

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

А. Ю. Михайлов

**ФУНДАМЕНТЫ, ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ И ОГРАЖДЕНИЯ
КОТЛОВАНОВ**

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический
материал по изучению дисциплины для студентов, обучающихся в
магистратуре по направлению подготовки
08.04.01 Строительство

Профиль программы «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ
ПРОМЫШЛЕННОГО И ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»

Калининград
2022

УДК 72 (076)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительства ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»

Л.В. Узунова

Михайлов, А.Ю.

Фундаменты, подпорные стены и ограждения котлованов: учеб.-метод. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов магистратуры по направлению подготовки - 08.04.01 Строительство / **А.Ю. Михайлов.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 58 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины Фундаменты, подпорные стены и ограждения котлованов, предназначено для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство. Содержит рекомендации по изучению теоретического материала и подготовке к практическим занятиям при самостоятельной работе, использования основных нормативных документов, справочной и иной литературы в области проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений, устройства ограждения котлованов и подпорных стен. Дано описание видов текущего контроля, критерии оценок и условия допуска к текущей и промежуточной аттестации.

Табл. 17, рис. 17, список лит. – 13 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25.11. 2022 г., протокол № 03

УДК 72 (076)

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Михайлов А.Ю., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. Методические рекомендации к выполнению внеаудиторной самостоятельной работы.....	6
2. Тематический план дисциплины	8
Тема 1. Устойчивость грунтовых откосов и склонов	
1.1. Основы надежности и расчета грунтовых оснований.....	8
Пр. з. 1.1. Определение физико-механических характеристик грунтов.....	9
1.2. Устойчивость грунтовых откосов и склонов.....	16
Пр. з. 1.2. Расчет устойчивости грунтового склона.....	17
Вопросы для обсуждения к теме 1.....	20
Тема 2. Подпорные стены	
2.1. Проектирование подпорных стен.....	21
Пр. з. 2.1. Расчет подпорных стен.....	22
Вопросы для обсуждения к теме 2.....	27
Тема 3. Шпунтовые ограждения котлованов	
3.1. Проектирование шпунтовых ограждений котлованов.....	28
Пр. з. 3.1. Расчет шпунтового ограждения.....	28
Вопросы для обсуждения к теме 3.....	37
Тема 4. Специальные инженерные сооружения	
4.1. Силосы, резервуары, опускные колодцы.....	37
Пр. з. 4.1. Расчет опускного колодца.....	37
Вопросы для обсуждения к теме 4.....	45
3. Вопросы, выносимые на экзамен, и типы практических заданий.....	45
Заключение.....	48
Библиографический список.....	49
Приложение А. Варианты грунтовых условий с 1 по 30.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «**Фундаменты, подпорные стены и ограждения котлованов**» является дисциплиной основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, профиль программы «Проектирование объектов промышленного и гражданского строительства».

Целью изучения дисциплины является формирование у обучающихся профессиональных компетенций, предусмотренных ФГОС ВО.

В результате освоения дисциплины каждый обучающийся должен:

Знать: проблемы и методы исследований в сфере профессиональной деятельности; порядок составления технического задания, плана и программы исследований.

Уметь: формулировать цели и задачи исследования; выбирать методику проведения исследований; составлять техническое задание, план и программы исследований.

Владеть: навыками системного подхода при формулировании целей и задач исследования; выбора оптимального метода проведения исследований; составления технического задания, плана и программы исследований

Текущая и промежуточная аттестация

Для оценки результатов поэтапного освоения дисциплины (текущая аттестация) используются следующие оценочные средства:

- тестовые задания по отдельным темам (10-15 вопросов);
- проверка выполнения индивидуальных практических заданий;

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме курсовой работы и экзамена.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации, проводимой в форме экзамена, относятся:

- итоговый тест, состоящий из 35 вопросов;
- практическое задание;

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Тестовые задания текущего контроля используются для оценки освоения магистрантами отдельных тем дисциплины. Тестирование проводится перед началом практических занятий по времени не более 10 минут. Тест оценивается в процентах на правильные ответы по дихотомической системе: «правильный ответ – 1 балл, неправильный – 0 баллов». Критерий оценивания: менее 85% правильных ответов на вопросы теста - «не сдал», свыше 85% - «сдал».

Проверка выполнения индивидуальных практических заданий осуществляется по критерию: «зачтено» или «не зачтено». Задание считается не выполненным, если в результатах расчетов допущены грубые ошибки,

повлиявшие на общий результат, использованы устаревшие (не действующие нормативные документы), не правильно составлена расчетная схема или рабочий чертеж (схема).

Проверка задания по курсовой работе проводится в форме защиты. При защите курсовой работы слушатель кратко докладывает суть принятых решений и полученных результатов. После доклада, слушатель должен быть готов ответить на вопросы, которые заранее ему не были известны, но могут возникнуть в ходе защиты. Оценивая курсовую работу, преподаватель учитывает обоснованность и оригинальность принятых решений, глубину и полноту проработки проектного материала, умение использовать актуальную научно-техническую литературу, качество оформления, самостоятельность, ответы на вопросы.

Оценивание защиты курсовой работы осуществляется по четырех бальной системе.

Оценка *«Не удовлетворительно»* выставляется в случае выполнения не своего задания, допущения грубых ошибок, повлиявших на результаты расчетов, использование не актуальных нормативных документов, оформления графической и тестовых частей работы не по требованиям ЕСКД, не способность доложить о принятых решениях.

Оценка *«Удовлетворительно»* выставляется в случае допущения незначительных ошибок, в целом не повлиявших на результаты расчетов. При оформлении графической и тестовых частей курсовой работы допущены некоторые отступления от требований ЕСКД, при защите курсовой работы могут быть допущены незначительные неточности в ответах на вопросы.

Оценка *«Хорошо»* выставляется в случае выполнения курсовой работы полностью соответствующей критериям правильности полученных результатов расчетов принятых конструктивных решений, оформления по ЕСКД, грамотного изложения и ответов на вопросы, но при этом нет вариативного проектирования.

Оценка *«Отлично»* выставляется при выполнении всех условий как при оценивании на хорошо, но при этом используется вариативное проектирование и выполнен анализ принятого решения.

Экзамен проводится в конце семестра в виде итогового теста (35 вопросов) в ЭИОС с произвольным чередованием вопросов и выполнения практического задания. Время на выполнение тестового задания отводится 40 минут. Попыток – одна. Перечень вопросов, выносимых на тестирование, соответствует тематике изучаемого курса дисциплины. Время на выполнение практического задания до 2-х часов. Общая продолжительность экзамена не должна превышать более 3-х часов

Перечень вопросов для тестирования на экзамене, приведен в разделе 4.

Тест оценивается в процентах на правильные ответы: менее 60% - «не удовлетворительно», 61 – 70 % - «удовлетворительно», 71 – 90% - «хорошо», свыше 91% - «отлично».

Проверка выполнения практического задания осуществляется по критерию: «зачтено» или «не зачтено». Задание считается не выполненным, если в результатах расчетов допущены грубые ошибки, повлиявшие на общий результат, использованы устаревшие (не действующие нормативные документы), не правильно составлена расчетная схема или рабочий чертеж (схема).

Оценка за экзамен осуществляется по четырех бальной системе.

Условием допуска к экзамену (промежуточной аттестации) является:

- посещение лекционных и практических занятий согласно расписанию из расчета не менее 60% учебного времени, пропуски по не уважительным причинам не допускаются;

- пропущенные темы подлежат отработке в дни проведения консультаций по расписанию в виде тестирования;

- получение «зачета» по всем выполненным индивидуальным практическим заданиям;

- успешная защита курсовой работы, с оценкой не ниже «удовлетворительно».

Структура учебно-методического пособия представлена тематическим планом изучаемой дисциплины, содержащей: лекции; практические занятия; указаний для самостоятельной работы слушателей по изучению отдельных тем; перечень вопросов для обсуждения по каждой теме; перечень вопросов и типов задач, выносимых на экзамен (промежуточную аттестацию), списка рекомендованной литературы.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ВНЕАУДИТОРНОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Самостоятельная работа магистрантов – это планируемая работа, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, является одним из основных видов деятельности обучающихся.

Самостоятельная работа магистрантов включает в себя изучение лекционного материала и первоисточников, подготовке к практическим занятиям, а также выполнение курсовой работы.

Целью самостоятельных занятий является более глубокое изучение отдельных вопросов курса с использованием рекомендуемой дополнительной литературы и других информационных источников.

Задачами самостоятельной работы обучающихся являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать нормативную и справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности магистрантов, творческой инициативы, ответственности и организованности.

Основными формами внеаудиторной самостоятельной работы, используемых при изучении дисциплины «Фундаменты, подпорные стены и ограждение котлованов» являются:

1. Индивидуальные занятия (домашние занятия):

- изучение программного материала дисциплины (работа с учебником и конспектом лекции);
- изучение и конспектирование рекомендуемых источников;
- просмотр рекомендуемых обучающих видеофильмов и роликов по ссылкам в сети Internet;
- работа с электронными информационными ресурсами (ЭИОС КГТУ) и ресурсами Internet;
- выполнение тестовых заданий и решение задач;
- подготовка презентаций;
- работа с компьютерными программами;
- выполнение курсовой работы;
- поиск (подбор) литературы (в том числе электронных источников информации) по заданной теме;
- подготовка к экзамену и другим формам контроля;
- получение консультаций по вопросам изучаемой дисциплины (очно, в дни консультаций по расписанию; в любой доступной форме в электронной образовательной среде ЭИОС КГТУ; по видео конференции и другими доступными способами).

2. Групповая самостоятельная работа обучающихся:

- подготовка к занятиям с использованием активных форм обучения;

Университет обеспечивает учебно-методическую и материально-техническую базу для организации самостоятельной работы. Библиотека университета обеспечивает:

- учебный процесс необходимой литературой и информацией (комплектует библиотечный фонд учебной, методической, научной, периодической и справочной литературой в соответствии с учебными планами и программами, в том числе на электронных носителях);
- доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

Учебные программы раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой).

Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации обучающиеся могут воспользоваться электронной библиотекой Университета, и иных электронных библиотечных систем.

При выполнении практических заданий следует обратить внимание на использование актуальных нормативных документов, справочной и другой литературы, применяемой размерности в расчетах, установленного порядка проектирования, принятых расчетных схем и выводов.

Выполненная практическая работа должна быть соответствующим образом оформлена в отдельной тетради для практических работ или на отдельных листах формата А4 в текстовом редакторе Word с использованием графических программ и собранных в отдельную папку.

Конкретные указания к внеаудиторной самостоятельной работе приведены к каждой теме.

В начале практического занятия может проводиться тестирование продолжительностью до 10 мин. по изучаемой теме (в тесте по 10-15 вопросов).

2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Устойчивость грунтовых откосов и склонов

1.1. Основы надежности и расчета грунтовых оснований

Содержание: Факторы, определяющие надежность оснований и фундаментов. Оценка инженерно-геологических и гидрологических условий площадки строительства. Деформационные и прочностные характеристики грунтов.

Вопросы, выносимые для самостоятельного изучения (повторения).

1. Термины и определения

2. Методы определения механических характеристик грунтов (опытным путем, расчетами по известным формулам и по нормативным документам).

Вопросы, рекомендуемые для самостоятельного изучения (повторения) рассматриваются в дисциплине «Основы геотехники», и имеют важное значение при изучении дисциплины «Фундаменты, подпорные стены и ограждение котлованов», выполнении практических заданий и курсовой работы.

Оценка гидрологических условий строительной площадки. Влияние уровня грунтовых вод (УГВ) на прочностные характеристики грунтов, активизацию инженерно-геологических процессов (оползни, обвалы, деформации грунтов и

т.д.). Причины подтопления территорий. Влияние снижения УГВ на прочностные и деформационные характеристики грунтов.

В процессе самостоятельной работы над темой магистрантам рекомендуется просмотреть обучающие видеофильмы по определению физико-механических характеристик песчаных и глинистых грунтов по ссылкам в сети Internet. Ссылка отправляется преподавателем на групповую электронную почту (и имеется в лекционном материале).

Рекомендуемая учебная литература и нормативные документы: [1 стр.1-24]; [10 стр.13-26]; конспект темы 1.1 размещён в ЭИОС КГТУ.

Практическое занятие 1.1. Определение физико-механических характеристик грунтов

Задание на практическое занятие состоит из трех заданий (определение наименования песчаного грунта по гранулометрическому составу и определение физико-механических характеристик глинистого грунта) и выполняется каждым магистрантом индивидуально, по вариантам. Варианты заданий приведены ниже.

Цель практического занятия. Научиться определять наименование и типы грунтов, используемых в качестве естественных оснований под фундаменты зданий и сооружений, их основные физико-механические, прочностные и деформационные характеристики грунтов по расчетным формулам и нормативным документам.

В результате выполнения практических заданий магистрант должен:

- знать способы определения наименования грунтов по их некоторым физико-механическим характеристикам;
- уметь определять недостающие физико-механические, прочностные и деформационные характеристики грунтов.

Нормативные документы: [1 стр.1-24]; [3 Приложения А, Б, В].

Задание 1. Определить наименование песчаного грунта и его физико-механические свойства

Исходные данные к заданию

Вариант	Гранулометрический состав в %, размер в мм						Физические характеристики		
	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-01	0,1-0,05	0,05-0,01	ρ_s , г/см ³	ρ , г/см ³	W , %
0	1,5	8,0	28,0	45,5	10,0	7,0	2,65	1,68	9,3
1	1,0	9,0	35,0	30,0	15,0	10,0	2,40	1,42	10,0
2	2,0	11,0	40,0	30,0	12,0	5,0	2,54	1,52	9,6
3	1,8	14,0	42,2	20,0	10,0	12,0	2,62	1,62	10,5
4	2,1	13,9	25,0	41,0	8,0	10,0	2,60	1,58	9,2
5	2,0	15,0	35,0	40,0	4,0	4,0	2,58	1,56	8,4
6	3,2	14,0	20,8	30,0	12,0	20,0	2,65	1,61	14,0
7	12,0	12,0	36,0	12,0	12,0	16,0	2,64	1,62	12,0
8	11,0	32,0	32,0	15,0	5,0	5,0	2,60	1,58	9,5

9	2,0	4,0	46,0	40,0	2,0	6,0	2,59	1,48	10,6
10	4,0	4,0	12,0	20,0	40,0	20,0	2,64	1,62	6,0
11	11,0	11,0	11,0	11,0	44,0	12,0	2,64	1,58	9,5
12	2,0	12,0	20,5	34,0	12,5	19,0	2,56	1,52	8,2
13	4,0	4,0	30,0	60,0	1,2	0,0	2,65	1,68	8,0
14	14,0	24,0	30,0	12,0	12,0	8,0	2,63	1,62	9,5
15	2,0	14,0	34,0	15,0	25,0	10,0	2,60	1,60	10,0
16	2,5	28,5	31,0	32,0	2,0	4,0	2,68	1,62	9,0
17	3,0	14,0	17,0	16,0	40,0	10,0	2,64	1,60	10,2
18	12,0	12,0	12,0	16,0	30,0	18,0	2,56	1,48	9,0
19	2,0	18,0	21,0	16,0	36,0	4,0	2,65	1,60	9,4
20	20,0	10,0	30,0	30,0	5,0	5,0	2,62	1,60	9,2
21	3,0	25,0	22,0	30,0	10,0	10,0	2,62	1,62	11,0
22	13,0	25,0	12,0	20,0	25,0	5,0	2,65	1,68	9,8
23	2,5	13,5	28,0	40,0	12,0	4,0	2,63	1,64	9,0
24	15,0	12,0	28,0	15,0	15,0	15,0	2,64	1,61	14,0
25	15,0	13,0	31,0	21,0	12,0	8,0	2,66	1,61	10,0
26	1,0	32,0	32,0	21,0	10,0	4,0	2,62	1,60	10,2
27	8,0	32,0	40,0	10,0	6,0	4,0	2,62	1,58	9,0
28	3,0	3,0	42,0	12,0	30,0	10,0	2,63	1,58	9,4
29	5,0	35,0	40,0	10,0	6,0	4,0	2,64	1,64	10,0
30	12,0	30,0	40,0	8,0	4,0	6,0	2,65	1,65	9,0

Наименование крупнообломочного и песчаного грунта определяют по гранулометрическому составу, последовательно суммируя содержание фракций, сначала крупнее 2 мм, затем крупнее 0,5 мм и т.д.

Наименование грунта принимают по первому удовлетворяющему показателю их расположения в таблице 2.1

Пример решения (вариант 0):

1. частиц > 2 мм 1,5%; частиц > 0,5 мм 1,5+8=9,5% частиц > 0,25 мм 9,5+28=37,5%; частиц > 0,1 мм 37,5+45,5=83%. Так как, частиц крупнее 0,1 мм – 83%, что больше 75% (таблица 2.1), это будет песок мелкий.

Таблица 2.1 - Основные разновидности крупнообломочных и песчаных грунтов

Грунты	Размер частиц d, мм	Масса воздушно-сухого грунта, %
Крупнообломочные		
Валунный (глыбовый)	> 200	> 50
Галечный (щебенистый)	> 10	> 50
Гравийный (дресвяный)	> 2	> 50
Песчаные		
Песок гравелистый	> 2	> 25
Песок крупный	> 0,5	> 50
Песок средней крупности	> 0,25	> 50
Песок мелкий	> 0,1	> 75
Песок пылеватый	> 0,1	≤ 75

2. Далее определяем плотность сложения грунта по коэффициенту пористости и плотность сухого грунта (таблица 2.2)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01W} = \frac{1,68}{1 + 0,01 \cdot 9,3} = 1,54 \text{ г/см}^3 \quad e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,65}{1,54} - 1 = 0,72$$

Таблица 2.2 - Классификация песчаного грунта по плотности

Виды песков	Плотность сложения по коэффициенту пористости e		
	Плотные	Средней плотности	Рыхлые
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	$\leq 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,7$	$e > 0,7$
Пески мелкие	$\leq 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пески пылеватые	$\leq 0,6$	$0,6 \leq e \leq 0,8$	$e > 0,8$

Таким образом, имеем – *песок мелкий средней плотности* (выделено желтым цветом).

3. Далее определим степень влажности грунта (плотность воды $1,0 \text{ г/см}^3$)

$$S_r = \frac{0,01 \cdot W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = \frac{0,01 \cdot 9,3 \cdot 2,65}{0,72 \cdot 1,0} = 0,34$$

Следовательно, данный грунт – *песок мелкий средней плотности маловлажный* (таблица 2.3).

Таблица 3.3 - Степень влажности грунта

Состояние	Степень влажности
Маловлажные	$0 - 0,5$
Влажные	$0,5 - 0,8$
Насыщенные водой	$> 0,8$

4. Далее определяем прочностные и деформационные характеристики песчаного грунта (таблицы. 2.4 и 2.5)

Таблица 2.4 - Условное расчетное сопротивление R_0 песчаного грунта

Вид грунтов	R_0 кПа, в зависимости от плотности	
	плотные	средней плотности
Пески крупные независимо от влажности	600	500
Пески средние независимо от влажности	500	400
Пески мелкие:		
маловлажные	400	300
водонасыщенные	300	250
Пески пылеватые:		
маловлажные	300	250
влажные	250	150
водонасыщенные	200	100

Таблица 2.5 - Нормативные значения удельного сцепления c_n , кПа, угла внутреннего трения φ_n , град и модуля деформации E_n , МПа

Наименование песчаных грунтов	Характеристики грунта	Значения характеристик грунта при коэффициенте пористости e			
		0,45	0,55	0,65	0,75
Гравелистые и крупные	c_n	2	1	-	-
	φ_n	43	40	38	35
	E_n	50	40	30	15
Средние	c_n	3	2	1	-
	φ_n	40	38	35	33
	E_n	45	35	25	13
Мелкие	c_n	6	4	2	-
	φ_n	38	36	32	28
	E_n	40	30	20	12
Пылеватые	c_n	8	6	4	2
	φ_n	36	34	30	26
	E_n	35	25	18	11

Тогда, для песка мелкого, средней плотности, маловлажного при пористости $e = 0,72$ его прочностные и деформационные характеристики будут равны:

$$R_0 = 300 \text{ кПа};$$

$$c_n = 0,6 \text{ кПа};$$

$$\varphi_n = 29,2 \text{ град};$$

$$E_n = 14,4 \text{ МПа}.$$

Задание 2. Определить наименование глинистого грунта и его физико-механических свойств по следующим исходным данным:

Исходные данные к заданию

Вариант	ρ г/см ³	ρ_s г/см ³	W %	W_p %	W_L %
0	2,08	2,67	20,0	16,5	22,0
1	2,06	2,54	10,0	6,5	20,0
2	2,09	2,62	20,0	12,0	21,0
3	2,05	2,62	19,0	15,0	22,0
4	2,06	2,62	18,0	15,0	21,0
5	2,04	2,65	19,0	14,0	23,0
6	2,07	2,61	17,0	16,0	22,0
7	2,04	2,65	16,0	12,0	21,0
8	2,05	2,59	14,0	9,0	16,0
9	2,06	2,66	20,0	16,0	22,0
10	2,03	2,67	21,0	17,0	24,0
11	2,04	2,58	19,0	15,0	25,0
12	2,05	2,60	20,0	12,0	24,0
13	2,06	2,62	20,0	11,0	23,0
14	2,08	2,64	18,0	12,0	22,0
15	2,03	2,65	17,0	10,0	19,0

16	2,04	2,66	18,0	11,0	19,0
17	2,05	2,67	19,0	10,0	24,0
18	2,06	2,68	14,0	7,0	24,0
19	2,07	2,69	12,0	6,0	25,0
20	2,03	2,58	14,0	8,0	24,0
21	2,04	2,60	12,0	9,0	26,5
22	2,05	2,61	10,0	6,0	20,0
23	2,06	2,62	12,0	7,0	21,0
24	2,07	2,63	12,0	8,0	25,0
25	2,08	2,65	14,0	6,0	20,0
26	2,08	2,68	13,0	7,0	25,0
27	2,03	2,60	12,0	8,5	15,5
28	2,04	2,62	12,5	9,5	16,5
29	2,05	2,63	14,0	10,0	23,0
30	2,06	2,66	12,0	8,0	25,5

Пример решения (вариант 0):

1. Наименование глинистых грунтов определяется по показателю пластичности: $I_p = W_L - W_p = 22 - 16,5 = 5,5\%$

Значения показателя пластичности (в %) приведено в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Значения показателя пластичности I_p

Грунт	Число пластичности, %
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 \leq I_p \leq 17$
Глина	$I_p \geq 17$

2. По показателю текучести I_L определяют состояние глинистого грунта (таблица 2.7)

$$I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p} = \frac{20 - 16,5}{22 - 16,5} = 0,64$$

Таблица 2.7 - Значения показателя текучести I_L

Грунт	Показатель текучести
Супесь:	
твердая	$I_L \leq 0$
пластичная	$0 \leq I_L \leq 1$
текучая	$I_L \geq 1$
Суглинок и глина:	
твердые	$I_L \leq 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 \leq I_L \leq 0,5$
мягкопластичные	$0,5 \leq I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 \leq I_L \leq 1$

Нормативные значения физико-механических характеристик для глинистых грунтов приведено в таблице 2.8 и 2.9.

Таблица 2.8 - Физико-механических характеристик глинистых грунтов

Наименование глинистых грунтов	Показатель текучести I_L	Характеристики грунта	Характеристики грунта при коэффициенте пористости e						
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	21	17	15	13	-	-	-
		φ_n	30	29	27	24	-	-	-
		E	32	24	16	10	7	-	-
	$0,25 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	19	15	13	11	9	-	-
		φ_n	28	26	24	21	18	-	-
		E	31	23	15	9	6	-	-
Суглинки	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	47	37	31	25	22	19	-
		φ_n	26	25	24	23	22	20	-
		E	34	27	22	17	14	11	-
	$0,25 \leq I_L \leq 0,50$	c_n	39	34	28	23	18	15	-
		φ_n	24	23	22	21	19	17	-
		E	32	25	19	14	11	8	-
	$0,50 \leq I_L \leq 0,75$	c_n	-	-	25	20	16	14	12
		φ_n	-	-	19	18	16	14	12
		E	-	-	17	12	8	6	5
Глины	$0 \leq I_L \leq 0,25$	c_n	-	81	68	54	47	41	36
		φ_n	-	21	20	19	18	16	14
		E	-	28	24	21	18	15	12
	$0,25 \leq I_L \leq 0,50$	c_n	-	-	57	50	43	37	32
		φ_n	-	-	18	17	16	14	11
		E	-	-	21	18	15	12	9

3. Определяем плотность сложения грунта по коэффициенту пористости и плотность сухого грунта

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + 0,01W} = \frac{2,08}{1 + 0,01 \cdot 20} = 1,732 \text{ г/см}^3 \quad e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1 = \frac{2,67}{1,73} - 1 = 0,54$$

Таблица 2.9 - Условное расчетное сопротивление R_0 глинистых непросадочных грунтов

Вид грунта	Коэффициент пористости, e	R_0 , кПа, при показателе текучести I_L		
		0	0,5	0,75
Супеси	0,5	400	300	250
	0,7	300	250	200
Суглинки	0,5	400	350	300
	0,7	350	300	200
	1	250	200	150
Глины	0,5	600	500	400

	0,6	500	400	300
	0,8	300	250	200
	1,1	250	200	150

Для определения искомых нормативных значений механических показателей используют линейную интерполяцию.

Для нашего примера, для супеси пластичной при $e = 0,54$; и $I_L = 0,64$;
 $c_n = 15,4$ кПа; $\varphi_n = 26,1^\circ$; $R_0 = 275,4$ кПа; $E = 24,8$ МПа.

Задание 3. Определить наименование и расчётное сопротивление грунта R_0 на одноосное сжатие, если известно число пластичности $I_p = 8$, показатель текучести $I_L = 0,2$ и коэффициент пористости $e = 0,6$.

Исходные данные к заданию

Вариант	I_p	I_L	e	Вариант	I_p	I_L	e
0	8	0,2	0,6	-	-	-	-
1	2	0,4	0,65	16	8	0,2	0,4
2	4	0,5	0,7	17	4	0,5	0,2
3	7	0,1	0,4	18	6	0,4	0,4
4	8	0,3	0,45	19	17	0,5	0,5
5	9	0,6	0,5	20	18	0,2	0,6
6	10	0,7	0,6	21	19	0,4	0,5
7	11	0,8	0,7	22	6	0,4	0,6
8	12	0,6	0,6	23	8	0,2	0,7
9	13	0,5	0,6	24	9	0,5	0,4
10	14	0,6	0,7	25	4	0,3	0,5
11	17	0,7	0,7	26	10	0,5	0,6
12	17	0,2	0,6	27	12	0,5	0,2
13	18	0,4	0,5	28	13	0,7	0,7
14	2	0,3	0,6	29	6	0,4	0,7
15	5	0,6	0,4	30	7	0,3	0,5

Пример решения (вариант 0):

1. По табл. Б.11 ГОСТ 25100. 2020 «Грунты. Классификация» определяем наименование грунта по числу пластичности I_p (таблица 2.10)

Таблица 2.10 - Разновидность глинистых грунтов в зависимости от числа пластичности

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p
Супесь	1 – 7
Суглинок	7 – 17
Глина	> 17

2. По I_L определяем разновидность грунта (таблица 2.11).

Таблица 2.11 - Разновидность глинистых грунтов по показателю текучести

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести I_L
Суглинки и глины	
Твёрдые	< 0
Полутвёрдые	$0 - 0,25$
Тугопластичные	$0,25 - 0,5$
Мягкопластичные	$0,5 - 0,75$
Текучепластичные	$0,75 - 1,0$
Текучие	$> 1,0$

В нашем случае это будет *суглинок полутвердый*.

3. По СП 22.13330.2016 Приложения В, методом интерполяции определяем расчётное сопротивление R_0 на одноосное сжатие (таблица 2.12).

Таблица 2.12 - Расчетные сопротивления глинистых (непросадочных) грунтов

Глинистые грунты	Коэффициент пористости e	$I_L=0$	$I_L=1$
Суглинки	0,5	350	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100

Вначале определяем значение R_0 для $I_L=0$ и $I_L=1,0$ для промежуточного значения $e = 0,6$. Далее определяем требуемое значение R_0 при $I_L=0,2$.

$$R_0 = 300 - 2 * 8,5 = 283 \text{ кПа} \text{ или } R_0 = 215 + 8 * 8,5 = 268 \text{ кПа.}$$

1.2. Устойчивость грунтовых откосов и склонов

Содержание: Виды оползней и причины их возникновения.

Устойчивость грунтовых откосов из идеально сыпучего грунта.

Графо-аналитический метод расчета устойчивости откоса (метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения). Расчет устойчивости пристенного оползня. Оценка устойчивости основания насыпи.

Вопрос, выносимый для самостоятельного изучения.

Графический способ расчета устойчивости откоса (склона).

При самостоятельном изучении данного вопроса следует особое внимание обратить внимание на использование возможностей доступных графических редакторов (Autocad, Microsoft Visio и других), а также на точность, получаемую при ручном построении расчетных схем и с использованием графических редакторов.

Рекомендуемая учебная литература и нормативные документы: [8 стр.80-95]; [9 стр.652-654]; конспект лекции (размещена в ЭИОС КГТУ).

Практическое занятие 1.2. Расчет устойчивости грунтового склона

Задание на практическое занятие. Методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения определить величину коэффициента устойчивости $k_{уст}$ грунтового откоса высотой H и с заложением откоса m .

Грунт находится в состоянии природной влажности и имеет физико-механические характеристики γ , φ , c .

Исходные данные к заданию приведены ниже.

Цель практического занятия. Научиться выполнять расчеты и делать заключение об устойчивости грунтовых склонов и откосов котлованов, траншей без их крепления.

В результате выполнения практических заданий магистрант должен:

- знать методику определения устойчивости грунтового склона методом круглоцилиндрических поверхностей (графо-аналитический метод);
- уметь пользоваться нормативной и справочной литературой, выполнять необходимые расчеты и делать заключение об устойчивости грунтовых стен.

Учебные пособия: [1 стр. 2-16]; [6 стр. 2-161]; [10 стр. 64-77].

Некоторые рекомендации. Для откосов с однородными грунтами на всю толщу весьма полезным и простым способом определения координат X и Y центра O наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения, для которой коэффициент устойчивости $k_{уст}$ получается минимальным, является график Янбу (рисунок 2.2).

Радиус круглоцилиндрической дуги скольжения R целесообразно определять графическим методом по расчетной схеме (рисунок 2.1), выполненном в масштабе (обычно М 1:100).

Для расчета выделяют 1 пог. м. по длине откоса (перпендикулярно к плоскости чертежа). Вес расчетного отсека определяется как произведение удельного веса грунта на объем выделенного отсека:

$$P_i = \gamma \cdot V_i = \gamma \cdot A_i \cdot 1 \text{ пог. м}$$

Где A_i - площади выделенного отсека грунта.

Исходные данные к заданию

№ варианта	Высота откоса H , м	Заложение откоса m	Удельный вес грунта γ $\text{кН} / \text{м}^3$	Угол внутреннего трения грунта откоса φ , град	Удельное сцепление грунта откоса c , кПа
0	12,0	2,0	18,4	20	10
1	9,0	0,7	19,6	20	19
2	13,0	1,8	21,0	19	22
3	15,0	0,9	19,8	17	17
4	14,0	1,2	21,0	20	20

5	10,0	0,8	20,0	16	12
6	12,0	1,2	20,5	15	30
7	15,0	1,8	19,9	19	15
8	10,0	1,0	19,5	18	18
9	12,0	1,6	20,0	20	4
10	6,0	2,0	16,5	15	2
11	8,0	1,1	20,5	16	16
12	11,0	1,4	19,8	19	18
13	14,0	1,6	20,0	17	15
14	12,0	0,7	20,5	18	21
15	10,5	1,5	20,0	15	4
16	14,5	2,0	16,0	16	2
17	12,0	1,2	20,6	18	14
18	8,5	1,6	19,6	23	20
19	9,0	0,9	20,4	19	25
20	14,5	1,3	19,6	15	24
21	16,0	1,5	18,4	21	3
22	16,0	1,0	19,4	15	12
23	12,5	0,8	20,8	17	24
24	15,5	2,0	19,4	16	26
25	16,0	1,6	20,3	17	27
26	11,5	1,4	20,2	14	2
27	9,5	0,9	19,8	18	23
28	10,0	1,0	20,4	20	24
29	12,5	1,6	19,4	16	25
30	14,0	1,2	20,0	18	18

Пример решения варианта 0

1. Составляем расчетную схему склона (откоса) и определяем необходимые параметры графическим способом (Autocad).

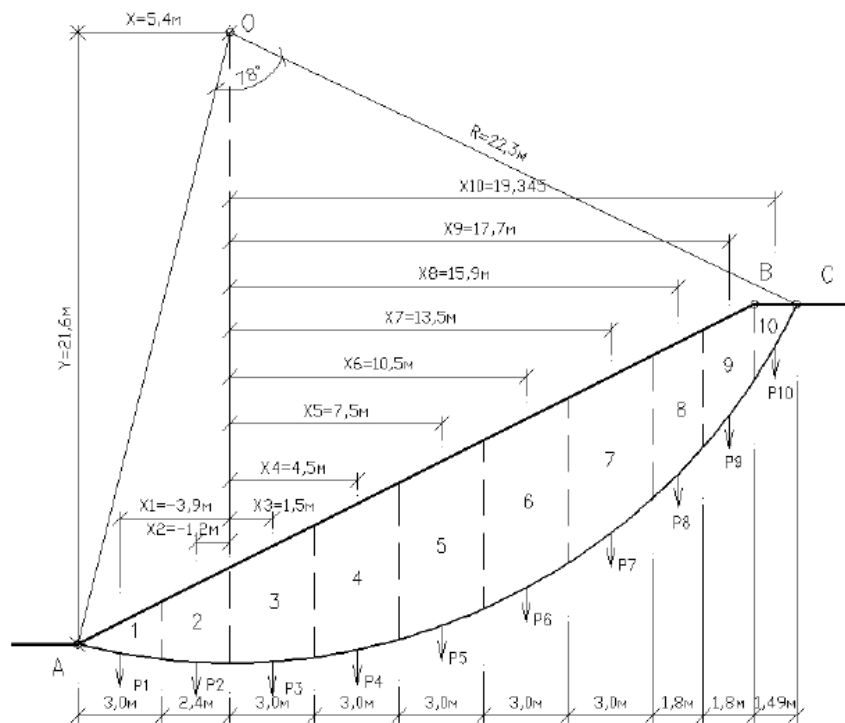


Рисунок 2.1 Расчетная схема откоса (склона)

2. Определяем значение

$$\lambda_{cp} = \frac{\gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg} \varphi}{c} = \frac{18,4 \cdot 12 \cdot 0,364}{10} = 8$$

Угол наклона грунтового откоса $\alpha = \arctan(1/m) = \arctan(1/2) = 27^\circ$

Для данных значений по графику Ямбу определяем относительные координаты $x_0 = 0,45$ и $y_0 = 1,8$

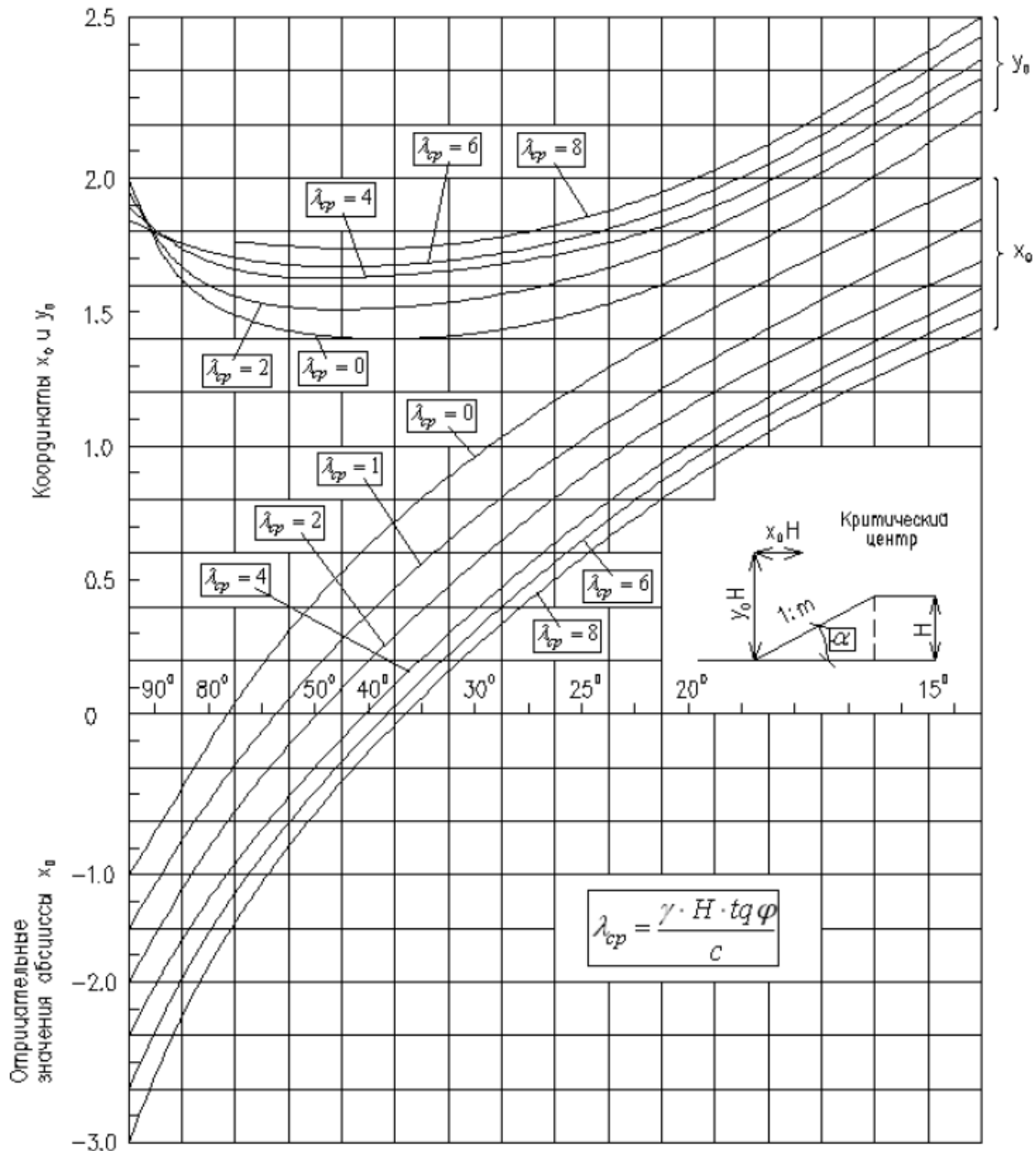


Рисунок 2.2 - График Ямбу для определения координат x и y центра O , наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения с минимальным коэффициентом устойчивости $k_{уст}$

3. Координаты центра наиболее опасной круглоцилиндрической поверхности скольжения O будут равны:

$$x = x_0 \cdot H = 0,45 \cdot 12 = 5,4 \text{ м}; \quad y = y_0 \cdot H = 1,8 \cdot 12 = 21,6 \text{ м}$$

Длина дуги скольжения при этом составит $L=30,3$ м а радиус дуги скольжения - $R =22,3$ м.

Сдвигающий момент M_{co} для блоков 1 и 2 примем отрицательным, т.к. они находятся на восходящей ветви кривой скольжения.

Выделим для расчета 10 отсеков шириной не более 3,0 м каждый и расчетные данные сведем в таблицу 2.13.

Таблица 2.13 - Результаты расчетов

№ отсека	Объем расчетного отсека V_i м ³	Вес расчетного отсека P_i кН	x_i , м	$P_i \cdot x_i$
1	3,1	57,04	-3,9	-222,5
2	6,5	119,6	-1,2	-143,5
3	12,2	224,5	1,5	336,8
4	15,3	281,5	4,5	1266,8
5	17,3	318,3	7,5	2387,3
6	17,9	329,4	10,5	3458,7
7	16,5	303,6	13,5	4098,6
8	8,3	152,7	15,9	2427,9
9	6,1	112,2	17,7	1985,9
10	2,1	38,6	19,35	746,9
Σ		1937,4	-	16342,9

5. Определим коэффициент устойчивости грунтового откоса по формуле:

$$k_{уст} = \frac{(0,8 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \cdot tg \varphi + c \cdot L) \cdot R}{\sum_{i=1}^n P_i x_i} = \frac{(0,8 \cdot 1937,4 \cdot 0,364 + 10 \cdot 30,3) \cdot 22,3}{16342,9} = 1,18$$

Вывод. Так как коэффициент устойчивости откоса больше единицы, то он может считаться устойчивым (целесообразно чтобы $k_{уст} \geq 1,2$).

Вопросы для обсуждения к теме 1

1. Назовите факторы, определяющие надежность оснований и фундаментов
2. Как классифицируются нагрузки, по их длительности воздействия на строительные конструкции?
3. По каким параметрам производится оценка ИГУ площадки строительства?
4. По каким параметрам производится классификация грунтов в соответствии с ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация?
5. Назовите основные физико-механические характеристики песчаных и глинистых грунтов.
6. Назовите основные прочностные и деформационные характеристики грунтов, используемых в качестве естественных оснований.
7. Модуль упругости (строительные конструкции) и модуль деформации (грунты оснований), в чем принципиальная разница?

8. Назовите факторы, определяющие режим функционирования грунтовых вод (региональные и локальные факторы).
9. Каким образом уровень грунтовых вод оказывает влияние на прочностные характеристики грунтов?
10. Назовите причины подтопления территорий.
11. Назовите причины снижения прочностных и деформационных характеристик грунтов при понижении УГВ.
12. Назовите причины возникновения неравномерных осадков грунтов.
13. Назовите типы сооружений по жесткости фундаментов.
14. Назовите конструктивные мероприятия, проводимые для снижения чувствительности сооружений к неравномерным осадкам оснований.
15. Назовите критерии оценки вариативного проектирования оснований и фундаментов.
16. Перечислите способы защиты территории от затопления и подтопления поверхностными водами.
17. Перечислите способы понижения уровня грунтовых вод с открытых котлованах.
18. Назовите виды нарушения устойчивости грунтовых склонов.
19. Назовите критерий устойчивости грунтового склона.
20. Перечислите основные способы определения устойчивости грунтовых склонов.
21. В чем заключается суть графо-аналитического метода определения устойчивости грунтового склона?

Тема 2. Подпорные стены

2.1. Проектирование подпорных стен

Содержание: Термины и определения. Конструкции массивных и тонкостенных подпорных стен. Современные материалы для возведения подпорных стен. Порядок определения активного и пассивного давления на подпорные стены. Расчет устойчивости подпорных стен.

Вопрос, выносимый для самостоятельного изучения.

Требования к материалам подпорных стен

При самостоятельном изучении данного вопроса следует обратить внимание на требования к строительным материалам, используемых для проектирования подпорных стен. В процессе самостоятельной работы над темой слушателям рекомендуется ознакомиться с рекомендациями к расчету подпорных стен в Справочном пособии «Сооружения промышленных предприятий» к СНиП 2.09.03-85.

Рекомендуемая учебная литература и нормативные документы: [6 стр. 51-54]; [7 стр.313-321, 336-338]; [8 стр. 64-77]; конспект лекции (размещена в ЭИОС КГТУ).

Практическое занятие 2.1. Расчет подпорной стены

Задание на практическое занятие включает в себя выполнение трех практических заданий: определение давления на подпорную стену от идеально сыпучего грунта; определение давления на подпорную стену из идеально сыпучего грунта с пригрузом и определение давления на подпорную стену из связного грунта.

Цель практического занятия. Научиться определять активное и пассивное давление на подпорную стену при различных грунтах (с пригрузом и без пригруза), делать заключение об устойчивости подпорной стены.

В результате выполнения практических заданий магистрант должен:

- знать методику определения активного и пассивного давления различных грунтов на подпорную стену;
- уметь пользоваться нормативной и справочной литературой, выполнять необходимые расчеты и делать заключение об устойчивости грунтовых стен.

Учебные пособия: [4 стр. 2-161; [5 стр. 2-83]; [8 стр. 64-77];

Задание 1. Определение давления грунта на подпорную стену от идеально сыпучего грунта. Подпорная стена высотой H с абсолютно гладкими вертикальными гранями и горизонтальной поверхностью засыпки грунта за стеной имеет заглубление фундамента h . Определить активное и пассивное давление сыпучего грунта на подпорную стену.

При построении расчетной схемы и эпюр активного и пассивного давлений грунта на подпорную стену следует принимать масштаб размеров 1:50, масштаб давлений 25 кПа в одном сантиметре. Расчетная схема представлена на рисунке 2.3.

Исходные данные к заданию

№ варианта	$H, м$	$h, м$	Грунт сыпучий		Грунт связный			q кПа
			φ град	γ кН/м ³	φ град	γ кН/м ³	$c,$ кПа	
0	6,0	1,5	16	22,0	21	22,0	18	50
1	6,0	1,8	17	19,6	16	20,5	16	150
2	8,0	2,2	21	21,5	19	19,8	18	220
3	7,0	2,0	16	20,6	17	20,2	15	160
4	5,0	1,9	14	19,1	18	20,9	21	150
5	9,0	2,5	25	20,3	21	20,8	23	180
6	4,0	1,6	18	21,8	20	19,7	19	12,
7	6,0	1,9	12	20,8	14	20,6	14	240
8	10,0	3,2	19	19,4	22	19,8	22	200
9	8,0	2,3	16	20,4	23	19,6	20	150
10	7,0	2,4	20	21,3	19	20,4	25	140
11	5,0	1,5	24	20,1	15	19,7	24	130
12	6,5	2,2	19	19,4	10	20,4	27	270
13	9,5	2,6	17	21,1	17	20,8	24	210

14	7,0	2,0	24	20,5	16	19,4	26	190
15	12,0	3,2	21	19,6	17	20,3	27	185
16	11,0	3,4	26	21,1	14	20,7	27	160
17	6,5	2,7	24	20,4	18	19,8	23	200
18	7,5	1,8	28	21,4	20	20,4	24	270
19	8,5	2,1	30	19,7	16	19,4	29	180
20	9,0	2,6	17	20,7	18	20,0	27	190
21	13,0	3,9	24	21,3	14	19,7	27	165
22	9,5	2,5	20	19,8	13	19,8	24	170
23	6,5	1,8	21	20,6	18	20,7	26	210
24	8,5	2,4	19	19,4	20	20,3	18	150
25	11,0	3,2	27	21,5	17	19,4	29	170
26	13,5	3,4	26	20,6	21	19,9	17	160
27	7,5	2,4	21	19,4	16	19,2	26	180
28	9,0	2,8	19	21,6	17	20,6	27	200
29	15,0	4,1	22	20,2	13	20,4	28	240
30	12,5	3,2	27	21,0	12	20,8	27	180

Пример решения варианта 0

1. Определим активное давление грунта на подпорную стену

$$\sigma_{a(H)} = \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 22 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{16}{2}\right) = 75 \text{ кПа}$$

Тогда, равнодействующая активного давления будет равна (рисунок 2.3):

$$E_a = \sigma_{a(H)} \cdot \frac{H}{2} = 75 \cdot \frac{6}{2} = 225 \text{ кН/м}$$

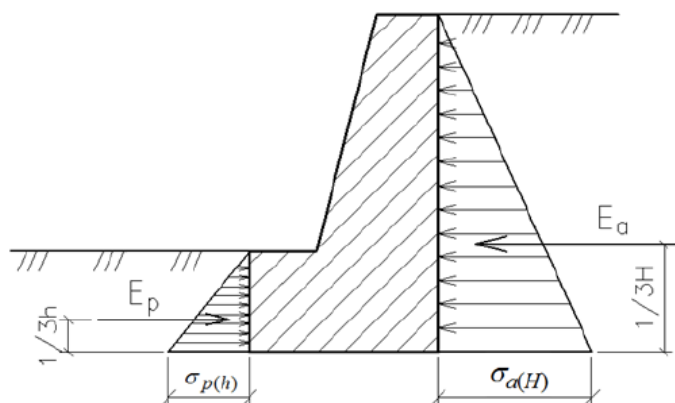


Рисунок 2.3 - Расчетная схема подпорной стены с эпюрами активных и пассивных напряжений

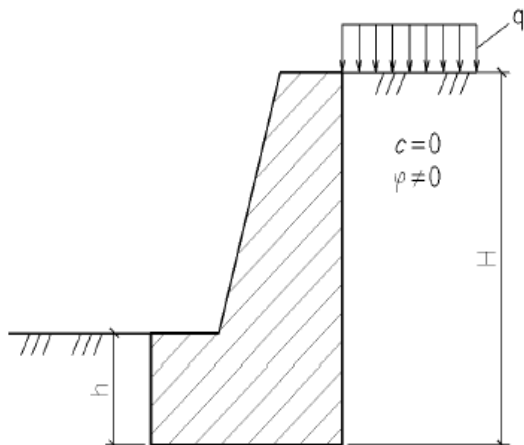
2. Определим пассивное давление грунта на подпорную стену

$$\sigma_{p(h)} = \gamma \cdot h \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) = 22 \cdot 1,5 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{16}{2}\right) = 58,1 \text{ кПа}$$

Тогда, равнодействующая пассивного давления будет равна:

$$E_p = \sigma_{p(h)} \cdot \frac{h}{2} = 58,1 \cdot \frac{1,5}{2} = 43,6 \text{ кН/м}$$

Задание 2. Определение давления грунта на подпорную стену от идеально сыпучего грунта с учетом пригруза на поверхности. Подпорная стена высотой H с абсолютно гладкими вертикальными гранями и горизонтальной поверхностью засыпки грунта за стеной имеет заглубление фундамента h . Определить активное и пассивное давление сыпучего грунта на подпорную стену с учетом пригруза.



Исходные данные те же. Величина пригруза 50 кПа. Расчетная схема представлена на рисунке 2.4.

При построении расчетной схемы и эпюр активного и пассивного давлений грунта на подпорную стену следует принимать масштаб размеров 1:50, масштаб давлений 25 кПа в одном сантиметре.

Рисунок 2.4 - Расчетная схема подпорной стены с пригрузом на поверхности

Примечание: действие равномерно-распределенного пригруза заменяется эквивалентным слоем грунта.

Пример решения варианта 0

1. Определим значение эквивалентной высоты слоя грунта (рисунок 2.5):

$$h_q = \frac{q}{\gamma} = \frac{50}{22} = 2,27 \text{ м}$$

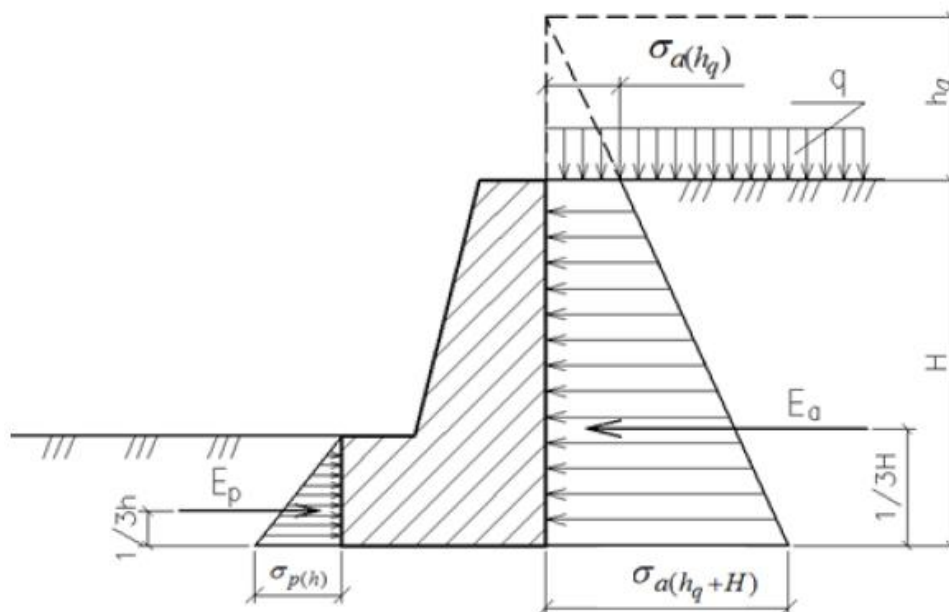


Рисунок 2.5 - Расчетная схема подпорной стены с эпюрами активных и пассивных напряжений

2. Определим активное давление грунта на уровне верха подпорной стены

$$\sigma_{a(h_q)} = \gamma \cdot h_q \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 22 \cdot 2.27 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{16}{2}\right) = 28,36 \text{ кПа}$$

Активное давление на уровне подошвы подпорной стены равно:

$$\sigma_{a(h_q+H)} = \gamma \cdot (h_q + H) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 22 \cdot (2.27 + 6) \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{16}{2}\right) = 103,3 \text{ кПа}$$

Тогда, равнодействующая активного давления будет равна (рисунок 2.5)

$$E_a = \frac{\sigma_{a(h_q)} + \sigma_{a(h_q+H)}}{2} \cdot H = \frac{28,36 + 103,3}{2} \cdot 6 = 395,0 \text{ кН/м}$$

Задание 3. Определение давления грунта на подпорную стену от связного грунта. Подпорная стена высотой H с абсолютно гладкими вертикальными гранями и горизонтальной поверхностью засыпки грунта за стеной имеет заглубление фундамента h .

Определить активное и пассивное давление связного грунта на подпорную стену. Исходные данные те же. Расчетная схема представлена на рисунке 2.6. При построении расчетной схемы и эпюр активного и пассивного давлений грунта на подпорную стену следует принимать масштаб размеров 1:50, масштаб давлений 25 кПа в одном сантиметре.

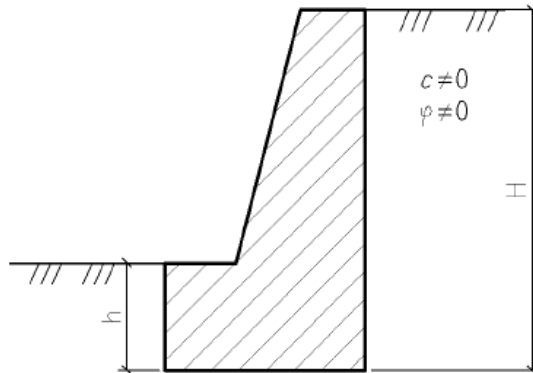


Рисунок 2.6. Расчетная схема подпорной стены

1. Действие сил сцепления заменяется всесторонним давлением связности:

$$p_c = \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi}$$

2. Давление связности приводится к эквивалентному слою грунта по вертикали:

$$h' = \frac{c}{\gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi}$$

3. Активное давление на уровне подошвы подпорной стены определяется:

$$\sigma_{a(H+h')} = \gamma \cdot (H + h') \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - p_c$$

Подставляя значения и после преобразования, получаем выражение:

$$\sigma_{a(H+h')} = \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$$

4. На некоторой глубине суммарное давление будет равно нулю, из условия $\sigma_a = 0$ находим высоту h_c

$$h_c = \frac{2c}{\gamma \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}$$

5. Равнодействующая активного и пассивного давления вычисляется как:

$$E_a = \frac{\sigma_{a(H+h')} \cdot (H - h_c)}{2}$$

$$E_p = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot h \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right)$$

Пример решения варианта 0

Действие сил сцепления заменяем всесторонним давлением связности:

$$p_c = \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{18}{\operatorname{tg} 21^\circ} = \frac{18}{0,384} = 46,88 \text{ кПа}$$

Вертикальное давление связности приводим к эквивалентному слою грунта:

$$h' = \frac{c}{\gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi} = \frac{18}{22 \cdot 0,384} = 2,13 \text{ м}$$

Активное давление на уровне подошвы подпорной стены:

$$\sigma_{a(H+h')} = \gamma \cdot H \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) - 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) =$$

$$= 22 \cdot 6 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{21}{2}\right) - 2 \cdot 18 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{21}{2}\right) = 38,0 \text{ кПа}$$

$$h_c = \frac{2c}{\gamma \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)} = \frac{2 \cdot 18}{22 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{21}{2}\right)} = 2,37 \text{ м}$$

Равнодействующая активного давления равна:

$$E_a = \frac{\sigma_{a(H+h')} \cdot (H - h_c)}{2} = \frac{38 \cdot (6 - 2,37)}{2} = 68,97 \text{ кН/м}$$

Равнодействующая пассивного давления:

$$E_p = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) + 2c \cdot h \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) =$$

$$= \frac{22 \cdot 1,5^2}{2} \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{21}{2}\right) + 2 \cdot 18 \cdot 1,5 \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{21}{2}\right) = 131,59 \text{ кН/м}$$

По полученным данным строим расчетную схему и эпюру напряжений (рисунок 2.7).

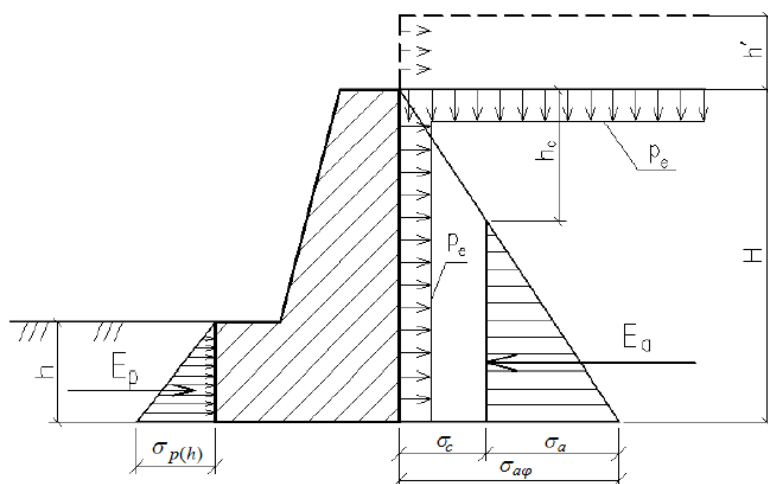


Рисунок 2.7. Расчетная схема подпорной стены с эпюрами активного и пассивного напряжений

Вопросы для обсуждения к теме 2

1. В чем состоит смысл понятия «коэффициент бокового давления грунта»? Чему он равен для условий компрессионного сжатия?
2. С чем связана экономичность тонкостенных конструкций подпорных стен по сравнению с массивными стенами?
3. Как связано боковое давление грунта на стену с направлением и величиной ее перемещения?
4. Рассматривая схему действия сил на подпорную стену, указать силы опрокидывающие и удерживающие; сдвигающие и удерживающие.
5. В чем состоит смысл понятия «призма обрушения»? Какие силы действуют на нее со стороны задней грани подпорной стены и со стороны неподвижного грунта?
6. Как коэффициенты активного и пассивного давления зависят от угла внутреннего трения грунта в простейшем расчетном случае?
7. Чем отличаются значения перемещений, необходимых для реализации активного и пассивного давления? Почему при расчете стены по предельным состояниям учитывается только $\frac{1}{3}$ часть рассчитанного отпора?
8. Как влияет наклон поверхности засыпки на активное давление?
9. Какими мерами можно изменить трение грунта о стенку?
10. Как влияет наклон задней грани стены на активное давление?
11. В каких случаях вертикальная составляющая давления будет увеличивать опрокидывающий момент?
12. Какими мерами можно повысить устойчивость стены против опрокидывания?
13. Какими мерами можно повысить устойчивость стены против сдвига по подошве без увеличения массы стены?

Тема 3. Шпунтовые ограждения котлованов

3.1. Проектирование шпунтовых ограждений котлованов

Содержание: Конструктивные решения шпунтовых ограждений котлованов и траншей: металлические шпунты Ларсена; ограждения из стальных и железобетонных труб; пластиковые шпунтовые ограждения. Активное и пассивное давление. Определение усилий от нагрузок грунта, действующих на шпунтовое ограждение.

Расчет шпунтовых ограждений по 1-й и 2-й группам предельных состояний. Устойчивость шпунтовых ограждений. Стена в грунте.

Исполнительная документация при разработке грунта в котлованах.

Вопросы, выносимый для самостоятельного изучения.

1. Способы отвода поверхностных вод со строительной площадки и понижения уровня грунтовых вод.

2. Иглофильтровальный способ понижения уровня грунтовых вод.

В процессе самостоятельной работы над темой студентам рекомендуется углубленно изучить рекомендации по проектированию водоотведения открытым способом поверхностных вод со строительной площадки.

Рекомендуемая учебная литература и нормативные документы: [2 стр. 2-44]; [5 стр. 4-37]; [8 стр. 187-188]; [10 стр. 78-79]; [11 стр. 781-789]; конспект лекции (размещена в ЭиОС КГТУ).

Практическое занятие 3.1. Расчет шпунтового ограждения

Время: 4 час.

Задание на практическое занятие. По материалам инженерно-геологических изысканий площадки строительства (Приложение А) выполнить расчет шпунтового ограждения котлована. На поверхности действует равномерно - распределенная нагрузка 12 кПа. Глубина котлована 4,0 м. Отметку дна котлована определять по планировочной поверхности между двумя скважинами. При наличии высокого уровня грунтовых вод (УГВ) учитывать взвешивающее действие воды. Если в качестве ИГЭ присутствует глина, то при УГВ выше слоя глины, считать их водоупорным слоем.

Цель практического занятия. Научиться определять усилия в шпунтовом ограждении от действующих нагрузок (активное и пассивное давление). Подбирать тип шпунтового ограждения котлована.

В результате выполнения практического задания слушатель должен:

- знать методику определения давления грунта, действующего на шпунтовое ограждение (активное и пассивное давление); правила проектирования и расчета шпунтовых ограждений;

- уметь делать заключение об устойчивости шпунтового ограждения котлована или траншеи.

Учебные пособия: [11 стр. 781-789].

Согласно СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений» значения φ_{II} и C_{II} необходимо уточнить.

Коэффициент надежности по грунту для удельного сцепления $\gamma_{g(c)}=1,5$; коэффициент для угла внутреннего трения песчаных грунтов $\gamma_{g(\varphi)}=1,1$, а для глинистых $\gamma_{g(\varphi)}=1,15$.

Уточняем путем деления значения на соответствующий коэффициент надежности по грунту.

Для расчета шпунтового ограждения необходимо определить давление грунта с наружной и внутренней сторон ограждения. Давление грунта, обусловленное его внутренним трением, бывает активное и пассивное.

Исходные данные грунтовых условий строительной площадки приведены в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_{II} , кПа	φ_{II} , град	E , МПа	Примечание
1	167,0	Пылеватый песок	1,9	2,67	–	–	0,1	1,84	7	34	15,0	УГВ = 4,9 м
		Супесь	2,4	2,65	0,13	0,17	0,15	1,79	3	21	12,0	
		Суглинок аллювиальный	3,8	2,66	0,17	0,25	0,24	1,81	15	14	8,9	
		Глина	3,7	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	30,0	
2	168,0	Пылеватый песок	2,8	2,67	–	–	0,1	1,84	7	34	15,0	УГВ = 4,8 м
		Супесь	3,6	2,65	0,13	0,17	0,15	1,79	3	21	12,0	
		Суглинок аллювиальный	4,6	2,66	0,17	0,25	0,24	1,81	15	14	8,9	
		Глина	3,7	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	30,0	

Расчетная схема шпунтового ограждения котлована представлена на рисунке 2.8.

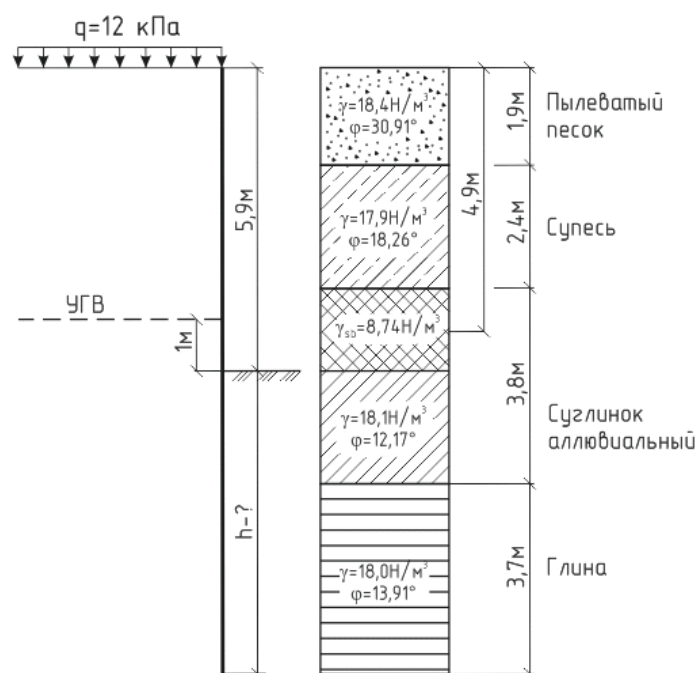


Рисунок 2.8. Расчетная схема шпунтового ограждения котлована

Пример решения варианта 0 (по первой скважине)

1. Определяем коэффициенты активного и пассивного давлений.

Коэффициенты активного давления:

$$\lambda_{a1} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_{I1}}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{30,91^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(29,55^\circ) = 0,32$$

$$\lambda_{a2} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{18,26^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(35,87^\circ) = 0,52$$

$$\lambda_{a3} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{12,17^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(38,92^\circ) = 0,65$$

$$\lambda_{a4} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{13,91^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(38,05^\circ) = 0,63.$$

Коэффициенты пассивного давления:

$$\lambda_{n1} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{30,91^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(60,46^\circ) = 3,11$$

$$\lambda_{n2} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{18,26^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(54,13^\circ) = 1,91$$

$$\lambda_{n3} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{12,17^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(51,09^\circ) = 1,53$$

$$\lambda_{n4} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{13,91^\circ}{2}\right) = \operatorname{tg}^2(51,96^\circ) = 1,63$$

2. Определим давление грунта на шпунтовую стенку:

Активное давление:

- На уровне поверхности грунта:

$$p_1 = q \cdot \lambda_{a1} = 12 \cdot 0,32 = 3,84 \text{ кПа}$$

- На уровне поверхности грунтовых вод с учетом характеристик грунта I слоя в сухом состоянии:

$$p_2 = p_1 + \gamma_1 (H_k - h_w) \cdot \lambda_{a1} = 3,84 + 18,4 \cdot 4,9 \cdot 0,32 = 32,69 \text{ кПа}$$

где: γ_1 – удельный вес I слоя грунта, $\gamma_1 = \rho \cdot g$, (g – ускорение свободного падения).

- На уровне дна котлована с учетом характеристик I слоя:

$$p_3 = p'_3 - p_{ac}$$

Где составляющая за счет внутреннего трения:

$$p'_3 = p_2 + \gamma_{sb} \cdot h_w \cdot \lambda_{a1} + \gamma_w \cdot h_w$$

Составляющая за счет сцепления (для связных грунтов):

$$p_{ac} = \frac{c_1 \cdot (1 - \lambda_{a1})}{\operatorname{tg} \varphi_1}$$

где γ_{sb} – удельный вес грунта в водонасыщенном состоянии; h_w – высота грунтовой воды над уровнем котлована; γ_w – удельный вес воды.

$$\gamma_{sb} = \frac{g \cdot (\rho_s - 1)}{1 + e} = \frac{10 \cdot (2,67 - 1,0)}{1 + 0,91} = 8,74 \text{ кН/м}^3$$

где ρ_s – плотность частиц грунта;

e – коэффициент пористости грунта:

$$e = \frac{2,67 - 1,67}{1 + 0,1} = 0,91;$$

где ρ_d – плотность грунта в сухом состоянии:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w} = \frac{1,84}{1 + 0,1} = 1,67$$

где w – влажность грунта; ρ – плотность грунта.

$$p_3 = (32,69 + 8,74 \cdot 1 \cdot 0,32 + 10) - \frac{4,67 \cdot (1 - 0,32)}{0,60} = 45,49 - 5,29 = 40,2 \text{ кПа.}$$

На глубине h ниже дна котлована. Делаем предположение, что шпунт должен заглубиться до второго слоя:

$$p_4 = 40,2 + 17,9 \cdot h \cdot 0,52 = 40,2 + 9,31h \text{ кПа.}$$

Пассивное давление:

- На уровне дна котлована:

$$p_6 = \frac{c_1(\lambda_{n1} - 1)}{\text{tg} \varphi_1} = \frac{4,67 \cdot (3,11 - 1)}{0,60} = 16,42 \text{ кПа.}$$

- На глубине h ниже дна котлована:

$$p_7 = p_6 + \gamma_{t2} \cdot h \cdot \lambda_{n2} = 16,42 + 17,9 \cdot h \cdot 1,91 = 16,42 + 34,19h \text{ кПа}$$

3. Построение эпюр активного и пассивного давлений грунта на шпунтовую стенку представлено на рисунке 2.9.

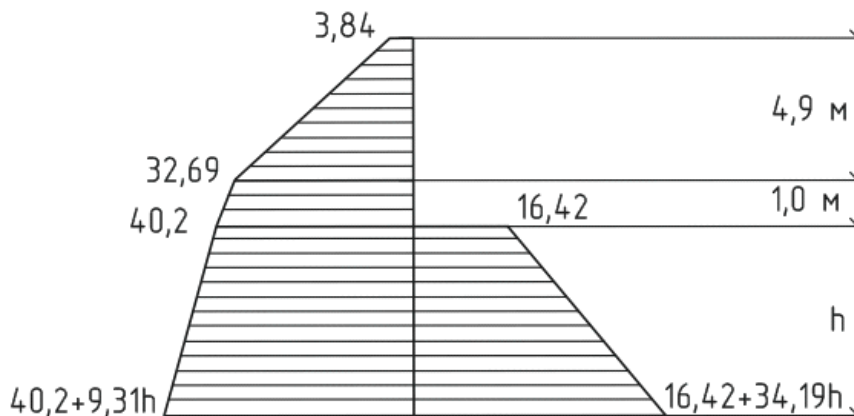


Рисунок 2.9. Эпюры активного и пассивного давлений грунта на шпунтовое ограждение котлована

4. Следующим шагом является определение глубины забивки шпунта ниже дна котлована:

Результирующие силы:

$$T_1 = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot h_1 = \frac{3,84 + 32,69}{2} \cdot 4,9 = 89,50 \text{ кН.}$$

$$T_2 = \frac{p_2 + p_2}{2} \cdot h_2 = \frac{32,69 + 40,2}{2} \cdot 1 = 36,45 \text{ кН.}$$

$$T_3 = \frac{p_3 + p_4}{2} \cdot h_3 = \frac{40,2 + 40,2 + 9,31h}{2} \cdot h = 40,2h + 4,66h^2 \text{ кН.}$$

$$T_4 = \frac{p_6 + p_7}{2} \cdot h = \frac{16,42 + 16,42 + 34,19h}{2} \cdot h = 16,42h + 17,1h^2 \text{ кН.}$$

Сумма моментов всех сил относительно точки поворота:

$$\sum M_0 = M_a - m \cdot M_n = 0, \quad m_0 = 0,8.$$

Для определения расстояния h от дна котлована до точки вращения, приравняем сумму моментов всех сил относительно этой точки нулю.

Уравнение:

$$\sum M_0 = T_1 \cdot H_1 + T_2 \cdot H_2 + T_3 \cdot H_3 - 0,8 \cdot T_4 \cdot H_4 = 0$$

$$\sum M_0 = 89,50 \cdot (h + 1 + 4,9 \cdot 0,5) + 36,45 \cdot (h + 1 \cdot 0,5) + (40,2 \cdot h + 4,66h^2) \cdot 0,5h - 0,8 \cdot (16,42 \cdot h + 17,1 \cdot h^2) \cdot 0,5 \cdot h = 0$$

$$89,5h + 229,84 + 36,45h + 11,66 + 20,1 \cdot h^2 + 2,33h^3 - 6,57h^2 - 6,84h^3 = 0.$$

$$4,51h^3 + 13,53h^2 - 125,95h - 241,5 = 0$$

$h = 4,12 \text{ м}$, следовательно необходимо погрузить шпунт в третий слой – суглинок и произвести перерасчет.

Перерасчет:

$$T_3 = \frac{p_3 + p_4}{2} \cdot h_3 = \frac{40,2 + 40,2 + 9,31h}{2} \cdot h = 40,2h + 4,66h^2 \text{ кН.}$$

$$T_4 = \frac{p_6 + p_7}{2} \cdot h = \frac{16,42 + 16,42 + 34,19h}{2} \cdot h = 16,42h + 17,1h^2 \text{ кН.}$$

Сумма моментов всех сил относительно точки поворота O:

$$\sum M_0 = M_a - m \cdot M_n = 0, \quad m_0 = 0,8.$$

Для определения расстояния h от дна котлована до точки вращения, приравняем сумму моментов всех сил относительно этой точки нулю.

Уравнение:

$$\sum M_0 = T_1 \cdot H_1 + T_2 \cdot H_2 + T_3 \cdot H_3 - 0,8 \cdot T_4 \cdot H_4 = 0$$

$$\sum M_0 = 89,50 \cdot (h + 1 + 4,9 \cdot 0,5) + 36,45 \cdot (h + 1 \cdot 0,5) + (40,2 \cdot h + 4,66h^2) \cdot 0,5h - 0,8 \cdot (16,42 \cdot h + 17,1 \cdot h^2) \cdot 0,5 \cdot h = 0$$

$$89,5h + 229,84 + 36,45h + 11,66 + 20,1 \cdot h^2 + 2,33h^3 - 6,57h^2 - 6,84h^3 = 0$$

$$4,51h^3 + 13,53h^2 - 125,95h - 241,5 = 0$$

$h = 4,12$ м, следовательно необходимо погрузить шпунт в третий слой – суглинок.

Перерасчет:

Делаем предположение, что шпунт должен заглубиться до третьего слоя.

Активное давление:

На глубине 8,1 м от действия I и II слоев в водонасыщенном состоянии:

$$p_4 = 40,2 + \gamma_{isb} \cdot 0,3 \cdot \lambda_{a1} + \gamma_{usb} \cdot 2,2 \cdot \lambda_{a2} = 40,2 + 0,84 + 10,0 = 51,04 \text{ кПа}$$

На глубине h ниже дна котлована:

$$p_5 = 51,04 + \gamma_3 \cdot h' \cdot \lambda_{a3} = 51,04 + 11,77h' \text{ кПа}$$

Пассивное давление на глубине h ниже дна котлована:

$$p_7 = p_6 + \gamma_{13} \cdot h' \cdot \lambda_{n3} = 16,42 + 18,1 \cdot h' \cdot 1,53 = 16,42 + 27,69h' \text{ кПа}$$

Построение эпюр активного и пассивного давлений на шпунтовую стенку представлено на рисунке 2.10.

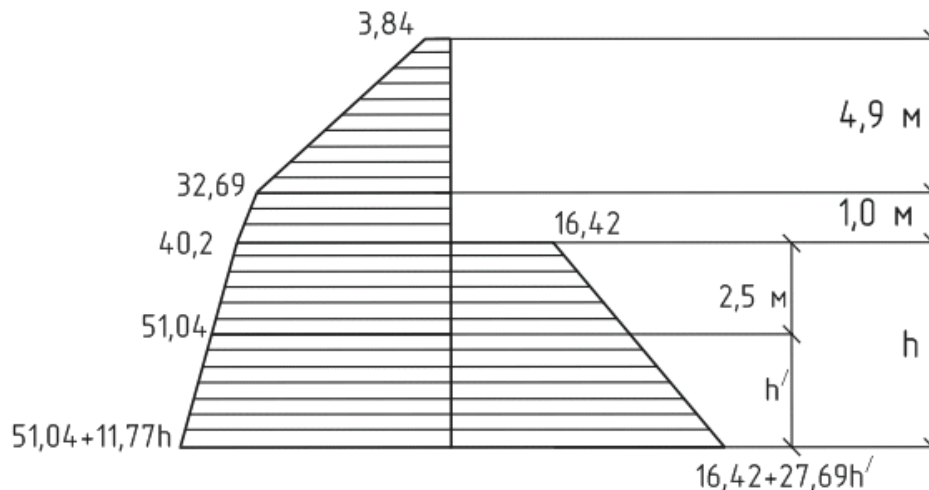


Рисунок 2.10. Эпюры активного и пассивного давлений грунта на шпунтовое ограждение котлована после перерасчета

5. Далее определяем результирующие силы эпюр активного и пассивного давлений на шпунтовое ограждение.

Результирующие силы:

$$T_1 = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot h_1 = \frac{3,84 + 32,69}{2} \cdot 4,9 = 89,50 \text{ кН.}$$

$$T_2 = \frac{p_2 + p_3}{2} \cdot h_2 = \frac{32,69 + 40,2}{2} \cdot 1 = 36,45 \text{ кН.}$$

$$T_3 = \frac{p_3 + p_4}{2} \cdot h_3 = \frac{40,2 + 51,04}{2} \cdot 2,5 = 114,05 \text{ кН.}$$

$$T_4 = \frac{p_4 + p_5}{2} \cdot h' = \frac{51,04 + 51,04 + 11,77h'}{2} \cdot h' = 51,04 + 5,89h'^2 \text{ кН.}$$

$$T_5 = \frac{p_6 + p_7}{2} \cdot h = \frac{16,42 + 16,42 + 27,69h}{2} \cdot h = 16,42 + 13,85h^2 \text{ кН.}$$

Расчетная схема представлена на рисунке 2.11.

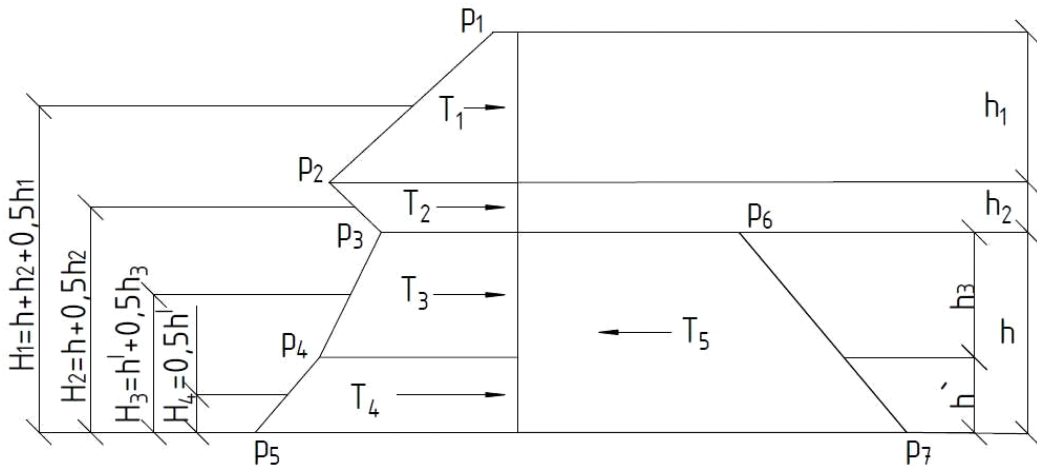


Рисунок 2.11. Результирующие силы

6. Далее следует определить глубину погружения шпунта

$$h' = h - h_3 = h - 2,5 \text{ м}$$

Сумма моментов всех сил относительно точки поворота O :

$$\sum M_0 = M_a - m \cdot M_n = 0, \quad m_0 = 0,8.$$

Для определения расстояния h от дна котлована до точки вращения, приравняем сумму моментов всех сил относительно этой точки нулю.

$$\begin{aligned} \sum M_0 &= T_1 \cdot H_1 + T_2 \cdot H_2 + T_3 \cdot H_3 + T_4 \cdot H_4 - 0,8 \cdot T_5 \cdot H_5 = 0 \\ \sum M_0 &= T_1 \cdot (h + h_2 + h_1 \cdot 0,5) + T_2 \cdot (h + 0,5 \cdot h_2) + T_3 \cdot (h' + 0,5h_3) + \\ &+ T_4 \cdot 0,5h' - 0,8 \cdot T_5 \cdot 0,5 \cdot h = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_0 &= 89,5 \cdot (h + 1 + 0,5 \cdot 4,9) + 36,45 \cdot (h + 0,5 \cdot 1) + 114,05 \cdot (h' - 1,25) + \\ &+ (51,04 + 5,89 \cdot (h^2 - 5h + 6,25))0,25h - 0,8 \cdot (16,42h + 13,85h^2) \cdot 0,5h = 0 \\ 89,5h + 308,78 + 36,45h + 18,23 + 114,05 \cdot h - 142,56 + 12,85h + 1,47h^3 - 7,36h^2 + 1,56h - \\ - 6,57h^2 - 5,54h^3 &= 0 \\ 4,07h^3 + 13,93h^2 - 254,41h - 184,45 &= 0 \end{aligned}$$

$h=4,66$ м, шпунт будет погружен до третьего слоя, как и предполагалось. Полная глубина погружения шпунта принимается на 20% больше минимальной глубины

$$h' = 1,2 \cdot 4,66 = 5,6 \text{ м}$$

7. В завершении расчетов определяют положение опасного сечения в шпунтовой стенке. Для определения координаты z сечения с максимальным изгибающим моментом в стенке составляют уравнение равновесия, приравнивают сумму всех действующих сил к нулю.

Расчетная схема к определению опасного сечения в шпунтовой стенке представлена на рисунке 2.12.

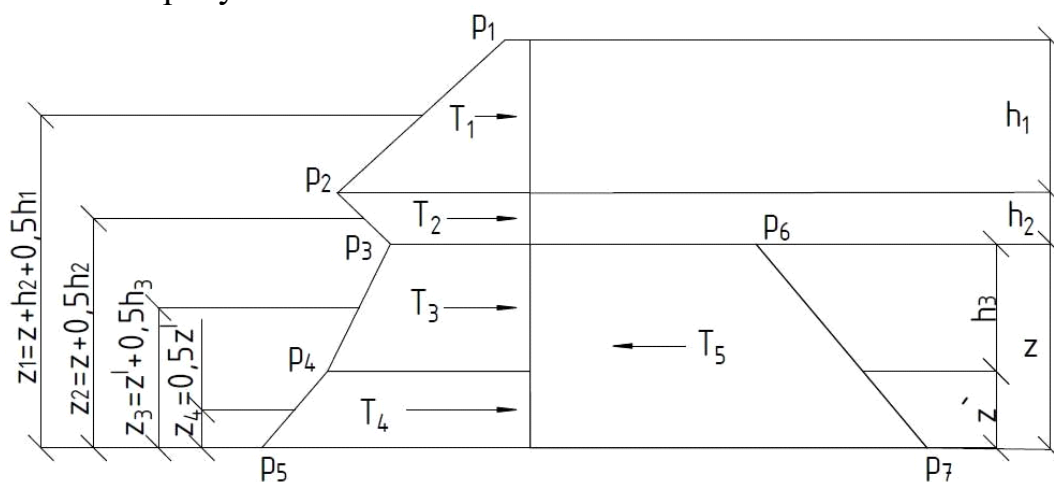


Рисунок 2.12. Расчетная схема к определению опасного сечения

$$p_1 \cdot h_1 + (p_2 - p_1) \cdot h_1 \cdot 0,5 + p_3 \cdot h_2 + (p_2 - p_3) \cdot h_2 \cdot 0,5 + p_3 \cdot h_3 + (p_4 - p_3) \cdot h_3 \cdot 0,5 + \\ + p_4 \cdot z' + (p_5 - p_4) \cdot z' \cdot 0,5 - 0,8 \cdot p_6 \cdot z - 0,8(p_7 - p_6) \cdot z \cdot 0,5 = 0$$

$$3,84 \cdot 4,9 + (32,69 - 3,84) \cdot 4,9 \cdot 0,5 + 40,2 \cdot 1 + (32,69 - 40,2) \cdot 1 \cdot 0,5 + 40,2 \cdot 2,5 + \\ (51,04 - 40,2) \cdot 2,5 \cdot 0,5 + 51,04 \cdot z' + 25,52z' + 5,89z'^2 - 25,52z' - 13,14z - \\ - 10,51z - 11,08z^2 - 6,57z = 0$$

$$18,82 + 70,68 + 40,2 - 3,76 + 110,5 + 13,55 + 51,04 \cdot z - 127,6 + 25,52z - 63,8 + 5,89z^2 - \\ - 14,73 + 25,52z - 63,8 - 13,14z - 10,51z - 11,08z^2 - 6,57z = 0$$

$$5,19z^2 - 71,86 + 19,94 = 0$$

$$z=2,1 \text{ м.}$$

Расчет максимального изгибающего момента в шпунтовой стенке:

$$M_{\max} = -4,07 \cdot 2,1^3 - 13,93 \cdot 2,1^2 + 254,41 \cdot 2,1 + 184,45$$

$$M_{\max} = 419,59 \text{ кНм}$$

Профиль стального шпунта, обеспечивающий прочность ограждения, подбираем по моменту сопротивления 1м стенки в плане:

$$W = \frac{M_{\max}}{R_y} = \frac{419,59 \cdot 100}{20500} = 2047 \text{ см}^3$$

где R_y – расчетное сопротивление стали, $R_y = 205$ МПа.

По таблице 2.15 принимаем шпунт типа Ларсена Л-4 с моментом поперечного сечения $W_x=2200 \text{ см}^3$.

Таблица 2.15 – Технические характеристики стальных шпунтов

Профиль шпунта	Условное обозначение профиля	Площадь поперечного сечения, см ²	Масса 1 м, кг	Момент инерции сечения, см ⁴	Момент сопротивления сечения, см ³
Плоский	ШП-1	$\frac{82}{205}$	$\frac{64}{160}$	$\frac{332}{961}$	$\frac{73}{188,5}$
		$\frac{39}{195}$	$\frac{30}{150}$	$\frac{80}{482}$	$\frac{28}{136}$
Корытный	ШК-1	$\frac{64}{160}$	$\frac{50}{125}$	$\frac{730}{2992}$	$\frac{114}{402}$
		$\frac{74}{185}$	$\frac{58}{145}$	$\frac{2243}{10420}$	$\frac{260}{843}$
Типа Ларсен	Л-4	$\frac{94,3}{236}$	$\frac{74}{185}$	$\frac{4660}{39000}$	$\frac{405}{2200}$
		$\frac{127,6}{303}$	$\frac{100}{238}$	$\frac{6243}{50943}$	$\frac{461}{2962}$
		$\frac{144,89}{289,78}$	$\frac{113,7}{227,5}$	$\frac{10160}{76437}$	$\frac{624}{3555}$
Панели шпунтовые сварные	пшс	$\frac{375,7-688,6}{250,5-459,1}$	$\frac{295-541}{197-360}$	$\frac{96500-66600}{64300-44400}$	$\frac{3215-11100}{}$

Примечание. В числителе приведены характеристики одной шпунтины, в знаменателе – 1 п.м шпунтовой стенки.

Вопросы для обсуждения к теме 3

1. Назначение шпунтовых ограждений.
2. Конструктивные решения шпунтовых ограждений при устройстве котлованов.
3. Нагрузки от грунта, действующие на шпунтовое ограждение.
4. Конструктивные решения распорных шпунтовых ограждений.
5. Особенности устройства сооружения «Стена в грунте».
6. Способы понижения уровня грунтовых вод на строительной площадке.
7. Игольчатый способ понижения уровня грунтовых вод.
8. Особенности устройства дренажной системы зданий и сооружений.

Тема 4. Специальные инженерные сооружения

4.1. Силосы, бункера, резервуары, опускные колодцы

Содержание:

Назначение, конструктивные решения специальных инженерных сооружений. Особенности расчета конструктивных элементов специальных инженерных сооружений по предельным состояниям.

Силосы, бункеры, резервуары и опускные колодцы. Основные сведения о технологии производства работ. Строительные материалы, требования и контроль качества. Особенности проектирования элементов и фундаментов специальных инженерных сооружений по предельным состояниям.

В процессе самостоятельной работы над темой магистрантам рекомендуется углубленное изучение особенностей проектирования специальных инженерных сооружений: силосы; бункеры; резервуары, опускные колодцы.

При изучении данной темы вопросы для самостоятельного изучения не предусмотрены.

Рекомендуемая учебная литература: [9 стр. 325-330]; [13 стр. 352-373]; конспект лекции (размещена в ЭИОС КГТУ).

Практическое занятие 4.1. Расчет опускного колодца

Задание на практическое занятие. По материалам инженерно-геологических изысканий и заданного района строительства (Приложение А) выполнить расчет опускного колодца. Глубина погружения колодца 8 м., внутренний радиус – 10 м.

Цель практического занятия. Научиться определять нагрузки, действующие на элементы опускного колодца в процессе возведения и эксплуатации и выполнять расчеты по первой и второй группам предельных состояний.

- знать методику определения действующих нагрузок на элементы опускного колодца в процессе строительства и его эксплуатации;

- уметь пользоваться нормативными документами (СП 22.13330.2016; СП 63.13330.2016) и выполнять необходимые расчеты по первой и второй группам предельных состояний

Учебные пособия и нормативная литература: [3 стр. 6-12], [13 стр. 373-375]; конспект лекции.

Пример. Определить нагрузки, возникающие в процессе строительства при погружении колодца без тиксотропной рубашки с применением водопонижения на глубину $H = 9,7$ м. Внутренний радиус колодца $r = 8$ м.

Расчетная схема опускного колодца и отметок пластов грунта при геологическом разрезе представлена на рисунке 2.13.

Решение.

1. Предварительное значение осредненной по высоте толщины стенки колодца $b = 1$ м. Тогда наружный радиус колодца $r = r_{BH} + b = 8 + 1 = 9$ м. Определяем для каждого слоя грунта приведенные высоты лежащих выше слоев грунта:

$$h'_1 = \gamma_1 H_1 / \gamma_2 = 19 \cdot 1,96 / 18,5 = 2 \text{ м};$$

$$h'_2 = \gamma_2 (H_2 + h'_1) / \gamma_3 = 18,5 (3,55 + 2) / 19 = 5,4 \text{ м};$$

$$h'_3 = \gamma_3 (H_3 + h'_2) / \gamma_4 = 19 (0,8 + 5,4) / 19 = 6,2 \text{ м}.$$

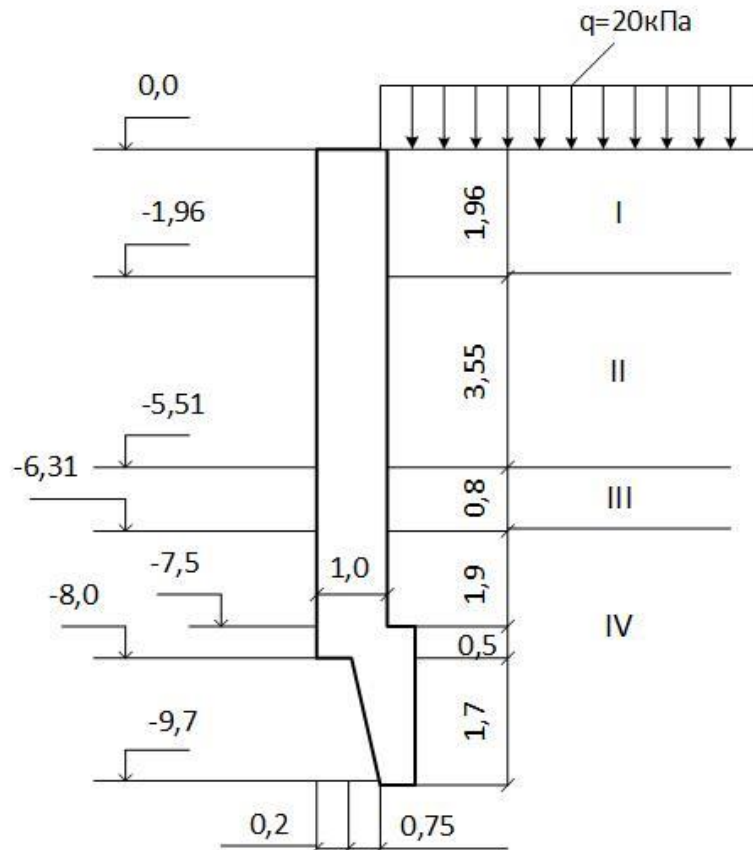


Рисунок 2.13. Расчетная схема опускного колодца

- I* — насыпной грунт; $\gamma_1 = 19 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_1 = 17^\circ$;
- II* — песок мелкозернистый: $\gamma_2 = 18,5 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_2 = 25^\circ$;
- III* — глина пластичная: $\gamma_3 = 19 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_3 = 10^\circ$; $c = 1,5 \text{ кПа}$;
- IV* — суглинок пластичный: $\gamma_4 = 19 \text{ кН/м}^3$; $\varphi_4 = 15^\circ$; $c = 0,5 \text{ кПа}$.

2. Далее следует определить значения основного давления грунта p_g по формуле:

$$p_g = (1 + K_p) \cdot p_{a.r}$$

где K_p - коэффициент, учитывающий дополнительное давление грунта, возникающее в результате действия сил трения (рисунок 2.14).

$p_{a.r}$ - активное давление грунта на гладкую цилиндрическую поверхность, определяемое по формуле 4.1 или 4.2.

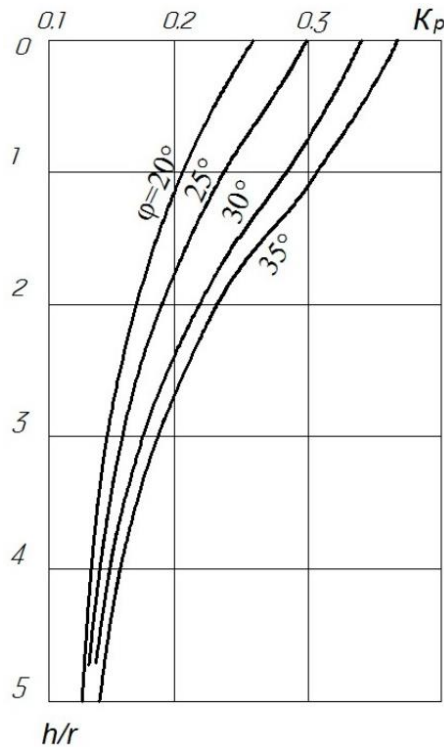


Рисунок 2.14. Зависимость коэффициента K_p от h/r

$$p_{a.r} = \gamma_r \frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)}{\lambda - 1} \left[1 - \left(\frac{r}{r_B}\right)^{\lambda-1} \right] + q \left(\frac{r}{r_B}\right)^{\lambda} \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) + K_c \operatorname{ctg} \left[\left(\frac{r}{r_B}\right)^{\lambda} \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right) - 1 \right] \quad (4.1)$$

Где γ - удельный вес грунта; r - наружный радиус круглого в плане колодца или условный для некруглого колодца; φ - угол внутреннего трения грунта;

$$\lambda = 2tg\varphi \cdot tg\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)$$

$$r_B = r + h \cdot tg\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$$

h - расстояние от поверхности грунта до рассматриваемого сечения; q - равномерно-распределенная нагрузка; K - коэффициент, учитывающий уменьшение сцепления грунта в результате сдвига в призме обрушения и рекомендуется принимать равным: для твердой консистенции - 0,22; полутвердой - 0,25; тугопластичной - 0,2; мягкопластичной - 0,05.

$$p_{a,r} = \gamma \cdot r \cdot F_1 + q \cdot F_2 - K_c F_3 \quad (4.2)$$

где $F_1; F_2; F_3$ - функция, зависящая от угла внутреннего трения и коэффициента n (рисунки 2.15 - 2.16).

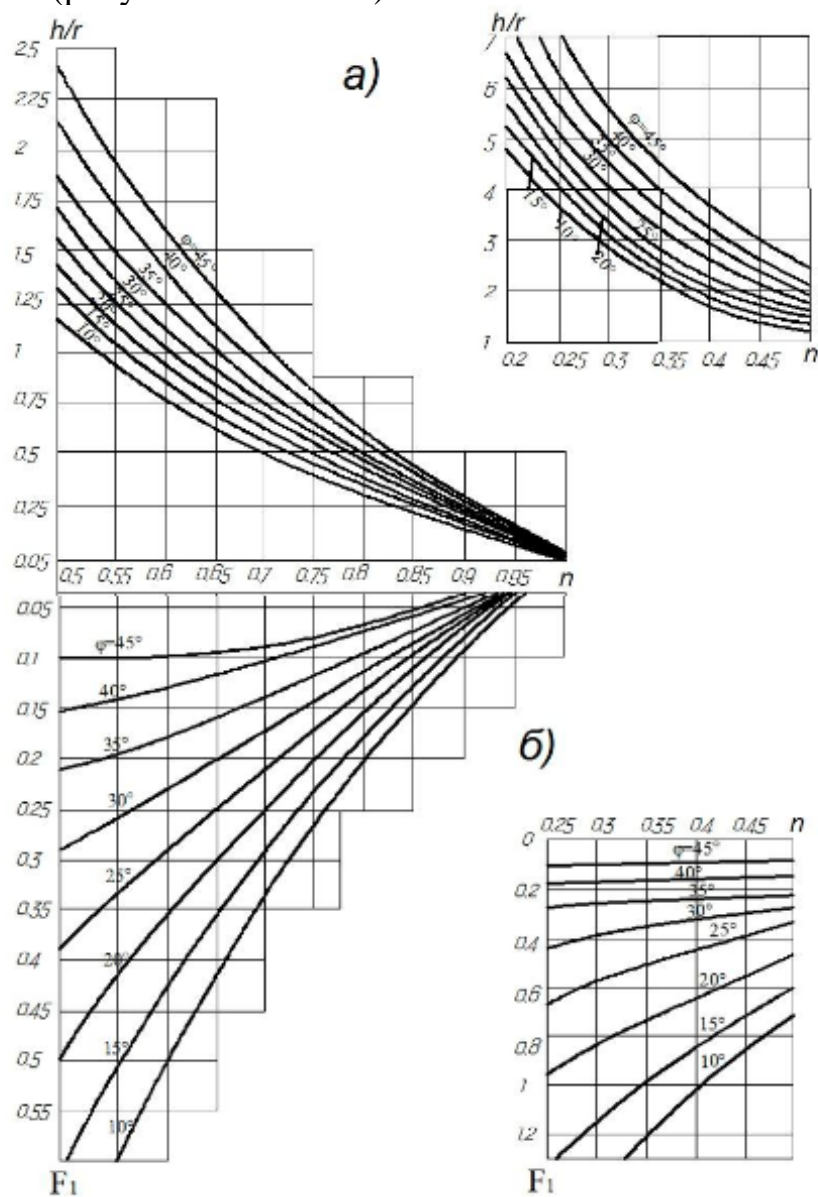


Рисунок 2.15. Определение значений: а) n - от h/r ; б) F_1 - от n

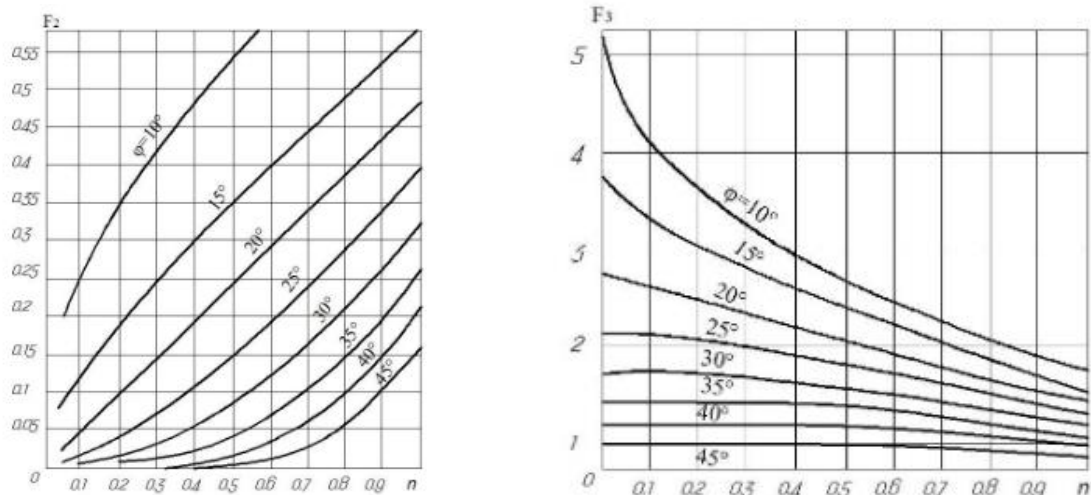


Рисунок 2.16. Определение значений F_2 и F_3 от n

На поверхности земли :

$$h_0 = 0 \text{ м}; \quad \gamma_1 = 19 \text{ кН/м}^3; \quad \varphi_1 = 17^\circ; \quad h_0/r = 0/9 = 0;$$

$$n = 1,0; \quad F_1 = 0; \quad F_2 = 0,55; \quad K_p = 0,2:$$

$$p_{g0} = (1 + K_p) \cdot p_{a,r} = (1 + 0,2)(0 + 20 \cdot 0,55) = 13 \text{ кПа}$$

$$p_{a,r} = \gamma \cdot r \cdot F_1 + q \cdot F_2 - K_c F_3 = 19 \cdot 9 \cdot 0 + 20 \cdot 0,55 - 0$$

На отметке 1,96 для лежащего выше слоя грунта

$$h_1 = 1,96 \text{ м}; \quad \gamma_1 = 19 \text{ кН/м}^3; \quad \varphi_1 = 17^\circ; \quad h_1/r = 1,96/9 = 0,22; \quad n = 0,87; \quad F_1 = 0,11;$$

$$F_2 = 0,49; \quad K_p = 0,2:$$

$$p_{g1} = (1 + 0,2)(19 \cdot 9 \cdot 0,11 + 20 \cdot 0,49) = 34 \text{ кПа.}$$

На отметке 1,96 для лежащего ниже слоя грунта

$$h'_1 = 2 \text{ м}; \quad \gamma_2 = 18,5 \text{ кН/м}^3; \quad \varphi_2 = 25^\circ; \quad h'_1/r = 2/9 = 0,22; \quad n = 0,88; \quad F_1 = 0,075;$$

$$F_2 = 0,34; \quad K_p = 0,28:$$

$$p'_{g1} = (1 + 0,28)(18,5 \cdot 9 \cdot 0,075 + 20 \cdot 0,34) = 25 \text{ кПа.}$$

На отметке 5,51 для лежащего выше слоя грунта

$$h_2 = H_2 + h'_1 = 3,55 + 2 = 5,55 \text{ м}; \quad \gamma_2 = 18,5 \text{ кН/м}^3; \quad \varphi_2 = 25^\circ;$$

$$h_2/r = 5,55/9 = 0,62; \quad n = 0,72; \quad F_1 = 0,19; \quad F_2 = 0,26; \quad K_p = 0,26:$$

$$p_{g2} = (1 + 0,26)(18,5 \cdot 9 \cdot 0,19 + 20 \cdot 0,26) = 46 \text{ кПа.}$$

На отметке 5,51 для лежащего ниже слоя грунта

$$h'_2 = 5,4 \text{ м}; \quad \gamma_3 = 19 \text{ кН/м}^3; \quad \varphi_3 = 10^\circ; \quad K_c = 15 \text{ кПа};$$

$$h'_2/r = 5,4/9 = 0,6; \quad n = 0,67; \quad F_1 = 0,375; \quad F_2 = 0,59; \quad F_3 = 2,3; \quad K_p = 0,15:$$

$$p'_{g2} = (1 + 0,15)(19 \cdot 9 \cdot 0,375 + 20 \cdot 0,59 - 15 \cdot 2,3) = 48 \text{ кПа.}$$

На отметке 6,31 для лежащего выше слоя грунта

$$h_3 = H_3 + h'_2 = 0,8 + 5,4 = 6,2 \text{ м}; \quad \gamma_3 = 19 \text{ кН/м}^3; \quad \varphi_3 = 10^\circ; \quad K_c = 15 \text{ кПа};$$

$$h_3/r = 6,2/9 = 0,69; \quad n = 0,62; \quad F_1 = 0,45; \quad F_2 = 0,58; \quad F_3 = 2,4; \quad K_p = 0,15:$$

$$p_{g3} = (1 + 0,15)(19 \cdot 9 \cdot 0,45 + 20 \cdot 0,58 - 15 \cdot 2,4) = 60 \text{ кПа.}$$

На отметке 6,31 для лежащего ниже слоя грунта

$$h'_3 = 6,2 \text{ м}; \quad \gamma_4 = 19 \text{ кН/м}^3; \quad \varphi_4 = 15^\circ; \quad K_c = 5 \text{ кПа}; \quad h'_3/r = 6,2/9 = 0,69; \quad n = 0,65;$$

$$F_1 = 0,35; \quad F_2 = 0,42; \quad F_3 = 2,1; \quad K_p = 0,19:$$

$$p'_{g3} = (1 + 0,19)(19 \cdot 9 \cdot 0,35 + 20 \cdot 0,42 - 5 \cdot 2,1) = 69 \text{ кПа.}$$

На отметке 7,50 для лежащего выше слоя грунта

$$h_4 = H_4 + h'_3 = 1,19 + 6,2 = 7,39 \text{ м}; \gamma_4 = 19 \text{ кН/м}^3; \varphi_4 = 15^\circ; K_c = 5 \text{ кПа};$$

$$h'_4/r = 7,39/9 = 0,82; n = 0,62; F_1 = 0,4; F_2 = 0,41; F_3 = 2,2; K_p = 0,19:$$

$$p_{g4} = (1 + 0,19)(19 \cdot 9 \cdot 0,4 + 20 \cdot 0,41 - 5 \cdot 2,2) = 78 \text{ кПа}$$

На отметке 8,00 для лежащего выше слоя грунта

$$h_5 = H_5 + H_4 + h'_3 = 0,5 + 1,19 + 6,2 = 7,89 \text{ м}; \gamma_4 = 19 \text{ кН/м}^3; \varphi_4 = 15^\circ; K_c = 5 \text{ кПа};$$

$$h'_5/r = 7,89/9 = 0,88; n = 0,61; F_1 = 0,42; F_2 = 0,4; F_3 = 2,2; K_p = 0,19:$$

$$p_{g5} = (1 + 0,19)(19 \cdot 9 \cdot 0,42 + 20 \cdot 0,4 - 5 \cdot 2,2) = 82 \text{ кПа}$$

На отметке 9,70 для лежащего выше слоя грунта

$$h_6 = H_4 + H_5 + H_6 + h'_3 = 1,19 + 0,5 + 1,7 + 6,2 = 9,59 \text{ м}; \gamma_4 = 19 \text{ кН/м}^3;$$

$$\varphi_4 = 15^\circ; K_c = 5 \text{ кПа}; h'_6/r = 9,59/9 = 1,07; n = 0,56; F_1 = 0,49; F_2 = 0,38;$$

$$F_3 = 2,3; K_p = 0,18:$$

$$p_{g5} = (1 + 0,18)(19 \cdot 9 \cdot 0,49 + 20 \cdot 0,38 - 5 \cdot 2,3) = 94 \text{ кПа.}$$

Результаты расчетов представлены на рисунке 2.17.

3. Удельные силы трения грунта по поверхности стенки колодца определим по формуле $t = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c)$ и для удобства сведем в таблицу 2.16 (рисунок 2.17).

Таблица 2.16 - Удельные силы трения

На отметке 0,0	$t = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 13 \cdot 0,3057 = 4 \text{ кПа}$
На отметке 1,86	$t_1 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 34 \cdot 0,3057 = 10 \text{ кПа}$
	$t'_1 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 25 \cdot 0,4663 = 12 \text{ кПа}$
На отметке 5,51	$t_2 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 46 \cdot 0,4663 = 21 \text{ кПа}$
	$t'_2 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 48 \cdot 0,1763 + 15 = 24 \text{ кПа}$
На отметке 6,31	$t_3 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 60 \cdot 0,1763 + 15 = 26 \text{ кПа}$
	$t'_3 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 48 \cdot 0,2679 + 5 = 24 \text{ кПа}$
На отметке 7,50	$t_4 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 78 \cdot 0,2679 + 5 = 26 \text{ кПа}$
На отметке 8,00	$t_5 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 82 \cdot 0,2679 + 5 = 27 \text{ кПа}$
На отметке 9,70	$t_6 = \gamma_c(p_g \cdot \text{tg} \varphi + K_c) = 94 \cdot 0,2679 + 5 = 30 \text{ кПа}$

Примечание: γ_c - коэффициент условий работы принимаемый для для песков плотных с гравием равный 1,2; для остальных грунтов – 1,0

4. Расчетное значение силы трения грунта по боковой поверхности стен колодца при его погружении определяется по формуле:

$$T_2 = u \left(\frac{t_0 + t_1}{2} h_1 + \frac{t_1 + t_2}{2} h_2 + \dots + \frac{t_5 + t_6}{2} h_6 \right) \quad (4.3)$$

Где u - наружный периметр колодца.

$$T_2 = 6,28 \cdot 9 \left(\frac{4+10}{2} \cdot 1,96 + \frac{12+21}{2} \cdot 3,55 + \frac{24+26}{2} \cdot 1,19 + \frac{26+27}{2} \cdot 0,5 + \frac{27+30}{2} \cdot 1,7 \right) = 10462 \text{ кН}$$

При расчете колодца на всплытие сила трения грунта по боковой поверхности принимается равной:

$$T_1 = 0,5 \cdot T_2 = 0,5 \cdot 10462 = 5231 \text{ кН}$$



Рисунок 2.17. Эпюры давления грунта и удельных сил трения

5. Погружение колодца обеспечивается при соблюдении условия:

$$\frac{G_w + Q}{T_2 + F_U} \geq \gamma_p \cdot l \quad (4.4)$$

Вес колодца после уточнения размеров

$$G_w = \eta \cdot \gamma_0 \cdot V_w = 0,9 \cdot 25 \cdot 642 = 12150 \text{ кН}$$

Вес грунта, находящегося выше уступа ножа

$$G_g = 0,9 \cdot 19 \cdot 6,28 \cdot 9,15 \cdot 0,1 \cdot 7,5 = 737 \text{ кН.}$$

Вес днища

$$G_p = 0,9 \cdot 1,5 \cdot 25 \cdot 3,14(8,2 + 8,7)^2/2 = 7567 \text{ кН.}$$

Расчет на всплытие определяется по формуле:

$$\frac{\sum G + T_1 + Q}{A_w \cdot H_w \cdot \gamma_w} \geq \gamma_{em}$$

$$\gamma_{em} = \frac{\sum G + T_1 + Q}{A_w \cdot H_w \cdot \gamma_w} = \frac{12150 + 5270 + 737 + 7567}{3,14 \cdot 9,2^2 \cdot 6,8 \cdot 10} = 1,42$$

6. Давление грунта p_{gs} для круглого колодца находим по формуле:

$$p_{gs} = \frac{G_w - \gamma_{pl}(T_2 - A \cdot K_c)}{\pi \cdot r \cdot H_b \cdot \text{tg} \varphi} - 2p_g.$$

где G_w - расчетное значение веса опускаемого колодца; γ_{pl} - коэффициент надежности погружения, принимаемый 1,15;

T_2 - расчетная сила трения грунта выше ножевой части колодца, определяемая для глубины $h = H_w - H_b$ через удельную силу трения грунта по боковой поверхности $t = \gamma_c (p_g \cdot tg\varphi + K_c)$ (см. п.3), тогда

$$p_{gs} = \frac{12150 - 1,15(6897 + 6,28 \cdot 9,2 \cdot 2,2 \cdot 5)}{3,14 \cdot 9,2 \cdot 2,2 \cdot 0,2678} - 2 \frac{78 + 94}{2} = 33 \text{кПа}$$

7. Коэффициент неравномерности давления грунта по периметру колодца в период его погружения вычисляют по формуле;

$$K_U = \frac{p_g + p_{gi} + p_{gs}}{p_g} \geq 1,25.$$

Дополнительное давление грунта, вызываемое наклоном пластов, определяется по формуле:

$$p_{gi} = \alpha \cdot p_g,$$

где α - коэффициент, принимаемый в зависимости от угла наклона пластов ψ (таблица 2.17).

Таблица 2.17 – Значения коэффициента α

ψ , град	0,139	0,175	0,262	0,349	0,437	0,524
α	0,02	0,06	0,15	0,25	0,37	0,5

$$K_U = \frac{p_g + p_{gi} + p_{gs}}{p_g} = 1 + \frac{p_{gs}}{p_g} = 1 + \frac{33}{86} = 1,38$$

$p_{gi} = 0$ т.к. угол наклона пластов $\psi = 0^0$ (по условию задачи пласты грунта залегают горизонтально).

8. Далее определяем нагрузку на 1 пояс, равный 2 м и действующие нагрузки. Интенсивность нагрузки на пояс определяется по формуле:

$$p = p_{gs} + \frac{p_{g5} + p_{g6}}{2} \cdot \frac{h_6}{2} = 82 + \frac{82 + 94}{2} \cdot \frac{1,7}{2} = 156,8 \text{кПа}$$

Значения изгибающих моментов и продольных сил в верхнем и нижнем сечениях колодца определяется по формулам:

$$M_a = -0,1488 p \cdot r_m^2 (K_U - 1) = -0,1488 \cdot 156,8 \cdot 8,5^2 (1,38 - 1) = -648 \text{кНм}$$

$$M_e = 0,1366 p \cdot r_m^2 (K_U - 1) = -0,1488 \cdot 156,8 \cdot 8,5^2 (1,38 - 1) = 595 \text{кНм}$$

$$N_a = p \cdot r_m (K_U - 1)(1 + 0,7854) = 156,8 \cdot 8,5(1,38 - 1)(1 + 0,7854) = 1740 \text{кН}$$

$$N_e = p \cdot r_m (K_U - 1)(1 + 0,7854) = 156,8 \cdot 8,5(1,38 - 1)(1 + 0,5) = 1596 \text{кН}$$

Вопросы для обсуждения к теме 4

1. Назначение, виды и конструктивные решения силосов.
2. Назначение, виды и конструктивные решения заглубленных резервуаров.
3. Назначение, виды и конструктивные решения опускных колодцев.
4. Нагрузки и воздействия на опускные колодцы в процессе строительства и эксплуатации.
5. Особенности расчета опускных колодцев по предельным состояниям.
6. Строительные материалы, применяемые при возведении опускных колодцев.
7. Контроль качества работ при возведении опускных колодцев.

3. ВОПРОСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЭКЗАМЕН, И ТИПЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

1. Факторы, определяющие надежность оснований и фундаментов.
2. Классификация нагрузок, по их длительности воздействия на строительные конструкции?
3. Оценка ИГУ площадки строительства.
4. Классификация грунтов в соответствии с ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация.
5. Физико-механические характеристики песчаных и глинистых грунтов.
6. Прочностные и деформационные характеристики грунтов, используемых в качестве естественных оснований.
7. Модуль упругости (строительные конструкции) и модуль деформации (грунты оснований), принципиальная разница.
8. Факторы, определяющие режим функционирования грунтовых вод (региональные и локальные факторы).
9. Влияние уровня грунтовых вод на прочностные характеристики.
10. Причины подтопления территорий.
11. Причины снижения прочностных и деформационных характеристик грунтов при понижении УГВ.
12. Причины возникновения неравномерных осадок грунтов.
13. Типы сооружений по жесткости фундаментов.
14. Конструктивные мероприятия, проводимые для снижения чувствительности сооружений к неравномерным осадкам оснований.
15. Способы защиты территории от затопления и подтопления поверхностными водами.
16. Способы понижения уровня грунтовых вод с открытых котлованах.
17. Виды нарушения устойчивости грунтовых склонов.
18. Устойчивость грунтового склона.
19. Способы определения устойчивости грунтовых склонов.

20. Суть графо-аналитического метода определения устойчивости грунтового склона.
21. Виды оползней и причины их возникновения.
22. Физические характеристики грунтов, определяющие устойчивость грунтовых откосов из идеально сыпучего грунта.
23. «Активное давление грунта» и «пассивное давление грунта». Параметр, являющийся характеристикой устойчивости склона.
24. Смысл понятия «коэффициент бокового давления грунта». Тонкостенные и массивные конструкции подпорных стен.
25. Силы, действующие на подпорные стены: опрокидывающие и удерживающие, сдвигающие и удерживающие.
26. Смысл понятия «призма обрушения».
27. Силы, действующие со стороны задней грани подпорной стены и со стороны неподвижного грунта.
28. Зависимость коэффициента активного и пассивного давления от угла внутреннего трения грунта в простейшем расчетном случае.
29. Влияние наклона поверхности грунта засыпки на активное давление.
30. Меры, которыми можно изменить трение грунта о стенку.
31. Влияние наклона задней грани стены на активное давление.
32. Меры, предпринимаемые для повышения устойчивости стены против опрокидывания.
33. Меры, которыми можно повысить устойчивость стены против сдвига по подошве без увеличения массы стены.
34. Назначение шпунтовых ограждений.
35. Конструктивные решения шпунтовых ограждений при устройстве котлованов.
36. Нагрузки от грунта, действующие на шпунтовое ограждение.
37. Конструктивные решения распорных шпунтовых ограждений.
38. Особенности устройства сооружения «Стена в грунте».
39. Назначение, виды и конструктивные решения силосов.
40. Назначение, виды и конструктивные решения заглубленных резервуаров.
41. Назначение, виды и конструктивные решения опускных колодцев.
42. Нагрузки и воздействия на опускные колодцы в процессе строительства и эксплуатации.
43. Особенности расчета опускных колодцев по предельным состояниям.
44. Строительные материалы, применяемые при возведении опускных колодцев.
45. Контроль качества работ при возведении опускных колодцев.

Тип задачи 1

Определить наименование глинистого грунта и его физико-механические характеристики по следующим исходным данным: природная плотность грунта $\rho = 2,082 / \text{см}^3$; плотность грунта в сухом состоянии $\rho_s = 2,672 / \text{см}^3$; природная влажность $W = 20,0\%$; влажность на границе раскатывания $W_p = 16,5\%$; влажность на границе текучести $W_L = 22,0\%$

Тип задачи 2

Определить величину вертикальных природных напряжений для напластованных грунтов и построить эпюру распределения напряжений σ_{z_g} . Первый слой сложен супесью пластичной с удельным весом $\gamma_1 = 18 \text{кН} / \text{м}^3$, мощность слоя составляет $h_1 = 4,0 \text{м}$. Второй слой сложен суглинками тугопластичными с удельным весом $\gamma_2 = 17 \text{кН} / \text{м}^3$, мощность слоя составляет $h_2 = 5,0 \text{м}$. Третий слой сложен мелкими песками с удельным весом $\gamma_3 = 17 \text{кН} / \text{м}^3$ и с мощностью слоя $h_3 = 5,0 \text{м}$.

Тип задачи 3

Определить величину вертикальных природных напряжений для напластованных грунтов и построить эпюру распределения напряжений σ_{z_g} . Первый слой сложен супесью пластичной с удельным весом $\gamma_1 = 16 \text{кН} / \text{м}^3$, мощность слоя составляет $h_1 = 4,0 \text{м}$. Второй слой сложен мелкими песками с удельным весом $\gamma_2 = 18 \text{кН} / \text{м}^3$, мощность слоя составляет $h_2 = 6,0 \text{м}$ с коэффициентом пористости $e_2 = 0,45$ удельный вес частиц грунта $\gamma_{s2} = 26 \text{кН} / \text{м}^3$. Уровень грунтовых вод УГВ расположен на глубине $4,0 \text{м}$. Третий слой сложен глинами тугопластичными с удельным весом $\gamma_3 = 20 \text{кН} / \text{м}^3$ с мощностью слоя $h_3 = 4,0 \text{м}$.

Тип задачи 4

Определить глубину заложения фундамента для отапливаемого здания без подвала с полами, устраиваемыми по утепленному цокольному перекрытию.

Район строительства – г. Караганда. Среднесуточная температура в помещениях внутри здания – 21°C . Грунт основания – суглинок с показателем текучести $J_L = 0,21$. Уровень грунтовых вод находится на глубине 5м от поверхности земли.

Тип задачи 5

Определить глубину заложения фундамента для не отапливаемого здания без подвала с полами, устраиваемыми по грунту.

Район строительства – г. Калуга. Среднесуточная температура в помещениях внутри здания 15°C . Грунт основания – суглинок с показателем текучести $J_L = 0,5$. Уровень грунтовых вод находится на глубине 2м от поверхности земли.

Тип задачи 6

Определить величину сжимающих напряжений σ_z по глубине основания, построить эпюру его распределения под центром (*точка М*) и углом (*точка С*) загруженного прямоугольного фундамента размером $l*b=4*2$ м на глубине $z = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0$ и $8,0$ м от поверхности при внешней нагрузке интенсивностью $p=200$ кПа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебно-методическом пособии по изучению дисциплины даны рекомендации по изучению курса «Фундаменты, подпорные стены и ограждения котлованов».

Объем сведений, рассматриваемый в настоящем курсе, призван обеспечить минимально необходимый уровень знаний и умений магистрантов, и предполагает значительный объем самостоятельной работы с учебниками таких общепризнанных авторов, как Н.А.Цытович, Н.Н.Маслов, Б.И.Далматов и других.

Нами рассмотрены лишь некоторые инженерно-геологические процессы и условия работы грунтов оснований под фундаменты зданий и сооружений при различных внешних условиях и пути выбора наиболее оптимальных решений.

Знания о прочностных и деформационных свойствах грунтов, их устойчивости, а также о применяемых методах расчетов, позволит будущим магистрам в дальнейшем вполне успешно решать практические задачи по проектированию и возведению фундаментов зданий и сооружений, а также специальных инженерных сооружений.

Очень важно не просто научиться применять те или иные формулы, табличные значения, а понять физический смысл процессов и явлений, особенности распределения напряжений, причины развития деформаций, границы применимости расчетных моделей.

Библиографический список

1. ГОСТ 25100-2020. Грунты. Классификация.
2. ГОСТ 21.302-2013 Условные графические обозначения в документации по инженерно-геологическим изысканиям.
3. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений.
4. СП 63.13330.2016 Железобетонные конструкции.
5. СП 104.13330. 2016 Инженерная защита территорий.
6. СП 381. 1325800.2018 Сооружения подпорные. Правила проектирования
7. Справочное пособие к СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий.
8. Берлинов, М.В. Основания и фундаменты [Электронный ресурс]: учебник / М.В. Берлинов. 4-е изд. перер. и доп. – Изд. Лань: С-Петербург, 2011. - 320 с. (ЭСБ «Университетская библиотека онлайн»).
9. Далматов, Б.И. Механика Грунтов, основания и фундаменты, уч. пособие., 2-е изд. перер. и доп. – Ленинград: Строиздат, Ленингр. отд-ние, 1988. – 415 с.
10. Михайлов А., Концедаева Ж, Механика грунтов, уч. пособие., Изд. Инфра-Инженерия. Вологда-Москва, 2021. – 364 с.
11. Насонов, С.Б. Руководство по проектированию и расчету строительных конструкций. Изд. АСВ. М.; 2015. 816 с.
12. Симвулиди, И.А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.А. Симвулиди. – Изд. Высшая школа, 1973. - 431 с. (ЭСБ «Университетская библиотека онлайн»).
13. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика. – Москва: Стройиздат. – 1985. – 479 с.

Варианты грунтовых условий с 1 по 30

Вариант 1

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	231,1	Песок пылеватый	2,2	2,67	–	–	0,18	1,71	2	27	6,0	УГВ = = 3,7 м
		Глина со щебнем до 5 %	1,9	1,9	0,21	0,40	0,30	1,70	35	13	8,0	
		Глина со щебнем до 12 %	2,8	2,5	0,19	0,37	0,22	1,93	60	22	20,0	
		Глина со щебнем до 20 %	4,0	3,9	0,16	0,36	0,17	2,14	100	28	46,0	
2	229,9	Песок пылеватый	2,1	2,67	–	–	0,18	1,71	2	27	6,0	УГВ = = 4,7 м
		Глина со щебнем до 5 %	2,5	1,9	0,21	0,40	0,30	1,70	35	13	8,0	
		Глина со щебнем до 12 %	1,9	2,5	0,19	0,37	0,22	1,93	60	22	20,0	
		Глина со щебнем до 20 %	4,5	3,9	0,16	0,36	0,17	2,14	100	28	46,0	

Вариант 2

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	91,0	Суглинок	0,9	2,71	0,27	0,40	0,37	1,65	17	17	3,5	УГВ = = 0,8 м
		Песок пылеватый	1,5	2,68	–	–	0,32	1,65	1,5	25	8,0	
		Суглинок	3,1	2,69	0,15	0,23	0,19	1,93	26	23	16,3	
		Песок гравелистый	1,1	2,69	–	–	0,33	1,75	2	28	19,5	
		Гравелистый грунт (рухляк)	4,8	2,72	–	–	0,17	2,05	–	41	28,0	
2	91,8	Суглинок	0,7	2,71	0,27	0,40	0,37	1,65	17	17	3,5	УГВ = = 1,2 м
		Песок пылеватый	1,8	2,68	–	–	0,32	1,65	1,5	25	8,0	
		Суглинок	3,0	2,69	0,15	0,23	0,19	1,93	26	23	16,3	
		Песок гравелистый	1,5	2,69	–	–	0,33	1,75	2	28	19,5	
		Гравелистый грунт (рухляк)	4,5	2,72	–	–	0,17	2,05	–	41	28,0	

Вариант 3

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	39,3	Супесь аллювиальная	1,4	2,66	0,19	0,23	0,23	2,03	2,5	21	13,0	УГВ = = 0,8 м
		Пылеватый песок заторфованный	8,7	2,65	0,07	0,09	0,25	1,98	2,5	26	12,0	
2	38,5	Супесь аллювиальная	1,8	2,66	0,19	0,23	0,23	2,03	2,5	21	13,0	УГВ = = 0,3 м
		Пылеватый песок заторфованный	9,1	2,65	0,07	0,09	0,25	1,98	2,5	26	12,0	

Вариант 4

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	φ , град	E , МПа	Примечание
1	112,1	Песок мелкий аллювиальный	3,1	2,67	–	–	0,21	1,86	0	26	13,0	УГВ = 0,5 м
		Супесь аллювиальная	6,1	2,69	0,18	0,24	0,21	1,95	29	19	11,0	
		Песок пылеватый	1,1	2,70	–	–	0,22	1,97	2	28	7,0	
		Рухляки алевролитов	8,0	2,71	–	–	0,18	2,20	100	24	28,0	
2	113,2	Песок мелкий аллювиальный	3,5	2,67	–	–	0,21	1,86	0	26	13,0	УГВ = 0,4 м
		Супесь аллювиальная	5,2	2,69	0,18	0,24	0,21	1,95	29	19	11,0	
		Песок пылеватый	0,8	2,70	–	–	0,22	1,97	2	28	7,0	
		Рухляки алевролитов	6,3	2,71	–	–	0,18	2,20	100	24	28,0	

Вариант 5

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	φ , град	E , МПа	Примечание
1	151,0	Мелкий песок	6,6	2,67	–	–	0,20	1,92	4,0	30	27,0	УГВ = 0,8 м
		Торф	3,2	1,90	–	–	0,75*	1,2	–	28	2,0	
		Суглинок озерно-аллювиальный	5,4	2,65	0,17	0,25	0,31	1,84	19	18	6,9	
2	151,8	Мелкий песок	6,8	2,67	–	–	0,20	1,92	4,0	30	27,0	УГВ = 0,9 м
		Торф	2,9	1,90	–	–	0,75*	1,2	–	28	2,0	
		Суглинок озерно-аллювиальный	5,8	2,65	0,17	0,25	0,31	1,84	19	18	6,9	

* – дана объемная влажность торфа.

Вариант 6

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	φ , град	E , МПа	Примечание
1	134,5	Суглинок озерно-аллювиальный	6,6	2,65	0,20	0,29	0,30	1,85	15	16	9,0	УГВ = 1,2 м
		Супесь аллювиальная	3,3	2,66	0,16	0,22	0,23	1,78	2	17	8,8	
		Глина третичная	4,3	2,65	0,45	0,65	0,50	1,70	20	10	17,0	
2	133,9	Суглинок озерно-аллювиальный	7,4	2,65	0,20	0,29	0,30	1,85	15	16	9,0	УГВ = 0,9 м
		Супесь аллювиальная	3,5	2,66	0,16	0,22	0,23	1,78	2	17	8,8	
		Глина третичная	3,8	2,65	0,45	0,65	0,50	1,70	20	10	17,0	

Вариант 7

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	φ , град	E , МПа	Примечание
1	167,0	Пылеватый песок	1,9	2,67	–	–	0,1	1,84	7	34	15,0	УГВ = 4,9 м
		Супесь	2,4	2,65	0,13	0,17	0,15	1,79	3	21	12,0	
		Суглинок аллювиальный	3,8	2,66	0,17	0,25	0,24	1,81	15	14	8,9	
		Глина	3,7	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	30,0	
2	168,0	Пылеватый песок	2,8	2,67	–	–	0,1	1,84	7	34	15,0	УГВ = 4,8 м
		Супесь	3,6	2,65	0,13	0,17	0,15	1,79	3	21	12,0	
		Суглинок аллювиальный	4,6	2,66	0,17	0,25	0,24	1,81	15	14	8,9	
		Глина	3,7	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	30,0	

Вариант 8

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	65,0	Суглинок аллювиальный	4,8	2,66	0,19	0,27	0,24	1,80	23	22	10,5	УГВ = = 5,2 м
		Мелкий песок	1,9	2,65	-	-	0,29	1,93		30	21,0	
		Супесь	2,3	2,66	0,16	0,23	0,28	1,82	8	24	10,0	
		Суглинок аллювиальный	4,8	2,67	0,14	0,26	0,18	1,97	40	24	20,0	
2	65,9	Суглинок аллювиальный	5,1	2,66	0,19	0,27	0,24	1,80	23	22	10,5	УГВ = = 4,7 м
		Супесь	2,1	2,66	0,16	0,23	0,28	1,82	8	24	10,0	
		Суглинок аллювиальный	4,4	2,67	0,14	0,26	0,18	1,97	40	24	20,0	

Вариант 9

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	86,5	Суглинок лессовидный	3,8	2,67	0,17	0,26	0,19	1,81	26	24	16,0	УГВ = = 4,9 м
		Суглинок лессовидный	3,9	2,66	0,19	0,30	0,27	1,95	33	20	12,0	
		Мелкий песок	3,5	2,65	-	-	0,20	1,86	4	31	14,5	
2	85,8	Суглинок лессовидный	3,2	2,67	0,17	0,26	0,19	1,81	26	24	16,0	УГВ = = 3,7 м
		Суглинок лессовидный	4,1	2,66	0,19	0,30	0,27	1,95	33	20	12,0	
		Мелкий песок	3,8	2,65	-	-	0,20	1,86	4	31	14,5	

Вариант 10

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	184,5	Суглинок заглисованный	5,4	2,67	0,18	0,26	0,17	1,78	27	23	18,0	УГВ не отмечен
		Суглинок	6,3	2,69	0,13	0,29	0,28	1,81	32	22	7,2	
		Глина со щебнем известняка	2,9	2,72	0,17	0,36	0,19	1,96	61	28	22,0	
2	189,8	Суглинок заглисованный	4,8	2,67	0,18	0,26	0,17	1,78	27	23	18,0	УГВ = = 1,2 м
		Суглинок	6,5	2,69	0,13	0,29	0,28	1,81	32	22	7,2	
		Глина со щебнем известняка	3,8	2,72	0,17	0,36	0,19	1,96	61	28	22,0	

Вариант 11

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	231,4	Песок пылеватый	2,2	2,67	-	-	0,18	1,71	2	27	8,0	УГВ = = 4,7 м
		Глина со щебнем до 5 %	1,9	1,9	0,21	0,40	0,30	1,79	40	14	10,0	
		Глина со щебнем до 12 %	2,5	2,5	0,19	0,37	0,22	1,98	70	23	24,5	
		Глина со щебнем до 20 %	3,7	3,9	0,16	0,36	0,17	2,14	100	28	41,0	
2	230,7	Песок пылеватый	2,5	2,67	-	-	0,18	1,71	2	27	8,0	УГВ = = 5,7 м
		Глина со щебнем до 5 %	2,1	1,9	0,21	0,40	0,30	1,79	40	14	10,0	
		Глина со щебнем до 12 %	0,8	2,5	0,19	0,37	0,22	1,98	70	23	24,5	
		Глина со щебнем до 20 %	3,9	3,9	0,16	0,36	0,17	2,14	100	28	41,0	

Вариант 12

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	91,0	Суглинок	1,1	2,71	0,27	0,40	0,37	1,65	17	17	4,0	УГВ = 0,7 м
		Песок пылеватый	1,6	2,68	–	–	0,32	1,65	1,5	25	8,3	
		Суглинок	2,9	2,69	0,15	0,23	0,19	2,00	28	23	20,5	
		Песок гравелистый	1,8	2,69	–	–	0,33	1,84	3	30	22,0	
		Гравелистый грунт (рухляк)	4,5	2,72	–	–	0,17	2,05	–	41	28,0	
2	91,8	Суглинок	0,7	2,70	0,28	0,40	0,36	1,64	17	18	3,0	УГВ = 1,6 м
		Песок пылеватый	1,3	2,69	–	–	0,31	1,64	2	24	8,0	
		Суглинок	3,0	2,69	0,17	0,25	0,23	1,98	27	23	19,5	
		Песок гравелистый	1,5	2,70	–	–	0,32	1,86	4	31	21,5	
		Гравелистый грунт (рухляк)	4,3	2,72	–	–	0,17	2,05	–	41	28,0	

Вариант 13

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	39,6	Супесь аллювиальная	1,5	2,66	0,19	0,23	0,23	1,86	2	20	8,4	УГВ = 0,8 м
		Пылеватый песок заторфованный	8,7	2,65	0,07	0,09	0,25	1,76	2	24	5,7	
2	38,7	Супесь аллювиальная	1,8	2,66	0,19	0,23	0,23	1,86	2	20	8,4	УГВ = 1,3 м
		Пылеватый песок заторфованный	9,4	2,65	0,07	0,09	0,25	1,76	2	24	5,7	

Вариант 14

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	112,2	Песок мелкий аллювиальный	3,4	2,67	–	–	0,21	1,93	1	29	14,2	УГВ = 0,5 м
		Супесь аллювиальная	6,1	2,69	0,18	0,24	0,21	2,01	33	23	12,2	
		Песок пылеватый	1,1	2,70	–	–	0,22	1,97	2	28	7,7	
		Рухляки алевролитов	8,0	2,71	–	–	0,18	2,20	100	24	27,0	
2	113,4	Песок мелкий аллювиальный	3,9	2,67	–	–	0,21	1,93	1	29	14,2	УГВ = 0,8 м
		Супесь аллювиальная	5,6	2,69	0,18	0,24	0,21	2,01	33	23	12,2	
		Песок пылеватый	0,9	2,70	–	–	0,22	1,97	2	28	7,7	
		Рухляки алевролитов	6,0	2,71	–	–	0,18	2,20	100	24	27,0	

Вариант 15

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	151,0	Мелкий песок	6,8	2,67	–	–	0,20	2,0	3,8	31	32,0	УГВ = 2,4 м
		Торф	3,3	1,90	–	–	0,75*	1,20	–	28	1,9	
		Суглинок озерно-аллювиальный	5,4	2,65	0,17	0,25	0,31	1,9	20	16	8,4	
2	151,9	Мелкий песок	7,3	2,67	–	–	0,20	2,0	3,8	31	32,0	УГВ = 3,5 м
		Торф	2,8	1,90	–	–	0,75*	1,20	–	28	1,9	
		Суглинок озерно-аллювиальный	5,8	2,65	0,17	0,25	0,31	1,9	20	16	8,4	

* – дана объемная влажность торфа

Вариант 16

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	134,4	Суглинок озерно-аллювиальный	6,6	2,65	0,20	0,29	0,30	1,75	11	9	6,6	УГВ = 1,6 м
		Супесь аллювиальная	3,1	2,66	0,16	0,22	0,23	1,78	2	17	8,0	
		Глина третиная	4,1	2,65	0,45	0,65	0,50	1,54	5	6	15,0	
2	133,9	Суглинок озерно-аллювиальный	7,6	2,65	0,20	0,29	0,30	1,75	11	9	6,6	УГВ = 0,9 м
		Супесь аллювиальная	3,2	2,66	0,16	0,22	0,23	1,78	2	17	8,0	
		Глина третиная	3,2	2,65	0,45	0,65	0,50	1,54	5	6	15,0	

Вариант 17

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	167,0	Пылеватый песок	1,9	2,67	–	–	0,1	1,84	6	34	16,4	УГВ = 4,0 м
		Супесь	2,4	2,65	0,13	0,17	0,15	1,85	7	24	21,0	
		Суглинок аллювиальный	3,8	2,66	0,17	0,25	0,24	1,86	16	17	10,3	
		Глина	3,7	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	31,0	
2	167,6	Пылеватый песок	2,6	2,67	–	–	0,1	1,84	6	34	16,4	УГВ = 4,8 м
		Супесь	3,6	2,65	0,13	0,17	0,15	1,85	7	24	21,0	
		Суглинок аллювиальный	4,5	2,66	0,17	0,25	0,24	1,86	16	17	10,3	
		Глина	3,9	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	31,0	

Вариант 18

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	65,3	Суглинок аллювиальный	4,6	2,66	0,19	0,27	0,24	1,93	23	22	15,6	УГВ = 5,2 м
		Мелкий песок	1,9	2,65	–	–	0,29	1,93	0	30	21,4	
		Супесь	1,9	2,66	0,16	0,23	0,28	1,82	8	23	9,2	
		Суглинок аллювиальный	4,9	2,67	0,14	0,26	0,16	2,02	40	26	29,0	
2	65,8	Суглинок аллювиальный	5,1	2,66	0,19	0,27	0,24	1,93	23	22	15,6	УГВ = 4,7 м
		Супесь	3,2	2,66	0,16	0,23	0,28	1,82	8	23	9,2	
		Суглинок аллювиальный	3,4	2,67	0,14	0,26	0,16	2,02	40	26	29,0	

Вариант 19

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	85,1	Суглинок лёссовидный	3,6	2,67	0,17	0,26	0,19	1,65	18	20	11,0	УГВ = 4,9 м
		Суглинок лёссовидный	3,8	2,66	0,19	0,30	0,27	1,85	30	18	8,0	
		Мелкий песок	3,5	2,65	–	–	0,20	1,86	4	31	14,2	
2	85,8	Суглинок лёссовидный	3,0	2,67	0,17	0,26	0,19	1,65	18	20	11,0	УГВ = 3,8 м
		Суглинок лёссовидный	5,1	2,66	0,19	0,30	0,27	1,85	30	18	8,0	
		Мелкий песок	3,8	2,65	–	–	0,20	1,86	4	31	14,2	

Вариант 20

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_{20} , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	ϕ_p , град	E , МПа	Примечание
1	189,5	Суглинок заглипсованный	5,3	2,67	0,18	0,26	0,17	1,83	28	24	20,5	УГВ не отмечен
		Суглинок	6,2	2,69	0,13	0,29	0,28	1,89	35	23	15,0	
		Глина со щебнем известняка	2,9	2,72	0,17	0,36	0,19	1,96	61	28	23,2	
2	189,8	Суглинок заглипсованный	4,8	2,67	0,18	0,26	0,17	1,83	28	24	20,5	УГВ не отмечен
		Суглинок	6,7	2,69	0,13	0,29	0,28	1,89	35	23	15,0	
		Глина со щебнем известняка	3,5	2,72	0,17	0,36	0,19	1,96	61	28	23,2	

Вариант 21

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_{20} , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	ϕ_p , град	E , МПа	Примечание
1	231,7	Песок пылеватый	2,2	2,67	–	–	0,18	1,71	2	27	7,0	УГВ = = 4,4 м
		Глина со щебнем до 5 %	1,9	1,9	0,21	0,40	0,30	1,88	50	16	12,0	
		Глина со щебнем до 12 %	2,5	2,5	0,19	0,37	0,22	2,08	82	23	29,0	
		Глина со щебнем до 20 %	3,9	3,9	0,16	0,36	0,17	2,14	100	28	45,0	
2	230,9	Песок пылеватый	2,0	2,67	–	–	0,18	1,71	2	27	7,0	УГВ = = 5,8 м
		Глина со щебнем до 5 %	2,6	1,9	0,21	0,40	0,30	1,88	50	16	12,0	
		Глина со щебнем до 12 %	0,8	2,5	0,19	0,37	0,22	2,08	82	23	29,0	
		Глина со щебнем до 20 %	4,1	3,9	0,16	0,36	0,17	2,14	100	28	45,0	

Вариант 22

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_{20} , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	ϕ_p , град	E , МПа	Примечание
1	91,0	Суглинок	0,8	2,71	0,27	0,40	0,37	1,65	18	17	3,2	УГВ = = 1,9 м
		Песок пылеватый	1,4	2,68	–	–	0,32	1,65	1,5	25	8,0	
		Суглинок	2,9	2,69	0,15	0,23	0,19	1,85	25	21	14,0	
		Песок гравелистый	1,3	2,69	–	–	0,33	1,67	4	27	14,8	
		Гравелистый грунт (рухляк)	4,5	2,72	–	–	0,17	2,05	–	41	28,0	
2	91,8	Суглинок	0,7	2,71	0,27	0,40	0,37	1,65	18	17	3,2	УГВ = = 1,1 м
		Песок пылеватый	1,3	2,68	–	–	0,32	1,65	1,5	25	8,0	
		Суглинок	3,0	2,69	0,15	0,23	0,19	1,85	25	21	14,0	
		Песок гравелистый	1,5	2,69	–	–	0,33	1,67	4	27	14,8	
		Гравелистый грунт (рухляк)	4,9	2,72	–	–	0,17	2,05	–	41	28,0	

Вариант 23

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_{20} , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	ϕ_p , град	E , МПа	Примечание
1	39,5	Супесь аллювиальная	1,6	2,66	0,19	0,23	0,23	1,97	2,3	21	12,0	УГВ = = 0,9 м
		Пылеватый песок заторфованный	8,7	2,65	0,07	0,09	0,25	1,87	2,3	25	7,0	
2	38,7	Супесь аллювиальная	1,8	2,66	0,19	0,23	0,23	1,97	2,3	21	12,0	УГВ = = 0,3 м
		Пылеватый песок заторфованный	9,3	2,65	0,07	0,09	0,25	1,87	2,3	25	7,0	

Вариант 24

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	ϕ , град	E , МПа	Примечание
1	112,6	Песок мелкий аллювиальный	3,2	2,67	–	–	0,21	2,02	2	30	18,4	УГВ = = 1,5 м
		Супесь аллювиальная	6,1	2,69	0,18	0,24	0,21	2,06	35	24	15,0	
		Песок пылеватый	1,1	2,70	–	–	0,22	1,97	3	29	7,5	
		Рухляки алевролитов	8,0	2,71	–	–	0,18	2,20	100	24	28,0	
2	113,8	Песок мелкий аллювиальный	3,5	2,67	–	–	0,21	2,02	2	30	18,4	УГВ = = 2,4 м
		Супесь аллювиальная	5,4	2,69	0,18	0,24	0,21	2,06	35	24	15,0	
		Песок пылеватый	0,9	2,70	–	–	0,22	1,97	3	29	7,5	
		Рухляки алевролитов	6,3	2,71	–	–	0,18	2,20	100	24	28,0	

Вариант 25

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	ϕ , град	E , МПа	Примечание
1	151,0	Мелкий песок	6,5	2,67	–	–	0,20	1,84	4,0	30	18,7	УГВ = = 2,4 м
		Торф	3,2	1,90	–	–	0,75*	1,2	–	28	1,0	
		Суглинок озерно-аллювиальный	5,4	2,65	0,17	0,25	0,31	1,76	21	17	5,2	
2	151,8	Мелкий песок	6,8	2,67	–	–	0,20	1,84	4,0	30	18,7	УГВ = = 3,5 м
		Торф	2,8	1,90	–	–	0,75*	1,2	–	28	1,0	
		Суглинок озерно-аллювиальный	5,1	2,65	0,17	0,25	0,31	1,76	21	17	5,2	

* – дана объемная влажность торфа

Вариант 26

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	ϕ , град	E , МПа	Примечание
1	134,8	Суглинок озерно-аллювиальный	6,4	2,65	0,20	0,29	0,30	1,8	12	11	7,5	УГВ = = 1,6 м
		Супесь аллювиальная	3,3	2,66	0,16	0,22	0,23	1,78	5	18	8,5	
		Глина третичная	4,1	2,65	0,45	0,65	0,50	1,65	12	8	16,6	
2	133,3	Суглинок озерно-аллювиальный	7,4	2,65	0,20	0,29	0,30	1,8	12	11	7,5	УГВ = = 1,8 м
		Супесь аллювиальная	3,2	2,66	0,16	0,22	0,23	1,78	5	18	8,5	
		Глина третичная	3,2	2,65	0,45	0,65	0,50	1,65	12	8	16,6	

Вариант 27

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_s , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	e_p , кПа	ϕ , град	E , МПа	Примечание
1	167,0	Пылеватый песок	1,8	2,67	–	–	0,1	1,84	6	34	16,0	УГВ = = 4,1 м
		Супесь	2,4	2,65	0,13	0,17	0,15	2,00	9	25	29,0	
		Суглинок аллювиальный	3,9	2,66	0,17	0,25	0,24	1,94	21	20	14,0	
		Глина	3,7	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	30,0	
2	167,2	Пылеватый песок	2,7	2,67	–	–	0,1	1,84	6	34	16,0	УГВ = = 4,8 м
		Супесь	3,6	2,65	0,13	0,17	0,15	2,00	9	25	29,0	
		Суглинок аллювиальный	4,6	2,66	0,17	0,25	0,24	1,94	21	20	14,0	
		Глина	3,9	2,65	0,37	0,53	0,40	1,80	42	16	30,0	

Вариант 28

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	65,1	Суглинок аллювиальный	4,4	2,66	0,19	0,27	0,24	1,75	21	22	8,8	УГВ = = 3,2 м
		Мелкий песок	1,8	2,65	–	–	0,29	1,93	0	30	21,0	
		Супесь	1,9	2,66	0,16	0,23	0,28	1,82	8	24	9,0	
		Суглинок аллювиальный	4,9	2,67	0,14	0,26	0,22	1,86	25	23	12,0	
2	65,8	Суглинок аллювиальный	5,1	2,66	0,19	0,27	0,24	1,75	21	22	8,8	УГВ = = 4,7 м
		Супесь	3,1	2,66	0,16	0,23	0,28	1,82	8	24	9,0	
		Суглинок аллювиальный	3,4	2,67	0,14	0,26	0,22	1,86	25	23	12,0	

Вариант 29

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	85,1	Суглинок лессовидный	3,4	2,67	0,17	0,26	0,19	1,72	20	21	12,0	УГВ = = 4,9 м
		Суглинок лессовидный	3,8	2,66	0,19	0,30	0,27	1,90	32	18	10,4	
		Мелкий песок	3,5	2,65	–	–	0,20	1,86	5	31	14,5	
2	85,8	Суглинок лессовидный	3,2	2,67	0,17	0,26	0,19	1,72	20	21	12,0	УГВ = = 3,8 м
		Суглинок лессовидный	4,1	2,66	0,19	0,30	0,27	1,90	32	18	10,4	
		Мелкий песок	3,8	2,65	–	–	0,20	1,86	5	31	14,5	

Вариант 30

Физико-механические характеристики грунтов

Номер скв.	Коорд. устья скв., м	Наименование грунта	Толщ. слоя, м	ρ_r , т/м ³	w_p	w_L	w	ρ , т/м ³	c_p , кПа	φ_p , град	E , МПа	Примечание
1	187,5	Суглинок заглисованный	5,1	2,67	0,18	0,26	0,17	1,87	34	24	17,2	УГВ не отмечен
		Суглинок	6,3	2,69	0,13	0,29	0,28	1,99	39	24	7,8	
		Глина со щебнем известняка	2,9	2,72	0,17	0,36	0,19	1,96	61	29	22,4	
2	187,8	Суглинок заглисованный	4,9	2,67	0,18	0,26	0,17	1,87	34	24	17,2	УГВ не отмечен
		Суглинок	6,5	2,69	0,13	0,29	0,28	1,99	39	24	7,8	
		Глина со щебнем известняка	3,5	2,72	0,17	0,36	0,19	1,96	61	29	22,4	

Локальный электронный методический материал

Михайлов Александр Юрьевич

**ФУНДАМЕНТЫ, ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ И ОГРАЖДЕНИЯ
КОТЛОВАНОВ**

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 3,8. Печ. л. 3,6.

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1