



Схема к расчету осадки по методу послойного суммирования: 1 - эвора природного напряжения; 2 - эвора дополнительного напряжения; 3 - вспомогательная эвора (0.2 природного напряжения). Масштабы: вертикальный 1:100; ординат эвора давлений - в 1 см 50 кПа.

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации
Дальневосточный государственный технический университет

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ, ЗАДАНИЯ НА
КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ЗАОЧНИКОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ
«ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»

Владивосток

1997

Приводятся методические указания к изучению дисциплины «Механика грунтов» и задания на контрольную работу для студентов - заочников специальности «Промышленное и гражданское строительство». Даются указания по выполнению контрольной работы.

Составили канд. техн. наук, доцент К.З. Игнатенко,

ст. препод. Т.Н.Пронкина.

Печатается с оригинал-макета, подготовленного авторами

ЛР № 020466 от 04.03.97 г.

Подписано в печать 22/12/97; Формат 60×84/16.

Печать офсетная. Усл. п.л. 1,62 Уч.-изд. л.1,1.

Тираж 100 экз. Заказ 120. Цена «С».

Отпечатано в типографии издательства ДВГТУ

Владивосток, ул. Пушкинская, 10

© Издательство ДВГТУ, 1997

1. Общие указания

Учебным планом специальности 2903 «Промышленное и гражданское строительство» предусмотрено изучение курса «Механика грунтов, основания и фундаменты». Этот курс, как следует из названия, состоит из двух дисциплин: «Механика грунтов», изучаемой студентами-заочниками на четвертом году обучения, и «Основания и фундаменты», изучаемой на пятом году обучения.

Дисциплина «Механика грунтов» составляет расчетно-теоретическую основу инженерных методов проектирования и устройства конструкций, обеспечивающих надежное опирание зданий и сооружений на грунтовое основание.

В механике грунтов освещаются следующие основные вопросы:

-изучение физических и механических свойств грунтов как материала оснований сооружений;

-определение напряжений и деформаций в грунте под действием внешних сил и собственного веса грунта;

-условия устойчивости массивов грунтов.

При прохождении дисциплины «Механика грунтов» студент должен:

-изучить теоретический материал;

-выполнить лабораторные работы;

-выполнить контрольную работу;

-сдать экзамен.

Лабораторные работы по определению физико-механических свойств грунтов студент выполняет в период зачетно - экзаменационной сессии в лаборатории механики грунтов ДВГТУ. Приступать к выполнению контрольной работы следует после усвоения теоретического материала изучаемой дисциплины. Задание и указания по выполнению контрольной работы приводятся в разд.3 данных методических указаний.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Цытович Н.А. Механика грунтов (Краткий курс). - М.: Высшая школа, 1983.

2. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии). - Л.: Стройиздат, 1988.

Дополнительная:

3. ГОСТ 25100 - 82. Грунты: Классификация. - М.: Издательство стандартов, 1982.

4. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов (Основы теории и примеры расчетов). - М.: Стройиздат, 1990.

Основная литература подлежит изучению при проработке теоретической части дисциплины. При этом достаточно пользоваться одним из указанных учебников. Дополнительная литература используется при изучении материала, отсутствующего в учебнике, и при выполнении контрольной работы. В таблице 1 приводится постраничный указатель для основной литературы.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОТДЕЛЬНЫМ ТЕМАМ ПРОГРАММЫ

Тема 1. Введение. При проработке материала необходимо хорошо усвоить основные понятия и определения, обратить внимание на особенность данной дисциплины и на взаимосвязь ее с другими строительными дисциплинами, отметить роль отечественных и зарубежных ученых в становлении и развитии механики грунтов.

Постраничный указатель основной литературы

№ темы	Наименование темы программы	Цытович Н.А. Механика грунтов, 1983.	Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты, 1988.
1	Введение	7-10	4-8
2	Физические свойства грунтов	11-28, 69-76	9-22, 53-75
3	Механические свойства грунтов	28-36, 39-61	23-52
4	Определение напряжений в грунте	76-110	100-114, 115-118
5	Расчет осадок фундаментов	171-180, 181-194 (без выводов), 195-197, 201-208, 211, 212-217, 218-221, 222-226, 229-233, 236-238, 243-252	119-129, 142-151, 154-160
6	Предельное равновесие грунтов и устойчивость массивов грунта.	11-119, 120-133 (без формул), 134-136, 139-142, 145-159	162-163, 164-171, 172-179, 181-191

Тема 2. Физические свойства грунтов. При проработке этой темы студент должен хорошо изучить компонентный (фазовый) состав нескальных грунтов: твердые минеральные частицы (скелет), составляющие твердую фазу, виды воды в порах (жидкую фазу) и газообразные включения (газообразную фазу).

Следует помнить, что различные количественные соотношения этих компонентов, а также физико-химические, электро-молекулярные и прочие взаимодействия между компонентами определяют природу грунтов и их строительные свойства.

Весьма важно изучить главнейшие виды и свойства воды в грунтах. Понимание роли воды в грунте позволит уяснить вопросы связности, консолидации, взвешивающего действия воды на скелет грунта и т.д.

Необходимо хорошо знать основные физические характеристики грунтов, определяемые опытным путем, а также производные (дополнительные) характеристики, получаемые расчетным способом. Надо знать классификационные показатели грунтов и схему классификации нескальных грунтов по ГОСТ 25100-82.

Изучение темы следует закончить ознакомлением с особенностями свойств структурно неустойчивых грунтов.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите крупных отечественных и зарубежных ученых в области механики грунтов.
2. Из каких основных компонентов состоят грунты?
3. Какие существуют виды воды и газообразных включений в грунте?
4. Назовите основные виды структурных связей в грунтах.
5. Что такое структура и текстура грунта?
6. Как определяются основные и дополнительные характеристики физических свойств грунтов?

7. По каким признакам классифицируются песчаные и пылеватоглинистые грунты по ГОСТ 25100-82?

8. Какие грунты называются структурно-неустойчивыми?

9. В чем заключается структурная неустойчивость лессовых просадочных грунтов?

10. Почему мерзлые и вечномёрзлые грунты рассматриваются как структурно-неустойчивые?

Тема 3. Механические свойства грунтов. При изучении этой темы следует помнить, что в механике грунтов рассматриваются нескальные грунты, которые являются дисперсными (мелкораздробленными) материалами, в отличие от скальных грунтов, которые относят к сплошным телам. Эта особенность нескальных грунтов приводит к тому, что при решении задач механики грунтов недостаточно закономерностей механики сплошной среды; их необходимо дополнить основными закономерностями, присущими только дисперсным грунтам. К таким основным закономерностям относятся: закон уплотнения, характеризующий сжимаемость грунтов, закон фильтрации, определяющий водопроницаемость грунтов, и закон сопротивления грунтов сдвигу. Очень важно, чтобы студент усвоил принципы исследования механических свойств грунтов для строительных целей: испытание грунтов пробными нагрузками в полевых условиях и лабораторные определения компрессионных свойств и сопротивления грунтов сдвигу.

Полезно научиться анализировать различные зависимости, получаемые в результате испытаний, уметь установить величины, характеризующие механические свойства грунтов, а также знать назначение и использование различных характеристик грунтов при проектировании сооружений; уметь определять нормативные и расчетные значения характеристик.

Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные закономерности механики грунтов и укажите их практические приложения.
2. Что такое упругая и остаточная деформация грунта?
3. Как производятся компрессионные испытания и обрабатываются их результаты?
4. Напишите выражение для коэффициента относительной сжимаемости.
5. Сформулируйте закон уплотнения грунта. Что следует из этого закона?
6. Как определяется модуль общей деформации грунта по компрессионной кривой и при испытании его статической нагрузкой?
7. Как формулируется вторая закономерность механики грунтов - закон фильтрации?
8. Что такое коэффициент фильтрации грунтов и от каких факторов зависит эта характеристика?
9. Что такое начальный градиент в глинистых грунтах и чем он обусловлен?
10. Какое давление при сжатии грунтовой массы называют эффективным и какое нейтральным?
11. От каких факторов зависит сопротивление сдвигу песчаных и пылевато-глинистых грунтов?
12. Назовите методы испытаний грунтов на сдвиг.
13. Как обрабатываются результаты испытаний грунтов на сдвиг?
14. Как выражается закон Кулона для песчаных и пылевато-глинистых грунтов?
15. Какие значения характеристик грунтов называют нормативными, а какие - расчетными? Как они определяются?

Тема 4. Определение напряжений в грунте. Изучая данную тему, следует иметь в виду, что методы определения напряжений в грунтах основаны на выводах теории упругости (точнее, теории линейно деформируемых тел), которые приближенно отражают действительное напряженное состояние

грунтов, так как при небольших давлениях грунты можно рассматривать как линейно деформируемые тела. При этом необходимо отметить, что принцип линейной деформируемости грунтов является одним из основных в современной механике грунтов: на нем основываются многие расчеты по определению напряжений и деформаций оснований сооружений.

В грунтовой толще напряжения возникают от действия двух основных факторов: собственного веса грунта и внешних нагрузок. При определении напряжений от внешних нагрузок рассматриваются два случая: случай пространственной задачи и случай плоской задачи. При изучении пространственной задачи студент должен хорошо усвоить, как определяются напряжения при действии вертикальной сосредоточенной силы (задача Буссинеска) и действии местной распределенной нагрузки (метод угловых точек и элементарного суммирования).

При изучении плоской задачи необходимо усвоить, как определяются напряжения при прямоугольной, треугольной и произвольной эпюрах внешних нагрузок. Необходимо также хорошо знать способы изображения эпюр распределения сжимающих напряжений по вертикальным и горизонтальным сечениям массива грунта и линий равных напряжений (изобар, распоров, сдвигов).

Следует проанализировать влияние вида эпюры контактных давлений и неоднородности основания на распределение напряжений в грунтовой толще.

При изучении распределения напряжений от собственного веса грунта (природных давлений) необходимо обратить внимание на характер распределения этих напряжений при наличии в массиве грунта подземных вод и водоупорного грунта.

Вопросы для самопроверки

1. Какие допущения приняты при использовании теории линейно деформируемых тел (теории упругости) в случае определения напряжений в грунтах?
2. Напишите выражение для вертикального сжимающего напряжения σ_z при действии сосредоточенной силы на поверхности полупространства.
3. Как определяются сжимающие напряжения по методу угловых точек? Когда применим этот метод?
4. Как влияют размеры загруженной площади на распределение сжимающих напряжений по глубине?
5. Как определяются сжимающие напряжения по способу элементарного суммирования? Какова погрешность определения σ_z этим способом?
6. Каким образом определяются напряжения σ_x , σ_y и τ для плоской задачи с использованием коэффициентов влияния?
7. Начертите эпюры распределения сжимающих напряжений σ_z по вертикальным и горизонтальным сечениям массива грунта при действии нагрузки в условиях плоской задачи.
8. Как определяются главные напряжения в условиях плоской задачи?
9. Как распределяются контактные давления по подошве жестких и гибких фундаментов?
10. Как вычисляются вертикальные напряжения от собственного веса грунта?
11. 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).

Тема 5. Расчет осадок фундаментов. Данная тема является весьма важной, так как на ней базируются расчеты оснований по деформациям. При изучении деформаций грунтов особое внимание следует обратить на природу осадок. Очень важно знать, какие факторы влияют на величину мощности сжимаемой толщи грунта и на величину осадки фундамента.

Нужно уметь определять осадки методами послойного суммирования, линейно - деформируемого слоя, эквивалентного слоя грунта, а также знать технику применения метода угловых точек. Полезно изучить предпосылки, положенные в основу различных методов расчета осадки, сопоставить их между собой и дать им сравнительную оценку.

Студент должен помнить, что определяемая расчетом осадка является стабилизированной деформацией основания, то есть большинством грунтов она достигается по истечении определенного, порой весьма длительного времени. Для полной оценки влияния деформаций основания на сооружение необходимо учитывать не только стабилизированные осадки, но в ряде случаев и нестабилизированные осадки S_t . Поэтому необходимо уметь производить расчет осадки во времени. Для расчета изменения осадки во времени используются решения теории фильтрационной консолидации грунтов, а в некоторых случаях расчет производится с учетом ползучести грунтов. Студенту следует ознакомиться с основными положениями теории фильтрационной консолидации и теории реологического течения грунтов.

Вопросы для самопроверки.

1. Назовите виды деформаций грунтов и их физические причины.
2. Как рассчитывается конечная осадка поверхности слоя грунта при сплошной нагрузке?
3. Как вычисляется осадка фундамента методом послойного суммирования? Какие приняты допущения при построении этого метода?

4. Как учитывается влияние загрузки соседних фундаментов и площадей при расчете осадки методом послойного суммирования?
5. Какие допущения приняты при построении метода линейно - деформируемого слоя? Когда используется этот метод?
6. Как рассчитывается осадка методом эквивалентного слоя при однородном грунте в основании и при слоистом залегании грунтов?
7. Охарактеризуйте сущность фильтрационной теории консолидации грунтов и условия ее применения.
8. Покажите, как выводится дифференциальное уравнение одномерной задачи теории фильтрационной консолидации грунтов.
9. Что такое степень консолидации осадки и как она определяется?
10. Как определяется изменение осадки во времени по теории фильтрационной консолидации грунтов?
11. Назовите основные явления, определяющие реологические свойства грунтов.
12. Охарактеризуйте основные стадии ползучести грунта и процесс релаксации напряжений.
13. Как определяется относительная деформация грунта при затухающей ползучести?
14. Изложите основные рекомендации по определению осадок фундаментов с учетом ползучести грунта.

Тема 6. Предельное равновесие грунтов и устойчивость массивов грунта. Студент должен иметь отчетливое представление о фазах напряженного состояния и соответствующих им критических нагрузках на грунт.

Необходимо обратить внимание на природу устойчивости грунта в основании. Следует знать, какие факторы повышают, а какие понижают устойчивость грунта под нагрузкой. Этому может способствовать внимательный анализ формул для определения второй критической нагрузки.

При рассмотрении устойчивости откосов и склонов нужно помнить, что она зависит от природных условий, изучаемых методами инженерной геологии, а расчет является вспомогательным материалом.

Для расчета ограждающих конструкций (подпорных стен, стен подвалов и пр.) существует ряд методов, большинство из которых является существенно приближенными. Необходимо знать предпосылки, принятые в рассматриваемых методах, и уметь оценить достоверность получаемых результатов.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется предельным равновесием грунта?
2. Какие фазы напряженного состояния претерпевает грунт при возрастании нагрузки?
3. Какие существуют критические нагрузки на грунт?
4. Какие существуют условия предельного равновесия для сыпучих и связных грунтов?
5. Как определяется величина начальной (первой) критической нагрузки на грунт?
6. Как определяется предельная (вторая) критическая нагрузка с учетом жесткого ядра (по решению проф. В.Г. Березанцева)?
7. Как определяется устойчивость откоса грунта, обладающего только трением?
8. Как определяется устойчивость вертикального откоса, обладающего только сцеплением?
9. Какие задачи устойчивости откосов рассматриваются для грунтов, обладающих трением и сцеплением?
10. Как определяется устойчивость откосов методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения?
11. Как определяется давление сыпучих грунтов на подпорные стенки?
12. Каким образом учитывается наличие нагрузки на горизонтальной поверхности засыпки при определении давления грунта на стенку?

13. Как рассчитывается давление связных грунтов на подпорные стенки?

14. Начертите эпюры распределения давлений по задней грани стенки при слоистом напластовании грунтов.

3. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Для выбранной в соответствии с шифром студента строительной площадки необходимо:

а) определить наименования слоев грунта площадки в соответствии с ГОСТ 25100-82;

б) для заданного фундамента применительно к грунтовым условиям выбранной строительной площадки рассчитать конечную осадку методом послойного суммирования.

Задание содержит:

- а) данные о строительной площадке:
 - мощность слоев, отметки поверхности природного рельефа и уровня подземных вод (таблица 2);
 - данные лабораторных определений физико-механических характеристик грунтов (таблица 3);
 - гранулометрический состав для песчаных слоев (таблица 4);
- б) данные о фундаменте (таблица 5);
- тип фундамента;
- размер подошвы;
- среднее давление под подошвой.

Выбор задания производится в соответствии с двумя последними цифрами шифра студента. Номер строительной площадки принимается по последней цифре шифра (см. таблицу 2). Номер фундамента принимается по предпоследней цифре шифра (см. таблицу 5).

Пример. Шифр студента 94234. Номер строительной площадки по таблице 2 - 4, номер фундамента по таблице 5 - 3.

Таблица 2

Данные о сложении грунтов строительной площадки

Последняя цифра шифра	Номер строительной площадки	Абсолютная отметка, м		Мощность слоев, м		
		поверхности природного рельефа	уровня подземных вод	1	2	3
1	1	3	4	5	6	7
1	1	45,4	41,3	4,1	2,8	8,1
2	2	76,2	70,1	8,0	1,6	5,4
3	3	32,4	26,9	4,6	5,8	4,6
4	4	64,3	57,5	6,9	5,1	3,0
5	5	124,8	118,6	5,0	5,3	4,7
6	6	22,1	17,0	4,8	4,5	5,7
7	7	40,3	35,1	4,0	4,6	6,4
8	8	31,4	27,4	3,8	6,0	5,2
9	9	32,1	27,0	3,1	5,4	6,5
0	10	88,7	83,2	3,9	5,3	5,8

Таблица 3

Данные лабораторных определений
физико-механических характеристик грунтов

Номер слоя	Плотность, г/см ³		Влажность w, %	Влажность, % на границе		Модуль общей деформа- ции E_0 , МПа
	твердых частиц ρ_s	естествен- ная ρ		текучести w_L	раскаты вания w_p	
			2			
Строительная площадка № 1						
1	2,70	1,87	24,0	32,0	18,0	12,1
2	2,61	1,93	28,0	0	0	19,0
3	2,73	1,96	28,0	54,0	22,0	20,2
Строительная площадка № 2						
1	2,72	1,81	33,4	39,0	23,0	6,3
2	2,66	1,98	26,0	0	0	23,0
3	2,72	1,90	36,0	50,0	20,0	9,0
Строительная площадка № 3						
1	2,74	1,90	32,0	52,0	21,0	13,5
2	2,73	1,86	29,0	35,0	19,0	7,0
3	2,62	2,00	22,0	0	0	33,2
Строительная площадка № 4						
1	2,71	1,95	24,0	31,0	18,0	14,0
2	2,65	2,00	25,0	0	0	34,1
3	2,61	1,93	28,0	0	0	12,5

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Строительная площадка № 5						
1	2,69	1,84	25,0	35,0	20,0	11,6
2	2,72	1,85	26,0	30,8	19,8	8,0
3	2,65	1,98	26,0	0	0	23,0
Строительная площадка № 6						
1	2,66	1,82	15,0	0	0	24,0
2	2,66	2,00	25,0	0	0	28,0
3	2,70	1,94	26,0	30,0	20,0	11,3
Строительная площадка № 7						
1	2,69	1,82	24,0	33,0	19,0	11,6
2	2,72	1,86	25,7	31,0	20,0	8,2
3	2,75	2,00	27,0	40,0	20,0	17,9
Строительная площадка № 8						
1	2,72	1,96	17,0	19,0	15,0	18,0
2	2,70	1,88	27,0	32,0	18,0	10,8
3	2,74	1,90	32,0	52,0	21,0	13,4
Строительная площадка № 9						
1	2,64	1,76	12,0	0	0	21,0
2	2,72	1,91	29,0	34,0	17,0	8,4
3	2,66	2,00	22,0	0	0	32,9
Строительная площадка № 10						
1	2,63	1,70	12,0	0	0	18,0
2	2,70	1,94	26,0	30,0	20,0	10,9
3	2,73	1,92	32,0	47,0	26,6	14,4

Таблица 4

Гранулометрический состав для песчаных слоев

№	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
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/2	0,0	3,0	9,0	75,0	10,0	1,6	1,0	0,4
2/2	2,0	15,0	23,0	38,0	8,0	10,0	3,0	1,0
3/3	0,0	4,0	7,0	76,0	9,0	1,2	1,6	1,2
4/2	2,0	22,0	32,0	14,0	11,0	10,0	8,4	0,6
4/3	0,0	4,9	6,1	49,0	23,0	13,0	2,6	1,4
5/3	2,0	20,0	25,0	29,0	11,0	11,0	1,0	1,0
6/1	1,2	17,0	20,0	45,0	13,3	2,0	0,8	0,7
6/2	1,1	25,9	29,0	39,0	2,8	1,0	1,0	0,2
9/1	1,5	4,3	24,0	46,2	11,0	10,0	2,5	0,5
9/3	13,5	25,9	18,7	24,0	7,7	5,0	3,4	1,8
10/1	1,0	14,0	21,0	40,0	19,0	2,5	2,0	0,5

Примечание. В графе 1 над чертой - номер строительной площадки, под чертой - номер слоя.

Таблица 5

Данные о фундаменте

Преднос- ледняя цифра шифра	Номер фун- дамента	Тип фун- дамента	Глубина заложения фунда- мента, м	Размер подожвы фундамента $l \times b$, м	Среднее давление под подошвой фундамента P , кПа
1	2	3	4	5	6
1	1	отдельный	1,65	1,8×1,8	232,0
2	2	ленточный	1,5	$b=1,6$	217,0
3	3	отдельный	1,95	2,1×1,8	244,0
4	4	ленточный	1,40	$b=2,0$	197,0
5	5	отдельный	1,65	2,4×2,1	253,0
6	6	ленточный	1,20	$b=1,4$	186,0
7	7	отдельный	1,00	2,0×2,0	214,0
8	8	ленточный	1,40	$b=2,4$	211,0
9	9	отдельный	1,65	1,5×1,5	228,0
0	10	ленточный	1,70	$b=2,8$	220,0

Примечание. В графе 4 указана глубина заложения фундамента от поверхности природного рельефа.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

4.1. Определение наименования грунтов строительной площадки

При определении наименования грунта можно пользоваться ГОСТ 25100-82 или соответствующими данными, приводимыми в учебниках Н.А. Цыго-

вича, Б.И. Далматова и учебном пособии В.А. Веселова. Ниже мы будем ссылаться на учебное пособие В.А. Веселова [4].

На выбранной согласно шифру площадке, как следует из таблицы 2, буровой скважиной пройдено три слоя грунта. Необходимо определить наименование этих слоев.

Пример. Строительная площадка № 9.

Первый слой грунта. Пользуясь таблицей 3 задания, определяем число пластичности $I_p = w_L - w_p = 0$; следовательно, грунт не пластичен - песчаный.

Тип песчаного грунта устанавливается по гранулометрическому составу, см. [4] таблицу 3.1.

По таблице 4 задания имеем: частиц диаметром крупнее 0,5 мм содержит 5,8%, крупнее 0,25 мм - 29,8%, крупнее 0,1 мм - 76%. Таким образом, частиц диаметром крупнее 0,1 мм содержится более 75%, что соответствует мелкому песку.

Наименование песчаного грунта определяется еще по плотности сложения (по коэффициенту пористости) и степени влажности.

Коэффициент пористости определяем по формуле $e = (\rho_s / \rho)(1 + w) - 1 = (2,64 / 1,76)(1 + 0,12) - 1 = 0,680$, что по таблице 3.2 [4] соответствует песчаному грунту средней плотности.

Определим степень влажности по формуле: $S_r = (w \cdot \rho_s) / (e \cdot \rho_w) = (0,12 \cdot 2,64) / (0,680 \cdot 1,0) = 0,46$, что по [4], стр. 51, соответствует маловлажному песку.

Окончательно устанавливаем, что грунт первого слоя - песок мелкий, средней плотности, маловлажный.

Второй слой грунта. Определяем число пластичности $I_p = 34,0 - 17,0 = 17$; по [4], стр. 51, классифицируем грунт как суглинок.

Пылевато-глинистые грунты еще классифицируются по показателю текучести I_L , см. [4], стр. 51.

Определяем показатель текучести по формуле $I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p) = (29,0 - 17,0) / (34,0 - 17,0) = 0,70$, что характеризует грунт, находящийся в мягкопластичном состоянии.

Окончательно устанавливаем: грунт второго слоя - суглинок в мягкопластичном состоянии.

Третий слой грунта. Определяем число пластичности $I_p = 0$, следовательно, грунт песчаный. Остальные определения производим так же, как и для первого слоя.

4.2. Расчет конечной осадки фундамента

Расчет осадки производится методом послойного суммирования. Осадка определяется для центральной точки подошвы фундамента и, следовательно, все расчеты производятся для вертикали, проходящей через эту точку (оси фундамента).

Рекомендуется следующий порядок расчета:

- 1) строится геологический разрез скважины. На этом разрезе показываются: номер слоя, абсолютная отметка подошвы слоя, мощность слоя (в масштабе), отметка уровня подземных вод, удельный вес грунта, модуль общей деформации, наименование грунта;
- 2) с правой стороны геологического разреза вычерчивается в масштабе схема заданного фундамента;
- 3) строится эпюра давления (напряжения) от собственного веса грунта (природного, бытового напряжения). Эпюра строится от поверхности природного рельефа на глубину ниже подошвы фундамента, равную примерно $5b$ (b - ширина подошвы фундамента). Эпюра строится с левой стороны от оси фундамента. Для грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод, необходимо учитывать взвешивающее действие воды. При построении эпюры

природного напряжения необходимо учитывать также наличие в грунтовой толще водонепроницаемых грунтов (водоупоров). К водоупорам относятся суглинки и глины с показателем текучести $I_L < 0.25$. Для грунтов, залегающих ниже уровня подземных вод, необходимо учитывать взвешивающее действие воды. Если в грунтовой толще имеется водонепроницаемый грунт (глина или суглинок в твердом и полутвердом состоянии), то при определении природного напряжения в водоупорном слое следует учитывать давление от столба воды на его кровлю;

4) определяется значение дополнительного вертикального давления на основании P_0 . Дополнительное давление принимается равным среднему давлению под подошвой фундамента P за вычетом природного напряжения на уровне подошвы фундамента $\sigma_{zg,0}$. $P_0 = P - \sigma_{zg,0}$.

5) строится эпюра дополнительного вертикального напряжения (давления). Эпюра строится от подошвы фундамента на глубину, равную примерно $5b$. Для построения эпюры указанная глубина разбивается на расчетные слои толщиной $h_i \leq 0.4b$. На уровне подошвы каждого расчетного слоя определяется дополнительное напряжение по формуле: $\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0 = \alpha(P - \sigma_{zg,0})$, где α - коэффициент, принимаемый по таблице в зависимости от формы подошвы фундамента, соотношения сторон прямоугольного фундамента и относительной глубины, равной отношению $2z/b$, где z - глубина рассматриваемой точки ниже подошвы фундамента; b - ширина подошвы фундамента. Таблица значений коэффициента α приводится в основной литературе (рекомендуемых учебниках) и в [4], стр.292. Полученные значения σ_{zp} наносят в масштабе на график с правой стороны от оси фундамента и строят эпюру дополнительного напряжения в грунте от сооружения. При по-

строении эпюр природного и дополнительного напряжения масштабы принимаются одинаковые;

6) определяют положение нижней границы сжимаемой толщи. Нижняя граница сжимаемой толщи основания принимается на глубине ниже подошвы фундамента, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0.2\sigma_{zg}$, то есть значение дополнительного напряжения составляет 20% от природного напряжения. Если найденная по этому условию нижняя граница сжимаемой толщи окажется в слое грунта с модулем деформации $E_0 < 5 \text{ МПа}$ или такой слой залегает непосредственно ниже найденной глубины, то нижняя граница сжимаемой толщи определяется исходя из условия $\sigma_{zp} = 0.1\sigma_{zg}$. Нижнюю границу сжимаемой толщи удобно определять графически из условия, чтобы правая ордината (дополнительное напряжение) составляла 20% от левой ординаты (природное напряжение) для той же точки. Для этого с правой стороны от оси фундамента на эпюре дополнительного напряжения строится вспомогательная эпюра $0.2\sigma_{zg}$, как это показано на рисунке (эпюра 3). Точка пересечения вспомогательной эпюры с эпюрой дополнительного напряжения принимается за нижнюю границу сжимаемой толщи. При этом должно удовлетворяться условие $\sigma_{zp} - 0.2\sigma_{zg} \leq \pm 5 \text{ кПа}$.

7) определяют осадку фундамента. Конечная осадка фундамента вычисляется как сумма осадок расчетных слоев в пределах сжимаемой толщи:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_{0i}}, \text{ где } \beta - \text{ безразмерный коэффициент, равный } 0.8; \sigma_{zp,i} -$$

среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i -том расчетном слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней и нижней границах слоя по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента; h_i - толщина i -того расчетного слоя грунта; E_{0i} - модуль

общей деформации i -того расчетного слоя грунта: n - число расчетных слоев, на которое разбита сжимаемая толща основания.

Пример. Определить методом послойного суммирования конечную осадку отдельного фундамента № 9 (таблица 5) применительно к грунтовым условиям строительной площадки № 9 (таблицы 2 и 3). Ширина фундамента $b = 1,5$ м, длина $l = 1,5$ м, глубина заложения $d = 1,65$ м. Среднее давление под подошвой фундамента $P = 228,0$ кПа.

Решение.

1) Геологический разрез и схема фундамента приведены на рисунке (стр. 28).

2) Пользуясь данными таблицы 3, определяем удельный вес грунтов, залегающих в основании фундамента: $\gamma_1 = \rho_1 \cdot g = 1,76 \cdot 10 = 17,6$ кН/м³ (g - ускорение свободного падения, равное $9,81$ м/с²; принимаем $g \approx 10$ м/с²); $\gamma_2 = 1,91 \cdot 10 = 19,1$ кН/м³; $\gamma_3 = 2,00 \cdot 10 = 20,0$ кН/м³. Удельный вес суглинка второго слоя и песка третьего слоя, залегающих ниже уровня грунтовых вод, определяем с учетом взвешивающего действия воды по формуле $\gamma_{sb2} = (\gamma_s - \gamma_w)/(1+e) = (27,2 - 10)/(1 - 0,837) = 9,41$ кН/м³, где $\gamma_s = \rho_s \cdot g$ - удельный вес твердых частиц грунта; γ_w - удельный вес воды; $\gamma_{sb3} = (26,6 - 10)/(1 + 0,623) = 10,2$ кН/м³.

3) Определяем ординаты эпюры вертикальных напряжений от действия собственного веса грунта и вспомогательной эпюры $0,2\sigma_{zg}$ по формуле:

$\sigma_{zg} = \sum \gamma_i \cdot h_i$, где n - число слоев грунта, от веса которых определяется напряжение; γ_i - удельный вес грунта i -того слоя; h_i - толщина i -того слоя. На поверхности земли: $\sigma_{zg} = 0$; $0,2\sigma_{zg} = 0$; на уровне подошвы фундамента:

$\sigma_{zg,0} = 17,6 \cdot 1,65 = 29,0$ кПа; $0,2\sigma_{zg,0} = 5,8$ кПа; на контакте первого и второго сло-

ев: $\sigma_{zg,1} = 17,6 \cdot 3,1 = 54,6$ кПа; $0,2\sigma_{zg,1} = 10,9$ кПа; во втором слое на уровне подземных вод: $\sigma'_{zg,2} = 54,6 - 19,1 \cdot 2,0 = 92,8$ кПа; $0,2\sigma'_{zg,2} = 18,6$ кПа; на контакте второго и третьего слоев: $\sigma_{zg,2} = 92,8 + 9,4 \cdot 3,4 = 124,8$ кПа; $0,2\sigma_{zg,2} = 24,9$ кПа; на глубине $5b$ ниже подошвы фундамента $\sigma_{zg,3} = 124,8 + 10,2 \cdot 0,65 = 131,4$ кПа; $0,2\sigma_{zg,3} = 26,4$ кПа. По полученным данным строим в масштабе эпюру природного напряжения и вспомогательную эпюру $0,2\sigma_{zg}$ (рисунок, эпюры 1 и 3).

4) Определяем дополнительное давление по подошве фундамента, которое равно разности среднего давления под подошвой фундамента P и природного напряжения на уровне подошвы фундамента $\sigma_{zg,0}$: $P_0 = 228,0 - 29,0 = 199,0$ кПа.

5) Для построения эпюры дополнительного напряжения σ_{zp} грунтовую толщу ниже подошвы фундамента на глубину, приблизительно равную $5b$, разбиваем на расчетные слои толщиной $h_i = 0,4b = 0,4 \cdot 1,5 = 0,6$ м; в уровне подошвы каждого расчетного слоя определяем дополнительное напряжение σ_{zp} по формуле $\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0$. Значения коэффициентов α принимаем по [4], стр. 292. Вычисления представим в табличной форме (таблица 6). По полученным данным строим в масштабе эпюру дополнительного вертикального напряжения σ_{zp} (рисунок, эпюра 2).

Таблица 6

Расчетные значения дополнительных напряжений от фундамента σ_{z0}

$\xi = 2z/b$	$z, \text{ м}$	α	$\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0, \text{ кПа}$
0	0	1,00	199,0
0,8	0,6	0,80	159,2

Продолжение таблицы 6

1,6	1,2	0,45	89,5
2,4	1,8	0,26	51,1
3,2	2,4	0,16	31,8
4,0	3,0	0,11	21,9
4,8	3,6	0,08	15,9
5,6	4,2	0,06	11,9
6,4	4,8	0,05	9,9
7,2	5,4	0,04	8,0
8,0	6,0	0,03	6,0
8,8	6,6	0,02	4,0
9,6	7,2	0,02	4,0

6) Положение нижней границы сжимаемой толщи находим по точке пересечения вспомогательной эпюры и эпюры дополнительного напряжения. Из рисунка видно, что эта точка пересечения соответствует глубине сжимаемой толщи $H_c = 3,3$ м. Проверяем условие $\sigma_{zp} - 0,2\sigma_{zg} \leq \pm 5 \text{ кПа}$. На глубине $z = 3,3$ м ниже подошвы фундамента $\sigma_{zp} = 0,09 \cdot 199,0 = 17,9 \text{ кПа}$, природное напряжение на этой глубине $\sigma_{zg} = 54,6 + 19,1 \cdot 1,85 = 89,9 \text{ кПа}$; $\sigma_{zp} - 0,2\sigma_{zg} = 17,9 - 0,2 \cdot 89,9 = -0,1 \text{ кПа}$. Следовательно, условие удовлетворяется.

7) Определяем осадку фундамента по формуле $S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_{\alpha}}$. При этом пренебрегаем различием значений модуля общей деформации грунта на границах слоев, приняв во внимание, что данное допущение незначительно скажется на окончательном результате.

$$S = \frac{0,8 \cdot 0,6}{21\,000} \left(\frac{199,0 + 159,2}{2} + \frac{159,2 + 89,5}{2} \right) +$$

$$+ \frac{0,8 \cdot 0,6}{8400} \left(\frac{82,5 + 51,5}{2} + \frac{51,1 + 31,8}{2} + \frac{31,8 + 21,9}{2} \right) +$$

$$+ \frac{0,8 \cdot 0,3}{8400} \left(\frac{21,9 + 17,9}{2} \right) = 0,0069 + 0,0077 + 0,0006 =$$

$$= 0,0152 \text{ м} = 1,52 \text{ см}$$

5.3. Оформление контрольной работы

Контрольная работа оформляется в виде пояснительной записки, состоящей из двух разделов. В первом разделе производится определение наименования грунтов заданной строительной площадки, а во втором - расчет конечной (стабилизированной) осадки заданного фундамента.

Записка пишется чернилами на одной стороне стандартного листа бумаги, четким почерком, без поправок и помарок, с оставлением полей слева 1,5 см для брошюровки, а справа - 2,5 см для замечаний при проверке.

В пояснительной записке приводятся ссылки на использованную литературу.

Схема к расчету осадки приводится на отдельной странице записки. Для вычерчивания схемы рекомендуются масштабы: для геологического разреза со схемой фундамента 1:100, для эпюр напряжений - 1 см соответствует 50 кПа.