$$\sigma_z = \frac{p}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos 2\beta_0)$$

$$\sigma_x = \frac{p}{\pi} (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos 2\beta_0)$$

$$\tau_{xz} = \frac{p}{\pi} \sin \alpha \cdot \sin 2\beta_0$$

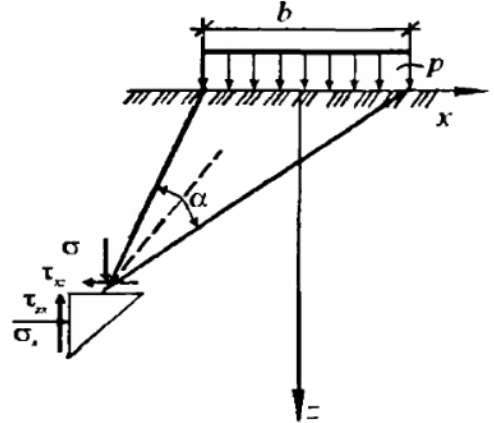


Рис.2

где - p - интенсивность полособразной равномерно распределенной нагрузки в кПа, α угол видимости, $\beta_0 = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$. Значения углов β_1 и β_2 , составляемые с вертикалью лучами угла видимости, определяются в зависимости от расположения точек. Положительное направление углов β_1 и β_2 отсчитываются от вертикали при повороте ее в сторону луча по ходу часовой стрелке (Рис.4-6).

Главные напряжения

$$\sigma_1 = \frac{p}{\pi} (\alpha + \sin \alpha),$$

$$\sigma_2 = \frac{p}{\pi} (\alpha - \sin \alpha),$$

Направление главного напряжения σ_1 совпадает с биссектрисой угла α . Главное напряжение σ_2 расположено на прямой, перпендикулярной к биссектрисе этого угла.

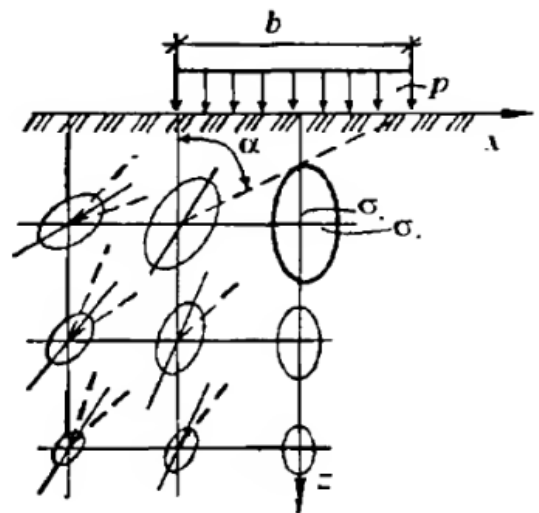


Рис.3

Точка А

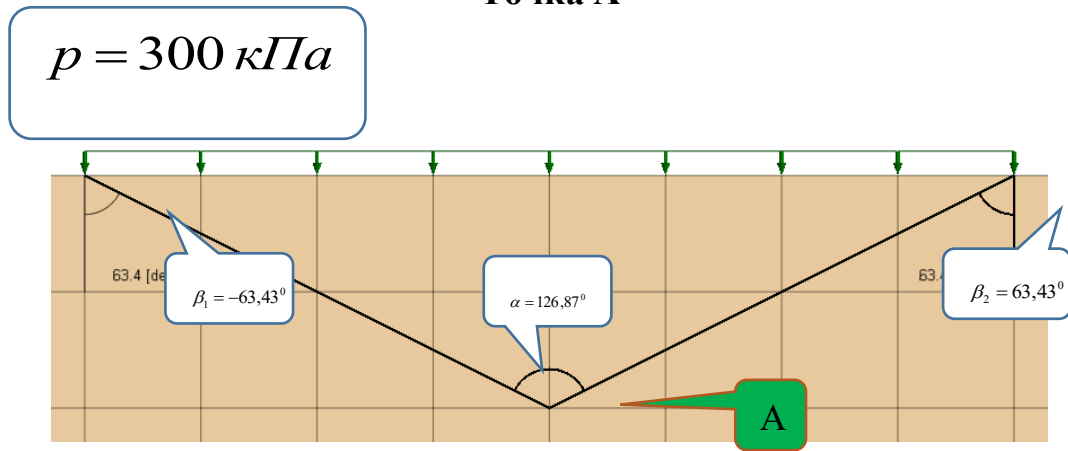


Рис.4 Схема к определению напряжений в точке А (положительное направление углов β_1 и β_2 отсчитываются от вертикали при повороте ее в сторону луча по ходу часовой стрелке)

Согласно рис.2. для точки А: $\alpha = 126,87^\circ (2,213 \text{ рад})$ $\beta_1 = -63,43^\circ$
 $\beta_2 = 63,43^\circ$

Осевые напряжения

$$\begin{aligned}\sigma_z^A &= \frac{P}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos 2\beta_0) = \frac{P}{\pi} (\alpha + \sin \alpha \cdot \cos(\beta_1 + \beta_2)) = \\ &= \frac{300}{3,14} (2,213 + \sin 126,87 \cdot \cos(296,6^\circ + 63,4^\circ)) = 287,87 \text{ кПа},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_x^A &= \frac{P}{\pi} (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos 2\beta_0) = \frac{P}{\pi} (\alpha - \sin \alpha \cdot \cos(\beta_1 + \beta_2)) = \\ &= \frac{300}{3,14} (2,213 - \sin 126,87 \cdot \cos(63,43^\circ - 63,43^\circ)) = 135,00 \text{ кПа},\end{aligned}$$

$$\tau_{xz}^A = \frac{P}{\pi} \sin \alpha \cdot \sin 2\beta_0 = \frac{P}{\pi} \sin \alpha \cdot \sin(\beta_1 + \beta_2) = \frac{300}{3,14} \sin 126,87 \cdot \sin(63,43^\circ - 63,43^\circ) = 0$$

Главные напряжения

$$\sigma_1 = \frac{P}{\pi} (\alpha + \sin \alpha) = \frac{300}{3,14} (2,213 + \sin 126,87^\circ) = 287,87 \text{ кПа},$$

$$\sigma_2 = \frac{p}{\pi}(\alpha - \sin \alpha) = \frac{300}{3,14}(2,213 - \sin 126,87^\circ) = 135,00 \text{ кПа}$$

Сравнение результатов аналитического и численного расчетов

Напряжения	Аналитическое решение	midas GTS NX ¹		ЛИРА-САПР	
		$\nu = 0,3$	$\nu = 0,45$	$\nu = 0,3$	$\nu = 0,45$
Точка А					
σ_z	287,87	286,38	285,78	285,0	283,0
σ_x	135,00	111,41	120,89	118,0	127,4
τ_{xz}	0	0	0	0	0
σ_1	287,87	286,72	286,14	285,0	283,0
σ_2	135,00	111,06	120,53	114,7	127,4
Точка Б					
σ_z	270,66	272,45	272,09	263,5	259,8
σ_x	117,81	94,68	104,89	101,75	112,82
τ_{xz}	28,66	38,66	38,44	38,55	33,25
σ_1	279,69	281,58	281,62	273,25	272,75
σ_2	108,78	85,55	95,35	88,70	80,03
Точка С					
σ_z	149,08	148,83	148,78	148,75	149,25
σ_x	104,11	84,48	94,55	85,02	94,95
τ_{xz}	89,91	80,86	80,92	79,23	79,25
σ_1	219,28	203,71	207,07	204,5	201,0
σ_2	33,91	29,61	36,26	26,00	21,16

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Расчет консольной гибкой подпорной стены

Предпоследняя цифра зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
q, кН/м	12	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
h, м	4,7	5,0	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2
φ, град	30	38	36	34	32	30	28	30	32	30	32

Исходные данные:

Стена:

$d = 4 \text{ м};$

$f_0 = 4,7 \text{ м};$

$f = 5,17 \text{ м};$

Сталь:

$E = 2,06 \cdot 10^8 \text{ кПа};$

$\nu = 0,3;$

$\gamma = 78,5 \text{ кН/м}^3;$

Основание:

$E = 30000 \text{ кПа};$

$\nu = 0,28;$

$\gamma = 18 \text{ кН/м}^3;$

$c = 1 \text{ кПа};$

$\varphi = 30 \text{ град};$

$q = 12 \text{ кН/м};$

Размеры расчетной области массива грунта - ширина 44 м, высота 27 м

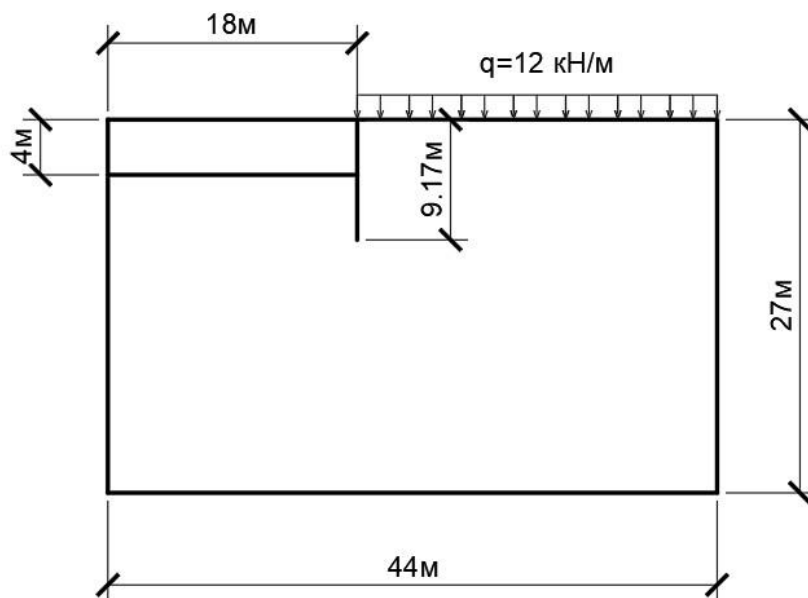


Рис. 1. Расчетная схема

1. Определение глубины заделки подпорной стены:

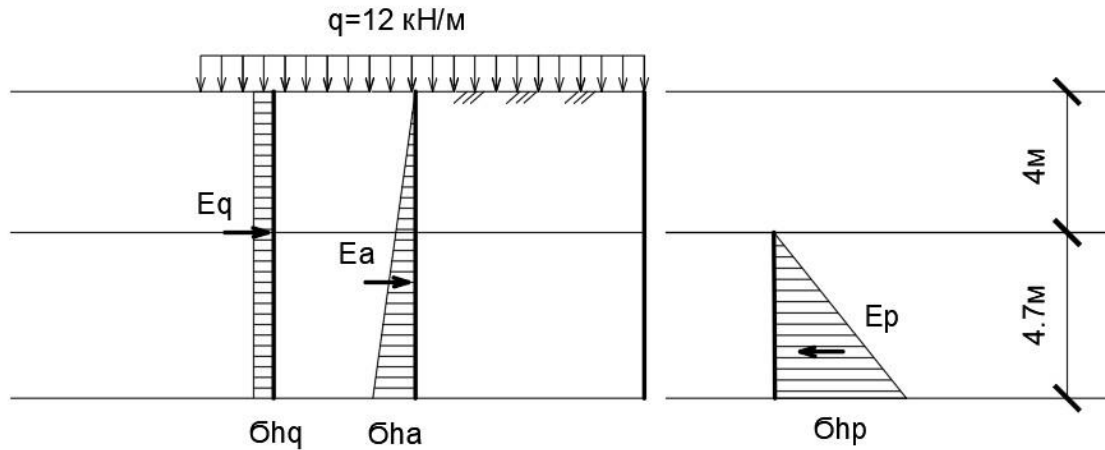


Рис. 2. Активное и пассивное давление грунта

$$K_a = \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)^2 = \tan(45^\circ - 30^\circ/2)^2 = 0,333$$

$$K_p = \tan(45^\circ + \varphi/2)^2 = \tan(45^\circ + 30^\circ/2)^2 = 3,000$$

Рассмотрим $f_0 = 4,7$ м:

Активное давление:

$$\sigma_{ha} = (d + f_0) \cdot \gamma_1 \cdot K_a$$

$$d=0 \text{ м} : \quad \sigma_{ha} = (d + f_0) \cdot \gamma_1 \cdot K_a = 0 \cdot 18 \cdot 0,333 = 0 \text{ кПа}$$

$$d=4,7 \text{ м} : \quad \sigma_{ha} = (d + f_0) \cdot \gamma_1 \cdot K_a = (4,0 + 4,7) \cdot 18 \cdot 0,333 = 52,199 \text{ кПа}$$

Давление от внешней полосовой нагрузки:

$$\sigma_{hq} = q \cdot K_a = 12 \cdot 0,333 = 3,996 \text{ кПа}$$

Пассивное давление грунта:

$$\sigma_{hp} = f_0 \cdot \gamma_1 \cdot K_p$$

$$f_0 = 0 \text{ м} : \quad \sigma_{hp} = 0 \text{ кПа}$$

$$f_0 = 4,7 \text{ м} : \quad \sigma_{hp} = 4,7 \cdot 18 \cdot 3,000 = 253,8 \text{ кПа}$$

Выполнение условия устойчивости:

$$\frac{\sum M_{\text{удерж}}}{\sum M_{\text{опр}}} \geq 1,15$$

$$E_q = (4,0 + 4,7) \cdot 3,996 = 34,77$$

$$E_a = (4,0 + 4,7) \cdot 52,199 \cdot 0,5 = 227,065$$

$$E_p = 4,7 \cdot 0,5 \cdot 253,8 = 596,43$$

$$\sum M_{\text{опр}} = E_q \cdot \frac{(4,0 + 4,7)}{2} + E_a \cdot \frac{1}{3}(4,0 + 4,7) = 809,738 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\sum M_{\text{удерж}} = E_p \cdot \frac{1}{3} \cdot 4,7 = 934,407 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\frac{\sum M_{\text{удерж}}}{\sum M_{\text{опр}}} = 1,154 > 1.15$$

Принимаем $f_0 = 4.7$ м, $f = 1.1 \cdot 4.7 = 5.17$ м

5. Таблица сравнения результатов

	GTS NX	Plaxis 2d	Аналитический расчет
Перемещения подпорной стены по оси X, см	7,95	8,405	-
Коэффициент устойчивости	1,34	1,29	1,154
Максимальный изгибающий момент в подпорной стене, кНм	269,6	263,6	-

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету
Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Классы решаемых геомеханических задач;
2. Определение напряжений от собственного веса грунта;
3. Эффективные напряжения, поровое давление, полные напряжения;
4. Природное напряженное состояние массива. Распределение вертикальных и горизонтальных напряжений в массиве. Коэффициент бокового давления грунта;
5. Переуплотненные грунты. Коэффициент переуплотнения;
6. Деформационные параметры грунтов, параметры сжимаемости, компрессионная кривая;
7. Понятие о модуле деформации, модули упругости при разгрузке. Одометрический и трехосный модули деформаций;

8. Лабораторные и полевые методы определения деформационных характеристик грунтов;
9. Прочностные характеристики грунтов,
10. Дренажная и недренажная прочность грунтов;
11. Одноплоскостной срез, трехосные испытания;
12. Условия прочности Кулона-Мора;
13. Модель местных упругих деформаций и ее вариации. Модель Винклера-Фуса. Модель Пастернака.
14. Типы материалов (упругие, упругопластические, упрочняющиеся);
15. Простые модели грунта (линейно-упругая, упругопластическая модель Мора-Кулона);
16. Шатровые модели (модель Soft soil);
17. Модель упрочняющегося грунта (HS, HSS);
18. Модель скального грунта (Hoek-Brown);
19. Параметры напряженно-деформированного состояния массива грунта. Понятие о модели грунта;
20. Тензор напряжений. Компоненты тензора напряженного состояния в декартовых координатах. Инварианты напряжений;
21. Меры количественной оценки напряженно-деформированного состояния массива грунта. Виды напряженного состояния материалов;
22. Виды зависимостей между напряжениями и деформациями. Линейно-упругое поведение грунта. Упругопластическое деформирование с упрочнением (или без упрочнения). Деформирование с разупрочнением;
23. Поведение грунтовых оснований в условиях одномерной, осесимметричной, трехмерной и плоской деформации;
24. Напряжения на наклонной площадке при линейном напряженном состоянии;
25. Напряжения на произвольной площадке при плоском напряженном состоянии.
26. Круг Мора (круг напряжений). Определение нормальных и касательных напряжений с помощью круга Мора. Нахождение главных напряжений при помощи круга Мора;
27. Понятие о теориях прочности. Теория наибольших нормальных напряжений. Теория наибольшей упругой деформации
28. Понятие о теориях прочности. Теория наибольших касательных напряжений
29. Теория прочности Кулона-Мора. Графическое построение для вывода уравнения закона прочности Кулона-Мора для сыпучих грунтов
30. Касательный и секущий модули деформации. Нормативная база для определения параметров моделей грунтов
31. Графическое построение для вывода уравнения закона прочности Кулона-Мора для связных грунтов

32. Котлованы с естественными и закрепленными откосами.
Удерживающие бермы, разгрузочные траншеи;
33. Распорные, подкосные и анкерные крепления шпунтовых ограждений котлованов;
34. Ограждения котлованов типа «стена в грунте»;
35. Ограждение котлованов из буронабивных и буронабивных свай;
36. Учет подземных вод при устройстве открытых котлованов;
37. Применение МКЭ в решении геотехнических задач;
38. Нелинейное решение для метода конечных элементов;
39. Критерии сходимости при решении нелинейных задач;
40. Расчет общей устойчивости системы (метод редукации);
41. Понятие КЭ, основные типы КЭ в задачах геомеханики;
42. Узел. Степень свободы. Система координат. Элементы. Пирамида.
Гексаэдр;
43. Конструкционные конечные элементы. Балочный элемент.
Оболочечный элемент;
44. Специальные конечные элементы. Контактные элементы
«интерфейсы»;
45. Элемент георешетки;
46. Одноузловой элемент упругой связи. Жесткая связь;
47. Основные этапы построения расчетной модели в задачах
геомеханики
48. Основные типы расчетов на примере ПК Midas GTS NX;

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные положения геотехнических расчетов	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,

			защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Напряженное состояние природного массива	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Жесткостные и прочностные характеристики грунтов	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Прочностные характеристики грунтов	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Модели грунтов	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Применение МКЭ в решении геотехнических задач	ПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется

оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Баклашов И.В., Картозия Б.А., Шашенко А.Н., Борисов В.Н. Геомеханика: Учебник для вузов. Том 2. Геомеханические процессы
2. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений в примерах и задачах. - М.: Изд-во «Недра» 1989.-728 с.
3. Шапиро Д.М. Теория и расчетные модели оснований и объектов геотехники. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2016.-180 с.
4. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения/ Под. Общей ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева.- М.: Изд-во АСВ, 2014.-272 с.
5. Дополнительная литература:
 1. Шапиро Д.М. Расчет конструкций и оснований методом конечных элементов : Учеб. посо-бие / Воронеж. гос. арх.- строит. акад. - Воронеж :, 1996. - 78с. (114)
 2. Мангушев Р.А. Основания и фундаменты. –М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2011-392 с.(10)
 3. Болдырев Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса. Пеза: ПГУАС, 2008. -696 с.
 4. Геотехнические методы подготовки строительных площадок : Учебное пособие / Мангу-шев Р. А. - Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 56 с. URL:<http://www.iprbookshop.ru/18991>

Справочно-нормативная литература

1. Основания, фундаменты и подземные сооружения/ М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др; Под общ. Ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Тро-фименкова. М.: Стройиздат, 1985.- 480 с.
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. Москва, 2016.

Справочно-нормативная литература

1. Основания, фундаменты и подземные сооружения/ М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др; Под общ. Ред. Е.А. Сорочана и Ю.Г. Тро-фименкова. М.: Стройиздат, 1985.- 480 с.
2. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. Москва, 2016.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. <http://midasit.ru>
2. <https://sio2d.ru/>
3. <http://georeconstruction.ru/>
4. <http://www.liraland.ru/>
5. elibrary.ru
6. dwg.ru

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Компьютерный класс (а. 1206), компьютеры с установленным ПК MIDAS GTS NX, ПК Лира Сапр.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Геомеханика» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета _____. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
---------------------	-----------------------

Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--