

Министерство образования и науки Российской Федерации
Дальневосточный федеральный университет
Инженерная школа

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Методические указания к изучению дисциплины «Механика грунтов»
для студентов заочной и очно-заочной форм обучения
специальности «Строительство»

Составители
Т.Н. Пронкина, В.В. Проценко

Учебное электронное издание



Владивосток
Издательский дом Дальневосточного федерального университета
2013

УДК 624
ББК 38
М55

Составители:

Пронкина Татьяна Николаевна, старший преподаватель кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток);

Проценко Виктория Владимировна, старший преподаватель кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений Инженерной школы (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

М55 Механика грунтов: метод. указания к изучению дисциплины «Механика грунтов» для студентов заочной и очно-заочной форм обучения специальности «Строительство» [Электронный ресурс] / сост. Т.Н. Пронкина, В.В. Проценко ; Дальневосточный федеральный университет, Инженерная школа. – Электрон. дан. – Владивосток : Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013. – 27 с. – Acrobat Reader, Foxit Reader либо любой другой их аналог.

– Режим доступа: <http://www.dvfu.ru/web/is/metodiceskie-rekomendacii>

Излагаются программа курса, темы лекций и практических занятий, приводятся последовательность выполнения самостоятельной работы с примерами, рекомендуемый список литературы.

Для освоения дисциплины «Механика грунтов» студентами строительных специальностей заочной и очно-заочной форм обучения.

Ключевые слова: физические свойства грунтов, механические свойства грунтов, классификация грунтов, расчет осадки.

УДК 624
ББК 38

Публикуется по решению кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений
Инженерной школы ДВФУ

Методические указания подготовлены
редакционно-издательским отделом
Инженерной школы ДВФУ

Технический редактор И.А. Гончарук
Компьютерная верстка Н.И. Никитиной

Формат PDF, объем 0,7 МБ [усл. печ. л. 3,3]
Выпускаются в авторской редакции

© Пронкина Т.Н., Проценко В.В., сост., 2013

© Дальневосточный федеральный университет, 2013

© Издательский дом Дальневосточного
федерального университета, оформление, 2013

Издательский дом Дальневосточного федерального университета
690990, Владивосток, ул. Пушкинская, 10
тел./факс (423) 222-12-40, 245-77-70
E-mail: tvpress@mail.ru, edit_dvfu@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРОГРАММА КУРСА.....	4
1.1. Состав курса, требования к освоению дисциплины	4
1.2. Объем дисциплины и виды учебной работы.....	4
2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2.1. Распределение учебного материала по видам занятий	5
2.2. Содержание лекционного курса	5
2.3. Темы аудиторных занятий	6
2.4. Постраничный указатель основной литературы	6
3. КОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	7
3.1. Вопросы на зачет.....	7
3.2. Тесты	8
3.3. Рейтинг-план дисциплины	15
4. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ	17
5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ..	17
5.1. Исходные данные для расчетов	17
5.2. Задание на контрольную работу.....	18
5.3. Определение наименований грунтов	18
5.4. Определение физико-механических характеристик грунтов	20
5.5. Определение напряжений от собственного веса грунта σ_{zg}	20
5.6. Определение напряжений от фундамента σ_{zp}	21
5.7. Расчет осадки фундамента	23
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ	26

1. ПРОГРАММА КУРСА

1.1. Состав курса, требования к освоению дисциплины

В соответствии с учебным планом направления 270800 «Строительство» для студентов заочной формы обучения предусмотрено изучение дисциплины «Механика грунтов» в 8 семестре.

«Механика грунтов» – общепрофессиональная дисциплина, входит в общую программу подготовки бакалавров и дипломированных специалистов по направлению «Строительство». Механика грунтов дает общенаучные и профессиональные знания о природе грунтов, составе, строении и состоянии грунта, физико-механических свойствах грунтов оснований зданий и сооружений, процессах, происходящих в грунтах в результате строительства и иной деятельности человека. Дисциплина рассматривает теоретические законы распределения напряжений в грунтовом массиве, развития деформаций, потери прочности и устойчивости оснований, а также методы расчета оснований зданий и сооружений по деформациям, несущей способности и устойчивости. Механика грунтов является теоретической базой специальной дисциплины «Основания и фундаменты».

«Механика грунтов» формирует профессиональные знания, умения и навыки специалиста в области строительства:

– производство изысканий и исследование физико-механических свойств грунтов для строительства;

– комплексная оценка инженерно-геологических, гидрогеологических, климатических условий строительной площадки, физико-механических свойств грунтов с целью выбора оптимальных вариантов устройства оснований и фундаментов;

– прогноз изменений свойств природных грунтов, геологических и гидрогеологических условий в результате строительства и другой деятельности человека;

– базовые расчеты оснований и фундаментов зданий и сооружений.

В течение учебного семестра студент должен самостоятельно изучить теоретический материал и выполнить контрольную работу. В период экзаменационной сессии в университете проводятся обзорные лекции, практические и лабораторные занятия. В итоге обучения проводится зачет.

В результате теоретического изучения дисциплины студент должен **знать основные понятия, законы, методы исследований механики грунтов.**

В результате практического изучения дисциплины студент должен **уметь определять физико-механические свойства грунтов оснований, выполнять основные расчеты оснований зданий и сооружений по деформациям, прочности, устойчивости и несущей способности.**

1.2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение
		в семестре
	68	8
Общая трудоемкость дисциплины	68	68
Всего аудиторные занятия	14	14
<i>В том числе:</i> лекции	6	6
Практические занятия	8	8
Всего самостоятельная работа	54	54
<i>В том числе:</i> расчетно-графические работы	10	10
Другие виды	44	44
Вид итогового контроля		зачет

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Распределение учебного материала по видам занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и его содержание	Распределение по видам (час)			
		Лекции	ЛЗ	ПЗ	СРС
Раздел 1. Грунтоведение					
1.1	Природа и показатели физических свойств грунтов	1		1	6
1.2	Физико-механические свойства грунтов	1		1	6
Раздел 2. Теоретические основы расчетов механики грунтов					
2.1	Напряженное состояние грунтов в допредельном и предельном состояниях	1		1	10
2.2	Напряжения в грунтах от действия внешних сил и массы грунта	1		1	10
2.3	Деформации грунтов и прогноз осадок фундаментов	2		2	10
2.4	Простейшие способы оценки устойчивости оснований и откосов			2	12
	Всего часов	6		8	54
	Итого	68			

2.2. Содержание лекционного курса

Раздел 1. Грунтоведение

Тема 1.1. *Природа и показатели физических свойств грунтов*

Основные компоненты грунтов и их соотношение в зависимости от генезиса: минеральный скелет, вода, газы, биота. Структура, текстура грунтов. Происхождение грунтов. Показатели физических свойств грунтов (физические характеристики): зерновой состав, плотность, влажность, число пластичности, консистенция. Классификация песчаных и пылевато-глинистых грунтов.

Тема 1.2. *Физико-механические свойства грунтов*

Условия работы грунтов в массиве и возможность оценки их прочности и деформируемости по отдельным образцам. Основные закономерности механики грунтов и коэффициенты, характеризующие механические свойства грунтов. Водопроницаемость грунтов, закон ламинарной фильтрации. Сжимаемость грунтов, закон уплотнения, принцип линейной деформируемости. Сопротивление грунтов сдвигу, условия прочности. Использование закономерностей в решениях механики грунтов. Определение в лаборатории и в полевых условиях механических характеристик грунтов, оценка по ним свойств грунтов.

Раздел 2. Теоретические основы расчетов механики грунтов

Тема 2.1. *Напряженное состояние грунтов в допредельном и предельном состояниях*

Оценка условий и особенности работы грунтов оснований по данным испытаний их жесткими штампами (моделями фундаментов). Графики зависимости осадки от давления для различных режимов нагружения. Фазы напряженного состояния грунтов при непрерывном возрастании давления: упругих деформаций, уплотнения, развития интенсивных местных сдвигов, выпора.

Тема 2.2. Напряжения в грунтах от действия внешних сил и массы грунта

Возможность определения напряжений в толще грунтов в фазе уплотнения по теории линейно-деформируемых тел. Применение решений механики грунтов для определения напряжений в массиве от фундаментов. Эпюры напряжений. Напряжения от массы грунта – природное давление.

Тема 2.3. Деформации грунтов и прогноз осадок фундаментов

Виды деформаций грунтов и физические причины, их обуславливающие. Определение конечных осадок фундаментов по методу послойного суммирования. Обзор наиболее известных методов расчета конечных осадок, прогноз развития осадок во времени.

Тема 2.4. Простейшие способы оценки устойчивости оснований и откосов

Понятие о предельном давлении на грунты. Активное и пассивное давление грунтов. Примеры оценки устойчивости оснований и откосов.

2.3. Темы аудиторных занятий

Лекция 1. Природа и показатели физических свойств грунтов. Физико-механические свойства грунтов.

Лекция 2. Напряженное состояние грунтов в допредельном и предельном состояниях. Напряжения в грунтах от действия внешних сил и массы грунта.

Лекция 3. Деформации грунтов и прогноз осадок фундаментов.

Практическое занятие 1. Классификация грунтов. Определение физико-механических характеристик грунтов.

Практическое занятие 2. Определение напряжений от собственного веса грунта.

Практическое занятие 3. Определение напряжений в толще грунта от внешней нагрузки. Расчет осадки фундамента.

Практическое занятие 4. Определение активного и пассивного давления грунта на подпорную стенку. Расчет устойчивости стенки на плоский сдвиг.

2.4. Постраничный указатель основной литературы

№ темы	Наименование темы	Далматов Б.И. и др. Механика грунтов, 2000 [1]	Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты, 2004 [2]
1.1	Природа и показатели физических свойств грунтов	10–24	13–30
1.2	Физико-механические свойства грунтов	42–73	31–48, 80–124
2.1	Напряженное состояние грунтов в допредельном и предельном состояниях		58–79
2.2	Напряжения в грунтах от действия внешних сил и массы грунта	102–116	125–144
2.3	Деформации грунтов и прогноз осадок фундаментов	119–155	188–228
2.4	Простейшие способы оценки устойчивости оснований и откосов	156–187	145–186

3. КОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для усвоения дисциплины студент самостоятельно выполняет контрольную работу, которую он обязан прислать преподавателю на проверку до начала экзаменационной сессии. Во время экзаменационной сессии студент должен посещать лекции и практические занятия, выполнять задания, предложенные преподавателем на занятиях. По окончании аудиторных занятий проводится зачет по теоретическому курсу. Зачет проводится в виде устного опроса, по результатам тестирования и решения контрольных задач. По первому разделу курса «Грунтоведение» проводится тестирование. По второму разделу курса зачет проводится по решению контрольных задач с устной защитой. Вопросы на зачет и вопросы тестирования приводятся ниже. Оценивается уровень усвоения знаний в виде рейтинговой оценки. Рейтинг-план дисциплины приведен в п 3.3.

3.1. Вопросы на зачет

1. Какова природа нескальных грунтов? Как образовались различные нескальные грунты, как влияет происхождение грунтов на их свойства?
2. Из каких основных компонентов состоят грунты? Как влияют размеры, форма и минералогический состав твердых частиц на свойства грунтов?
3. Какие существуют виды воды и газообразных включений в грунте? Какое влияние они оказывают на свойства грунтов?
4. Назовите основные виды структурных связей в грунтах. Что такое структура и текстура грунта?
5. Как определяются основные и дополнительные характеристики физических свойств грунтов?
6. Как классифицируются песчаные грунты? Назовите классификационные показатели. Как по показателям получить наименование грунтов?
7. Как классифицируются глинистые грунты? Назовите классификационные показатели. Как по показателям получить наименование грунтов?
8. Сформулируйте закон движения воды в грунте. Что такое коэффициент фильтрации грунтов, от каких факторов зависит эта характеристика? Что такое начальный градиент в глинистых грунтах и от чего он зависит?
9. Какой зависимостью описывается сжимаемость грунтов? Как производятся компрессионные испытания? Как определяется модуль общей деформации грунта по компрессионной кривой?
10. Какой зависимостью описывается сопротивление сдвигу для песчаных и глинистых грунтов? От каких факторов зависит сопротивление сдвигу у таких грунтов?
11. Назовите фазы работы грунта под фундаментом при увеличении нагрузки на фундамент. Что такое критическая и предельная нагрузка?
12. Как определяются напряжения от собственного веса грунта? Начертите эпюры распределения вертикальных напряжений от собственного веса грунта для различных случаев (однородного массива, слоистого массива, при наличии в массиве уровня подземных вод и водонепроницаемого слоя).
13. Как определяются напряжения от внешней нагрузки (фундамента)? Покажите вид эпюры напряжений.
14. Как определяется осадка слоя конечной толщины при равномерной нагрузке на его поверхности?
15. Как определить осадку фундамента методом послойного суммирования?
16. Как определяется устойчивость откоса из песчаного грунта?
17. Сформулируйте условие устойчивости вертикального откоса из связного грунта.
18. Назовите случаи потери устойчивости откосов из обломочных, песчаных и глинистых грунтов.

19. Что такое активное и пассивное давление грунта? Как определяется активное и пассивное давление грунта на вертикальную стенку?
20. Как проверить устойчивость подпорной стены на плоский сдвиг?

3.2. Тесты

В предложенных тестах выберите правильный ответ.

Часть 1. *Природа и показатели физических свойств грунтов*

- | | |
|---|--|
| 1. Нескальные грунты образовались в результате: | <ul style="list-style-type: none"> раскалывания скальных грунтов истирания скальных грунтов выветривания скальных грунтов размывания скальных грунтов |
| 2. Песчаные грунты образуются в результате: | <ul style="list-style-type: none"> химического выветривания физического выветривания физико-химического выветривания физико-биологического выветривания |
| 3. Глинистые грунты формируются как продукт: | <ul style="list-style-type: none"> биологического выветривания физического выветривания физико-химического выветривания физико-химического и частично биологического выветривания |
| 4. Грунты, образованные из органических остатков, называются: | <ul style="list-style-type: none"> биогенными биотическими биоорганическими биологическими |
| 5. Не относятся к физическим воздействиям при формировании грунтов: | <ul style="list-style-type: none"> снег, дождь, ветер, перепады температур осадки, мороз, движение водных потоков образование болот, гниение растительности движение рек, размыв поверхности водой |
| 6. Компоненты грунта: | <ul style="list-style-type: none"> твердые частицы, жидкость, газ минеральные частицы, вода, биота органо-минеральные частицы, жидкость скальные частицы, воздух, вода |
| 7. Твердые частицы размерами 40–2 мм называются: | <ul style="list-style-type: none"> камни галька гравий щебень |

8. Окатанные обломочные частицы:	щебень дресва хрящ гравий
9. К крупным пескам относятся частицы размером (мм):	0,25–0,1 0,1–0,05 2–0,5 0,05–0,005
10. Глинистые частицы имеют форму:	рваную округлую овальную пластинчатую
11. Связная вода образуется за счет:	сил молекулярного взаимодействия химических реакций поверхностного натяжения физического взаимодействия с частицами
12. Свободная вода в грунте:	химически чистая гравитационная парообразная инертная
13. В песчаных грунтах вода бывает:	прочносвязная рыхлосвязная капиллярная химически чистая
14. Пар может быть в:	песчаных грунтах глинистых грунтах обломочных грунтах любых грунтах
15. Не относится к первичным структурам грунтов:	сотовая хлопьевидная зернистая конгломератная
16. Текстура глинистого грунта:	сыпучая связная слитная массивная

17. Хлопьевидная текстура характерна для:	глинистых грунтов органогенных грунтов нескальных грунтов сыпучих грунтов
18. Гибкие связи характерны для:	песчаных грунтов сыпучих заболоченных глинистых и органогенных грунтов
19. Плотность частиц грунта ρ_s :	отношение массы частиц к объему частиц отношение массы грунта к его объему отношение массы сухих частиц к общему объему грунта отношение массы воды к массе частиц
20. Коэффициент пористости	отношение объема пор к общему объему грунта отношение массы воды к массе частиц отношение объема пор к объему частиц отношение массы частиц к объему частиц
21. Показатель водонасыщения грунта:	S_w ρ_w w E
22. Плотность частиц грунта:	ρ_w ρ ρ_s ρ_d
23. $S_w = \frac{w \rho_s}{e \rho_w}$	влажность степень водонасыщения индекс плотности коэффициент пористости
24. $e = \frac{\rho_s (1 + w)}{\rho} - 1$	влажность степень водонасыщения индекс плотности коэффициент пористости

25. Для классификации песчаных частиц по крупности применяется показатель:	диаметр частиц гранулометрический состав объем частиц массы частиц разных размеров
26. Песчаные частицы размером < 0,1 мм относятся к:	средней крупности крупным мелким Пылеватым
27. При коэффициенте водонасыщения 0,7 песчаный грунт:	малой степени водонасыщения средней степени водонасыщения влажный насыщенный водой
28. Плотность сложения грунтов определяется по показателю:	коэффициент пористости плотность сухого грунта степень водонасыщения плотность
29. По показателю водонасыщения $S_v = 0,7$ песчаный грунт:	насыщенный водой малой степени водонасыщения средней степени водонасыщения влажный
30. Влажность на границе текучести:	w_p w_L I_L w
31. $I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}$	показатель текучести число пластичности степень водонасыщения влажность на границе текучести
32. Переход глинистого грунта из пластичного состояния в твердое характеризуется:	показателем текучести числом пластичности влажностью на границе текучести влажностью на границе пластичности
33. Для определения классификационного наименования глинистого грунта используется показатель:	w_p I_L I_p w_L

34. При твердой консистенции глинистого грунта показатель текучести I_L : < 1
 > 1
 < 0
 $0 - 1$
35. При показателе текучести $I_L = 0,35$ консистенция глины: мягкопластичная
пластичная
полутвердая
тугопластичная
36. По числу пластичности $I_p < 7$ глинистый грунт определяется как: глина
суглинок
супесь
песок
37. Для определения консистенции глинистого грунта используется показатель: число пластичности
влажность на границе пластичности
граничные влажности
показатель текучести
38. У супеси показатель I_p : < 0
 > 1
 $0 - 7$
39. Крупнообломочные частицы имеют размер: 1–10 мм
 > 2 мм
 > 10 мм
 > 5 мм

Часть 2. Физико-механические свойства грунтов

1. Движение воды в грунте описывается законом: Кулона
Гаука
Дарси
Ома
2. Характеристика водопроницаемости грунта: гидравлический градиент
коэффициент фильтрации
скорость фильтрации
начальный градиент

3. Начальный градиент характерен для: песчаных грунтов
обломочных грунтов
глинистых грунтов
любых грунтов
4. Для природных грунтов характерно движение воды: струйное
турбулентное
ламинарное
Спокойное
5. $V_{\phi} = k_{\phi} (I - I_0)$ закон Кулона
закон Гука
закон Дарси
закон Ньютона
6. В компрессионном приборе исследуется свойство грунта: пластичности
сопротивления сдвигу
водопроницаемости
сжимаемости
7. По компрессионной кривой определяется показатель: модуль упругости
коэффициент пористости
коэффициент сжимаемости
модуль деформации
8. В компрессионных испытаниях устанавливается связь между давлением и осадкой грунта
давления и коэффициентом пористости
вертикальных и боковых относительных деформаций
вертикальных и боковых давлений
9. $\alpha = \Delta e \cdot p$ закон линейного уплотнения
закон Гука
закон кулона
закон ламинарной фильтрации
10. $a_v = \frac{a}{1 + e_0}$ коэффициент сжимаемости грунта
коэффициент относительной сжимаемости
модуль деформации
модуль сдвига
11. $\sigma = \varepsilon E$ закон Гука
закон Кулона
закон Дарси
закон линейного уплотнения

12. Коэффициент бокового давления ξ	<p>определяют в стабилометре определяют в одомере определяют в штамповых испытаниях определяют в срезном приборе</p>
13. Коэффициент Пуассона для грунта ν равен:	σ_x / σ_z $\varepsilon_x / \varepsilon_z$ σ / ε $\varepsilon \cdot E$
14. Модуль деформации $E = \alpha d (1 - \nu^2) \frac{\Delta p}{\Delta s}$	<p>по компрессионным испытаниям по штамповым испытаниям по испытаниям в стабилометре по испытаниям в срезном приборе</p>
15. Модуль деформации $E = \frac{\Delta \sigma_1}{\Delta \varepsilon_1} \beta$	<p>по компрессионным испытаниям по штамповым испытаниям по испытаниям в стабилометре по испытаниям в срезном приборе</p>
16. $\tau_{np} = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$	<p>закон Ньютона закон Гука закон Дарси закон Кулона</p>
17. Закон Кулона устанавливает зависимость между:	<p>напряжениями при сдвиге напряжениями и перемещениями скоростью фильтрации и гидравлическим градиентом массой и скоростью падения тела</p>
18. $\tau_{np} = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$, где φ и c	<p>деформационные показатели напряжения деформации параметры прочности грунта</p>
19. Закон Кулона в главных напряжениях:	$\tau_{np} = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$ $E = \frac{\Delta \sigma_1}{\Delta \varepsilon_1} \beta$ $\frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \operatorname{tg}^2 (45^\circ \mp \varphi / 2)$ $\nu = \frac{\sigma_3}{\sigma_1}$

$$20. \text{ Коэффициент активного давления } = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$$

$$\text{грунта } \lambda_a \quad \varepsilon_x / \varepsilon_z$$

$$= \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi/2)$$

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1}$$

3.3. Рейтинг-план дисциплины

Механика грунтов

(Название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

Основная образовательная программа 270800

Школа (реализующая ООП) Инженерная школа

группа(ы) _____ семестр 4 20 / 20 учебного года

Исполняющая школа: Инженерная школа

Исполняющая кафедра: Гидротехники, теории зданий и сооружений

Преподаватель: Проценко Виктория Владимировна, старший преподаватель
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

Календарный план контрольных мероприятий по дисциплине

№	Наименование контрольного мероприятия	Форма контроля	Весовой коэффициент, %	Максимальный балл	Минимальное требование для допуска к семестровой аттестации
1	Лекция 1	Посещение	3	4	1
	Практическое занятие 1	Посещение	3	4	1
		Тестирование	10	5	3
2	Лекция 2, 3	Посещение	6	8	2
	Практическое занятие 2, 3	Посещение	6	8	2
		Тестовые задачи	10	5	3
	Расчетно-графическая работа (СРС)	Защита	30	5	3
3	Практическое занятие 4	Посещение	3	4	2
		Защита заданий	20	5	3
	Зачет	Устный зачет	9	5	3
	Итого		100		

**Соотношение видов учебной деятельности студента,
учитываемых в рейтинговой оценке по данной дисциплине**

№	Виды учебной деятельности	Весовые коэффициенты, %
1	Посещение занятий (лекций, практических занятий)	20
2	Тестирование по 1-му разделу	10
3	Решение тестовых заданий по 2-му разделу	10
4	Защита заданий практических занятий (сроки защиты, качество оформления работы, качество защиты)	20
5	Выполнение расчётно-графических самостоятельных работ (сроки защиты, качество оформления работы, качество защиты)	30
6	Устный зачет	10

**Максимально возможные баллы за виды
контролируемой учебной деятельности студента**

№	Виды учебной деятельности	Шкала оценок (балл)
1	Посещение занятий (лекций, практических занятий, лабораторных работ, консультаций), за 1 час	0–1
2	Активность на занятиях	0–2
3	Решение тестовых заданий (лекция, практика)	0–5
4	Защита заданий практических занятий (сроки защиты, качество оформления работы, качество защиты)	0–5
5	Выполнение расчетно-графической самостоятельной работы (сроки защиты, качество оформления работы, качество защиты)	0–10
6	Устный зачет	0–5

Шкала соответствия рейтинга по дисциплине и оценок

Менее 61%	не зачтено	неудовлетворительно
От 61% до 75%	зачтено	удовлетворительно
От 76% до 85%	зачтено	хорошо
От 86% до 100%	зачтено	отлично

4. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Для выбранной в соответствии с шифром студента строительной площадки необходимо:

- 1) определить наименование слоев грунта строительной площадки в соответствии с ГОСТ 25100-95 [6];
- 2) для заданного фундамента, применительно к грунтовым условиям выбранной строительной площадки, рассчитать конечную осадку методом послойного суммирования.

Задание на контрольную работу содержит:

- 1) данные о строительной площадке:
 - мощность слоев, отметки поверхности природного рельефа и уровня грунтовых вод;
 - данные лабораторных определений физико-механических характеристик грунтов;
 - гранулометрический состав для песчаных грунтов;
- 2) данные о фундаменте:
 - тип фундамента;
 - размеры подошвы;
 - среднее давление под подошвой.

Задание выдается в соответствии с двумя последними цифрами шифра студента (номер зачетной книжки). Номер фундамента принимается по предпоследней цифре шифра, номер строительной площадки определяется по последней цифре шифра. Задание для выполнения контрольной работы можно получить на кафедре у ведущего преподавателя или на образовательном сайте «Теория сооружений on-line», электронный адрес www.zimbelmann.ru.

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

5.1. Исходные данные для расчетов

Отметка природного рельефа – 38,2
Отметка планировки – 39,8 м
Отметка уровня грунтовых вод – 34,8 м
Глубина заложения фундамента – 2,3 м
Ширина подошвы фундамента 2,1 м
Тип фундамента – отдельный стаканного типа
Давление по подошве фундамента – 385 кПа

Инженерно-геологические условия строительной площадки

№ слоя	Мощность слоя, м	Тип грунта
1	1,6	Насыпь
2	3,2	Глинистый
3	4,8	Песчаный
4	7,2	Глинистый

Физические характеристики грунтов

№ слоя	Плотность частиц грунта $\rho_s, \text{г/см}^3$	Плотность грунта $\rho, \text{г/см}^3$	Природная влажность $w, \text{д.е.}$	Влажность на границе текучести $w_L, \text{д.е.}$	Влажность на границе пластичности $w_P, \text{д.е.}$
1	–	1,6	–	–	–
2	2,72	1,99	0,17	0,20	0,14
3	2,67	2,00	0,24	0	0
4	2,72	1,93	0,28	0,46	0,25

Гранулометрический состав грунта

№ слоя	Содержание, % частиц размером, мм							
	10–2	2–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	<0,005
3	0	12,0	18,0	48,0	8,0	7,0	6,0	0

5.2. Задание на контрольную работу

Для выбранной в соответствии с шифром студента строительной площадки необходимо:

1. Построить геологический разрез по скважине с мощностями слоев и отметками.
2. Сделать классификацию грунтов по ГОСТ 25100-95.
3. Определить по СНиП 2.02.01-83* механические характеристики грунтов. Составить таблицу характеристик.
4. Нарисовать схему фундамента на геологическом разрезе.
5. Рассчитать и построить эпюру напряжений от собственного веса грунта σ_{zg} .
6. Построить эпюру напряжений от фундамента σ_{zp} .
7. Сделать расчет осадки фундамента.

5.3. Определение наименований грунтов

При определении наименования грунта рекомендуется пользоваться ГОСТ 25100-95 [6]. По выданным основным физическим характеристикам грунта определяются классификационные показатели.

Разновидность глинистого грунта определяется по числу пластичности I_P и по показателю текучести I_L (консистенции грунта).

Число пластичности:

$$I_P = w_L - w_P \quad (1)$$

Показатель текучести:

$$I_L = \frac{w - w_P}{w_L - w_P} \quad (2)$$

Разновидность песчаного грунта определяется по гранулометрическому составу грунта, коэффициенту водонасыщения S_r , коэффициенту пористости e .

Коэффициент пористости:

$$e = \frac{\rho_s (1 + w)}{\rho} - 1; \quad (3)$$

Коэффициент водонасыщения (для песчаных грунтов):

$$S_r = \frac{w \rho_s}{e \rho_w}, \quad (4)$$

где ρ_w – плотность воды, г/см³; принимается 1 г/см³.

Пример 1:

По исходным данным определяются наименование каждого слоя грунта.

Первый слой грунта – насыпь, наименование не определяется.

Второй слой относится к глинистым грунтам. Вычисляем число пластичности I_p и показатель текучести I_L .

$$I_p = 0,20 - 0,14 = 0,06 \text{ или } 6\%.$$

$I_p = 6\%$, следовательно, грунт супесь, т.к. входит в пределы $1 < I_p \leq 7$

$$I_L = \frac{0,17 - 0,14}{0,20 - 0,14} = 0,5.$$

$I_L = 0,5$, следовательно, супесь пластичная, т.к. $0 < I_L \leq 1$.

В дальнейших расчетах также потребуется коэффициент пористости:

$$e = \frac{2,72 (1 + 0,17)}{1,99} - 1 = 0,60.$$

Наименование грунта: супесь пластичная.

Третий слой относится к песчаным грунтам.

Определяется наименование грунта по крупности частиц (показатель гранулометрического состава): песок мелкий, т.к. содержание частиц размером $> 0,1$ мм составляет $78\% > 75\%$.

Плотность сложения, которую характеризует коэффициент пористости, по формуле (3):

$$e = \frac{2,67 (1 + 0,24)}{2,00} - 1 = 0,66.$$

Так как $e = 0,66$, что находится в пределах $0,55 \leq e \leq 0,7$, следовательно, песок средней плотности.

$$\text{По степени влажности, по формуле (4): } S_r = \frac{0,24 * 2,67}{0,66 * 1} = 0,97$$

Так как $S_r = 0,97$, что в пределах $0,8 < S_r \leq 1$, то песок насыщен водой.

Наименование грунта: песок мелкий, средней плотности, насыщенный водой.

Четвертый слой относится к глинистым грунтам. Вычисляем число пластичности I_p и показатель текучести I_L .

$$I_p = 0,46 - 0,25 = 0,21 \text{ или } 21\%.$$

$I_p = 21\%$, следовательно, грунт глина, т.к. $I_p > 17$

$$I_L = \frac{0,28 - 0,25}{0,46 - 0,25} = 0,14.$$

$I_L = 0,14$, следовательно, глина полутвердая, т.к. $0 < I_L \leq 0,25$.

В дальнейших расчетах также потребуется коэффициент пористости:

$$e = \frac{2,72 (1 + 0,17)}{1,99} - 1 = 0,60.$$

Наименование грунта: глина полутвердая.

5.4. Определение физико-механических характеристик грунтов

Нормативные значения механических характеристик: угла внутреннего трения φ_n , удельного сцепления c_n , модуля деформации E определяются по таблицам приложения 1 СНиП 2.02.01-83*[7]. При необходимости требуемые характеристики нужно интерполировать.

1 слой – насыпь. Характеристики не определяются.

2 слой – супесь пластичная.

$$e = 0,60$$

$$\varphi = 28^\circ, c = 19 \text{ кПа}, E = 20 \text{ МПа}$$

3 слой – песок мелкий, средней плотности, насыщенный водой.

$$e = 0,66$$

$$\varphi = 31,6^\circ, c = 1,8 \text{ кПа}, E = 27 \text{ МПа}$$

4 слой – глина полутвердая.

$$e = 0,80$$

$$\varphi = 18,5^\circ, c = 50,5 \text{ кПа}, E = 19,5 \text{ МПа}$$

Физические и механические характеристики грунтов сводятся в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунтов

Название грунта по ГОСТ 25100-95	Физические характеристики									Механические характеристики		
	ρ_s г/см ³	ρ г/см ³	w	e	S_r	w_L	w_P	I_p %	I_L	φ_n°	c_n кПа	E МПа
Насыпь		1,6										
Супесь пластичная	2,72	1,99	0,17	0,60	–	0,20	0,14	6	0,5	16	28	20
Песок мелкий средней плотности насыщенный водой	2,67	2,00	0,24	0,66	0,97	–	–	–	–	1,8	31,6	27
Глина полутвердая	2,72	1,93	0,28	0,8	0,95	0,46	0,25	21	0,14	50,5	18,5	19,5

5.5. Определение напряжений от собственного веса грунта σ_{zg}

Определить удельный вес грунтов, залегающих в основании фундамента можно по формуле $\gamma = \rho * g$, где $g=9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения, в расчетах можно принимать $g=10 \text{ м/с}^2$.

$$\begin{aligned}\gamma_1 &= 1.6 \cdot 10 = 16 \text{ кН/м}^3; \\ \gamma_2 &= 1.99 \cdot 10 = 19,9 \text{ кН/м}^3; \\ \gamma_3 &= 2.00 \cdot 10 = 20 \text{ кН/м}^3; \\ \gamma_4 &= 1.93 \cdot 10 = 19,3 \text{ кН/м}^3\end{aligned}$$

Удельный вес грунтов, залегающих ниже уровня грунтовых вод, определяется с уче-

том взвешивающего действия воды по формуле: $\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$

$$\gamma_{sb3} = \frac{26,7 - 10}{1 + 0,66} = 10,06 \text{ кН/м}^3;$$

Учитываем, что последний слой глины полутвёрдой является водоупором, т.к. $I_L = 0,14 < 0,3$.

Ординаты эпюры вертикальных напряжений от действия собственного веса грунта определяются по формуле $\sigma_{zg} = \gamma_i \cdot h_i$, где γ_i – удельный вес грунта i -того слоя; h_i – толщина i -того слоя

$$\sigma_{zg1} = 0 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_1 \cdot h_1 = 16 \cdot 1,6 = 25,6 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg3} = \sigma_{zg2} + \gamma_2 \cdot h_2 = 25,6 + 19,9 \cdot 3,2 = 89,28 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg4} = \sigma_{zg3} + \gamma_3 \cdot h_3 = 89,28 + 20,0 \cdot 0,2 = 93,28 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg5} = \sigma_{zg4} + \gamma_{sb3} \cdot h_3 = 93,28 + 10,06 \cdot 4,6 = 139,56 \text{ кПа}$$

$$\text{скачок эпюры на водоупоре: } \sigma_{zg5'} = \sigma_{zg4} + \gamma_w \cdot h_w = 93,28 + 10 \cdot 4,6 = 139,56 \text{ кПа}$$

$$\sigma_{zg6} = \sigma_{zg5'} + \gamma_4 \cdot h_4 = 139,56 + 19,3 \cdot 7,2 = 324,52 \text{ кПа}$$

По полученным данным в масштабе строится эпюра природных напряжений.

5.6. Определение напряжений от фундамента σ_{zp}

Эпюра вертикальных напряжений, создаваемых фундаментом:

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p_0, \text{ где}$$

α — коэффициент, принимаемый по табл. 1 прил. 2 [7];

$p_0 = p - \sigma_{zg0}$ – дополнительное вертикальное давление под подошвой фундамента, кПа.

Для построения эпюры грунтовую толщу ниже подошвы фундамента разбиваем на элементарные слои толщиной $h_i = 0,4b = 0,4 \cdot 2,1 = 0,84 \text{ м}$.

$$\sigma_{zg,0} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 = 16 \cdot 1,6 + 19,9 \cdot 0,7 = 39,53 \text{ кПа}$$

$$p_0 = p - \sigma_{zg0} = 385 - 39,53 = 345,47 \text{ кПа}$$

$\varphi = \frac{2z}{b}$ – относительная глубина, требуемая для нахождения коэффициента α .

Все напряжения вычислены в табл. 2:

Расчетные значения напряжений от фундамента σ_{zpi}

№ слоя	h_i , м	z_i , м	ξ	α	σ_{zpi}
1	0	0,00	0,0	1	345,47
2	0,84	0,84	0,8	0,800	276,38
3	0,84	1,68	1,6	0,449	155,12
4	0,84	2,52	2,4	0,257	88,79
5	0,84	3,36	3,2	0,160	55,28
6	0,84	4,20	4,0	0,108	37,31
7	0,84	5,04	4,8	0,077	26,60
8	0,84	5,88	5,6	0,058	20,04
9	0,84	6,72	6,4	0,045	15,55
10	0,84	7,56	7,2	0,036	12,44
11	0,84	8,40	8,0	0,029	10,02
12	0,84	9,24	8,8	0,024	8,29
13	0,84	10,08	9,6	0,020	6,91
14	0,84	10,92	10,4	0,017	5,87
15	0,84	11,76	11,2	0,015	5,18
16	0,84	12,60	12,0	0,013	4,49

Нижняя граница сжимаемой толщи основания фундамента определяется условием:

$$\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}$$

Определить сжимаемую толщину можно графически. Для нахождения нижней границы сжимаемой толщи выполняется дополнительное построение эпюры $0,2\sigma_{zg}$.

$$0,2\sigma_{zg1} = 0,2 \cdot 0 = 0 \text{ кПа}$$

$$0,2\sigma_{zg2} = 0,2 \cdot 25,6 = 5,12 \text{ кПа}$$

$$0,2\sigma_{zg3} = 0,2 \cdot 89,28 = 17,86 \text{ кПа}$$

$$0,2\sigma_{zg4} = 0,2 \cdot 93,28 = 18,66 \text{ кПа}$$

$$0,2\sigma_{zg5} = 0,2 \cdot 139,56 = 27,91 \text{ кПа}$$

$$0,2\sigma_{zg5} = 0,2 \cdot 185,56 = 37,11 \text{ кПа}$$

$$0,2\sigma_{zg6} = 0,2 \cdot 324,52 = 64,90 \text{ кПа}$$

Положение нижней границы сжимаемой толщи находится по точке пересечения вспомогательной эпюры $0,2\sigma_{zg}$ и эпюры дополнительного напряжения σ_{zp} . Из рисунка 1 видно, что глубина сжимаемой толщи $H_c = 5,36$ м.

Необходимо проверить условие $\sigma_{zp} - 0,2\sigma_{zg} \leq \pm 10$ кПа. На глубине $z = 5,36$ м, $\varphi =$

$$\frac{2 \cdot 5,36}{2,1} = 5,1 \text{ м}, \alpha = 0,0695, \sigma_{zp} = 0,0695 \cdot 345,47 = 24,01 \text{ кПа.}$$

$$2,1$$

Природное напряжение на этой глубине $\sigma_{zg} = 93,28 + 10,06 \cdot 2,7 = 119,44$ кПа. $0,2\sigma_{zg} = 0,2 \cdot 119,44 = 23,89$ кПа. $24,01 - 23,89 = 0,12$ кПа $\leq \pm 10$ кПа. Условие удовлетворяется.

5.7. Расчет осадки фундамента

Расчет осадки выполняется методом элементарного послойного суммирования по Приложению 2 [7]. Метод основан на том, что осадка основания фундамента определяется как сумма осадок отдельных элементарных слоев грунта, на которые разбивается сжимаемая толща H_c в пределах каждого геологического слоя [1].

Осадку фундамента рассчитывается по формуле $s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{E_i}$, где

n – число слоев в пределах сжимаемой толщи;

h_i – толщина i -того слоя грунта;

$\sigma_{zp,i}$ – напряжение в середине каждого элементарного слоя;

E_i – модуль деформации i -го слоя грунта;

$\beta = 0,8$ – безразмерный коэффициент.

При этом можно пренебречь различием значений модуля общей деформации грунта E_i на границах слоев, приняв во внимание, что данное допущение незначительно скажется на конечном результате.

Расчет можно свести в табл. 3:

Таблица 3

Расчет осадки фундамента

№ слоя	h_i , м	$\sigma_{zp,i}$			E_i , кПа	S_i , м
		кровля	подошва	среднее		
1	0,84	345,47	276,38	310,92	20000	0,01306
2	0,84	276,38	155,12	215,75	20000	0,00906
3	0,84	155,12	88,79	121,95	20000	0,00512
4	0,84	88,79	55,28	72,03	27000	0,00224
5	0,84	55,28	37,31	46,29	27000	0,00144
6	0,84	37,31	26,60	31,96	27000	0,00099
7	0,84	26,60	20,04	23,32	27000	0,00073
Σ						0,03264

Конечная осадка фундамента составляет:

$$s = \beta \Sigma S_i = 0,8 \cdot 0,03264 = 0,026 \text{ м} = 2,6 \text{ см.}$$

Схема к расчету осадки оформляется на отдельном листе. Для вычерчивания схемы рекомендуются следующие масштабы: для геологического разреза со схемой фундамента 1:100, для эпюр напряжений 1 см соответствует 50 кПа.

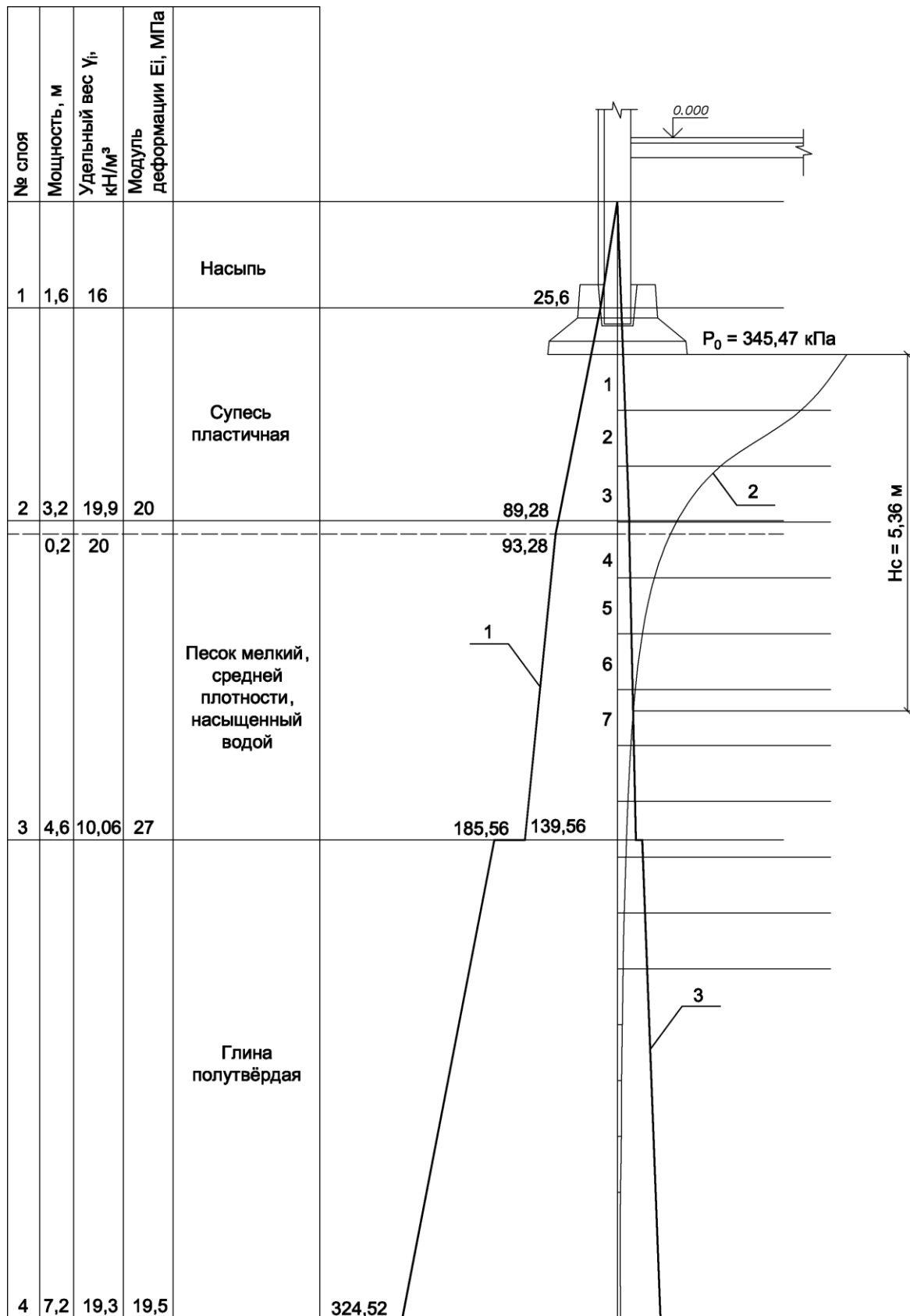


Рис.1 Схема к расчету осадки по методу послойного суммирования: 1 – эпюра природного напряжения; 2 – эпюра дополнительного напряжения; 3 – вспомогательная эпюра

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Далматов Б.И. Механика грунтов. Ч. 1. Основы геотехники в строительстве: учебник / под ред. Б.И. Далматова. М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. 204 с.
2. Ухов С.Б., Семенов В.В., Знаменский В.В. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. пособие для строит. спец. вузов / под. ред. С.Б. Ухова. 3-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2004. 566 с.
3. Малышев М.В., Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах): учеб. пособие. М.: Изд-во АСВ, 2004. 328 с.
4. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: учеб. пособие / под ред. Б.И. Далматова. 3-е изд. М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2006. 428 с.
5. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика / под. ред. Е.А. Сорочана. М.: Стройиздат, 1985.
6. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. М.: Изд-во стандартов, 1995.
7. Строительные нормы и правила. Основания зданий и сооружений / Госстрой России. СНиП 2.02.01-83*. М.: ГУП ЦПП, 2002.

ГОСТ 25100-95

Классификация песчаных грунтов

Класс дисперсные (с механическими и водно-коллоидными структурными связями)

Группа несвязные

Подгруппа осадочные

Тип минеральные: силикатные, карбонатные, полиминеральные

Вид пески

Разновидности выделяются по: гранулометрическому составу, степени неоднородности гранулометрического состава, коэффициенту водонасыщения, коэффициенту пористости

Разновидности песков по гранулометрическому составу

Разновидность	Размер частиц, мм	Содержание частиц %
Гравелистый	Свыше 2	Свыше 25
Крупный	> 0,50	> 50
Средней крупности	> 0,25	> 50
Мелкий	> 0,10	75 и свыше
пылеватый	> 0,10	Менее 75

По степени неоднородности гранулометрического состава

– однородный грунт $C_u \leq 3$

– неоднородный грунт $C_u > 3$

По коэффициенту водонасыщения S_r

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения
Малой степени водонасыщения	От 0 до 0,50 включ.
Средней степени водонасыщения	Свыше 0,50 до 0,80 включ.
Насыщенные водой	Свыше 0,80 до 1 включ.

По коэффициенту пористости e

Разновидности песков	Коэффициент пористости e		
	Гравелистые, крупные и средней крупности	Мелкие	Пылеватые
Плотный	Менее 0,55	Менее 0,60	Менее 0,60
Средней плотности	От 0,55 до 0,70 включ.	От 0,60 до 0,75 включ.	От 0,60 до 0,80 включ.
Рыхлый	Свыше 0,70	Свыше 0,75	Свыше 0,80

Классификация глинистых грунтов

Класс дисперсные (с механическими и водно-коллоидными структурными связями)

Группа несвязные

Подгруппа осадочные

Тип минеральные: силикатные, карбонатные, железистые, полиминеральные

Вид глинистые грунты

Разновидности выделяются по: числу пластичности и показателю текучести

Разновидности глинистых грунтов по числу пластичности I_p

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности
Супесь	От 1 до 7 включ.
Суглинок	Свыше 7 до 17 включ.
Глина	Свыше 17

Разновидности глинистых грунтов по показателю текучести I_L

Разновидность	Показатель текучести
Супесь	
Твердая	Менее 0
Пластичная	От 0 до 1 включ.
Текучая	Свыше 1
Суглинки и глины	
Твердые	Менее 0
Полутвердые	От 0 до 0,25 включ.
Тугопластичные	Свыше 0,25 до 0,50 включ.
Мягкопластичные	Свыше 0,50 до 0,75 включ.
Текучепластичные	Свыше 0,75 до 1 включ.
Текучие	Свыше 1