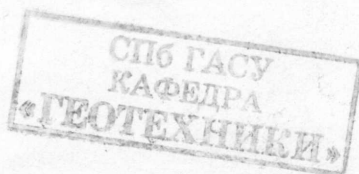


Министерство образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет
Кафедра геотехники

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Методические указания по изучению дисциплины
и выполнению **контрольной работы** для студентов
всех специальностей и форм обучения



Санкт-Петербург

2009

УДК 075.8

Механика грунтов: Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы для студентов всех специальностей и форм обучения / СПб. гос. архит.-строит. ун-т; Сост. В.Д. Карлов. СПб., 2009. 20 с.

Приводятся содержание дисциплины «Механика грунтов», список литературы по изучению дисциплины, выбор задания на выполнение контрольной работы. Излагаются рекомендации по изучению теоретического курса и решению задач контрольной работы.

Табл. 1. Ил. 6. Библиогр.: 4 назв.

Рецензент д-р техн. наук, проф. И. И. Сахаров

Введение

При возведении новых и реконструкции существующих сооружений особо важная роль принадлежит фундаментостроению и его расчетно-теоретической базе – *механике грунтов*. В связи со строительством зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и природных условиях с учетом возрастающих нагрузок на основания механика грунтов является наиболее интенсивно развивающейся областью строительной науки.

В учебных планах и программах подготовки инженеров всех строительных специальностей изучению механики грунтов уделяется значительное внимание. Первый учебник по механике грунтов для вузов в нашей стране был написан профессором Н.А. Цыповичем в 1934 г. и с 1940 по 1983 гг. переиздавался 6 раз. Применительно к действующей в настоящее время программе подготовки инженера по промышленному и гражданскому строительству профессорами кафедры геотехники СПбГАСУ под общей редакцией профессора Б.И. Далматова составлен новый учебник под наименованием «Механика грунтов. Часть 1. Основы геотехники», изданный в 2000 г.

Перечень основной и дополнительной литературы при изучении теоретической части дисциплины «Механика грунтов» и решении ее прикладных задач для целей фундаментостроения и подземного строительства приведен в разд. 8 настоящих методических указаний.

1. Общие положения

Во время изучения дисциплины «Механика грунтов» студент должен освоить теоретический курс, выполнить контрольную работу, лабораторные работы (для специальностей, где это предусмотрено учебным планом), сдать зачет по дисциплине.

Теоретический материал для студентов очной формы обучения излагается на лекциях. Студенты заочной формы обучения изучают курс самостоятельно, пользуясь консультациями и установочными лекциями преподавателей. Лабораторные работы по определению характеристик физико-механических свойств грунтов выполняются в лаборатории кафедры в соответствии с отдельными

(применительно к специальности) методическими указаниями. Контрольная работа, включающая решение нескольких задач механики грунтов, выполняется студентами за счет времени на домашнюю самостоятельную работу. После выполнения лабораторных и контрольных работ студент сдает зачет по дисциплине. Примерный перечень вопросов, выносимых на зачет, приведен в прил. 1. Следует отметить, что для студентов различных специальностей и специализаций содержание курса и контрольных работ может различаться в соответствии с рабочими программами дисциплины «Механика грунтов».

2. Содержание дисциплины

2.1. Введение

Основные понятия и определения. Состав курса и его связь с другими дисциплинами. Основные задачи курса. Развитие науки «Механика грунтов».

2.2. Физические свойства грунтов

Состав грунтов. Классификация твердых частиц и гранулометрическая классификация грунтов. Структура и текстура грунтов. Виды воды в грунтах. Связанная вода и ее свойства. Влияние газа, содержащегося в порах грунтов, на их свойства.

Характеристики физического состояния грунтов, получаемые опытным путем и производные. Плотность грунта и его твердых частиц, влажность грунта, вычисляемые характеристики грунтов.

Характерные влажности и число пластичности. Консистенция глинистого грунта. Плотность сложения сыпучих грунтов. Понятие об оптимальной плотности скелета грунта и оптимальной влажности.

2.3. Механические свойства грунтов

Основные закономерности механики грунтов. Сжимаемость грунтов. Компрессионная зависимость. Коэффициент относительной сжимаемости. Структурная прочность грунта. Закон уплотнения и линейная деформируемость грунтов. Определение модуля деформации.

Водопроницаемость грунтов. Модель водонасыщенного грунта и понятие об эффективном и нейтральном давлении. Закон ламинарной фильтрации. Понятие о начальном градиенте.

Сопротивление грунтов сдвигу. Сопротивление сдвигу сыпучих и связных грунтов. Сопротивление сдвигу при трехосном сжатии. Предельное напряженное состояние в точке. Круги Мора.

2.4. Основные физико-механические свойства структурно-неустойчивых грунтов

Основные свойства лессовых грунтов. Просадочность и ее количественные характеристики.

Свойства мерзлых и вечномерзлых грунтов. Процессы, происходящие при замерзании и оттаивании грунтов. Состояние, состав, физические и механические свойства вечномерзлых грунтов.

Основные свойства рыхлых песков, органо-минеральных грунтов и чувствительных глин. Набухающие грунты.

2.5. Определение напряжений в массиве грунта

Основные допущения. Фазы напряженного состояния грунта.

Определение напряжений при действии вертикальной сосредоточенной силы, нескольких сил и от распределенной нагрузки. Определение напряжений по методу угловых точек. Определение и графическое изображение напряжений (эпюры, изобары) при действии полосовых нагрузок.

Распределение напряжений по подошве жесткого фундамента. Напряжения от собственного веса грунта.

2.6. Деформации основания и расчет осадок фундаментов

Деформации грунтов. Виды и причины деформаций.

Осадка слоя грунта при сплошной нагрузке. Метод послойного суммирования. Метод эквивалентного слоя. Расчет осадок с учетом загрузки соседних фундаментов.

Расчет осадок во времени при фильтрационной консолидации. Степень консолидации и эпюры уплотняющих давлений. Определение осадки фундаментов во времени. Общие представления о реологических процессах. Деформации ползучести грунтов.

2.7. Теория предельного напряженного состояния грунтов

Предельное равновесие грунта в точке. Зоны местного нарушения прочности оснований. Начальное критическое и предельное критическое давление. Расчетное сопротивление грунта основания.

Устойчивость откосов. Виды нарушений устойчивости откосов. Устойчивость откосов сыпучего грунта. Влияние фильтрационных сил на устойчивость откосов. Устойчивость откосов связного грунта (метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения). Меры, направленные на увеличение устойчивости откосов. Давление грунта на подпорные стенки. Основные понятия, терминология. Аналитический метод определения давления грунта на подпорные стенки. Влияние сплошной равномерно распределенной нагрузки. Влияние сцепления грунта. Графический метод определения давления грунта на подпорную стенку.

3. Методические указания по изучению теоретического курса

В дисциплине «Механика грунтов» рассматриваются вопросы, связанные с оценкой физико-механических свойств грунтов, напряженного состояния, деформации грунтов и осадки оснований, прочности и устойчивости грунтовых оснований. Кроме того, оцениваются некоторые свойства «структурно-неустойчивых» грунтов. Изучение курса базируется на следующих ранее изучавшихся дисциплинах: математике, сопротивлении материалов и теории упругости, гидравлике, инженерной геологии.

Приступая к изучению теоретического материала, следует прежде всего ознакомиться с программой дисциплины, содержание которой изложено выше. В результате изучения дисциплины «Механика грунтов» студент должен знать:

физические и механические свойства грунтов, их основные закономерности;

определение напряжений в массиве грунта;

расчет осадок оснований от местной нагрузки;

основные положения теории предельного состояния грунтов и ее практические приложения.

На основании полученных знаний при изучении механики грунтов и инженерной геологии студент должен уметь:

оценить инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительства площадки;

определить расчетное сопротивление грунта основания;

рассчитать осадку основания от местной нагрузки методом послойного суммирования;

рассчитать устойчивость откоса и определить давление на подпорные стенки.

Кроме того, студент должен понимать:

задачи курса «Механика грунтов» и перспективы развития разделов данной науки;

особенности физико-механических свойств структурно-неустойчивых грунтов;

распределение контактных давлений по подошве жестких и гибких фундаментов;

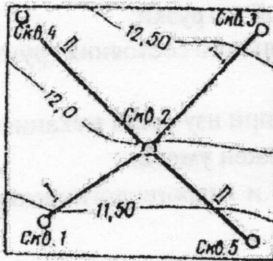
реологические свойства грунтов и явления ползучести в грунтах.

4. Задание на контрольную работу

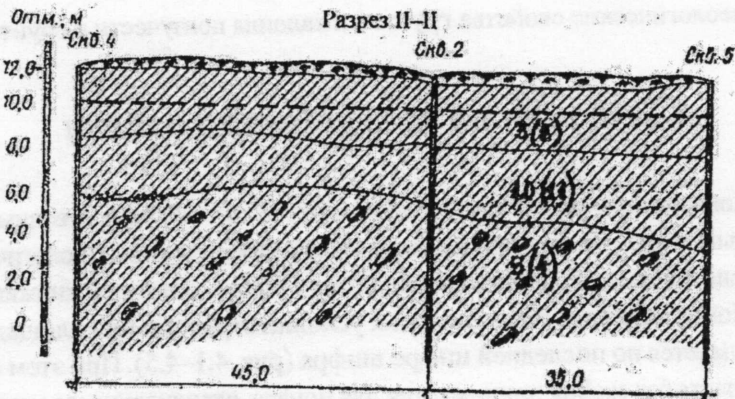
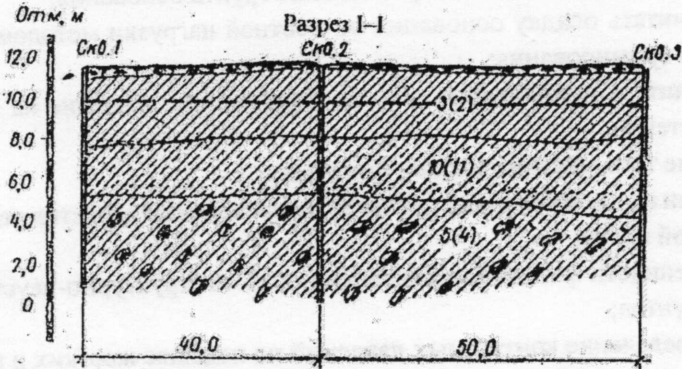
Контрольную работу студент выполняет за счет времени, отводимого учебным планом на самостоятельную работу. Выбор задания (геологических условий) производится в соответствии с шифром зачетной книжки.

Номер варианта геологических условий строительной площадки принимается по последней цифре шифра (рис. 4.1–4.5). При этом номер пласта без скобок принимается для шифра, оканчивающегося цифрами от 0 до 4, в скобках – для шифров, оканчивающихся цифрами от 5 до 9. Расчетные показатели физико-механических свойств грунтов указаны в прил. 2.

Обозначения:



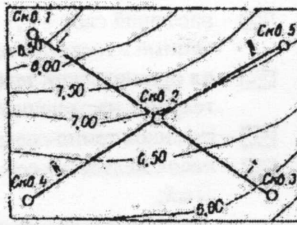
- почвенно-растительный слой, суглинок темно-бурый гумусированный;
- глина серая пылеватая слоистая (ленточная) с прослойками супеси;
- супесь серая легкая слабослоистая пылеватая с редкими линзами песка;
- суглинок темно-серый тяжелый пылеватый с линзами и гнездами водонасыщенного песка с включениями гальки (морена);
- — уровень грунтовых вод



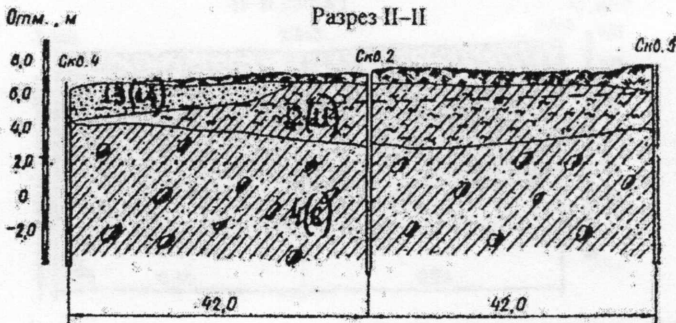
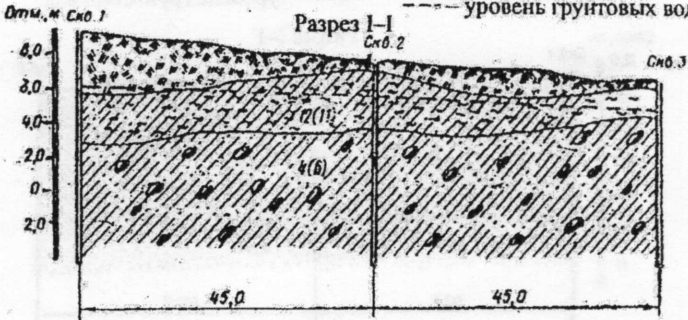
Место строительства — г. Вологда

Рис. 4.1. Варианты 0 и (5)

Обозначения:



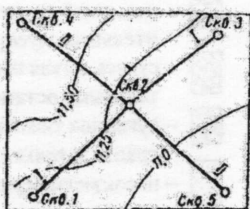
- насыпной грунт - супесь со строительным мусором;
- супесь легкая пылеватая с растительными остатками;
- суглинок тяжелый с включением гравия и гальки;
- песок мелкозернистый пылеватый;
- уровень грунтовых вод



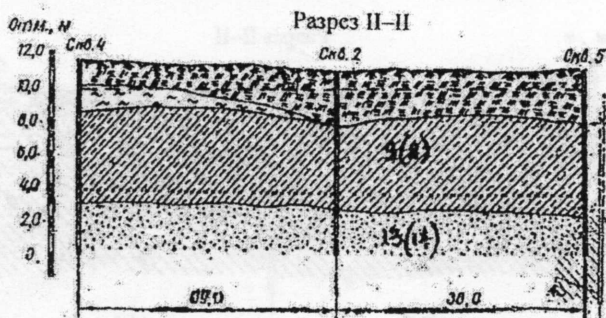
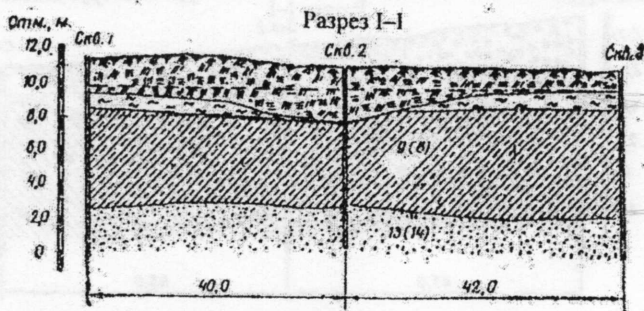
Место строительства - г. Санкт-Петербург

Рис. 4.2. Варианты 1 и (6)

Обозначения:

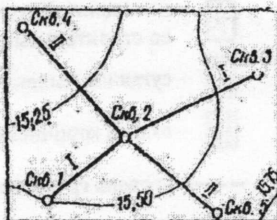


- насыпной слой — суглинок перелопаченный с гнездами торфа;
- ил органический зеленовато-черный текучий, насыщенный водой;
- суглинок темно-серый пылеватый;
- песок желтовато-серый среднезернистый;
- уровень грунтовых вод



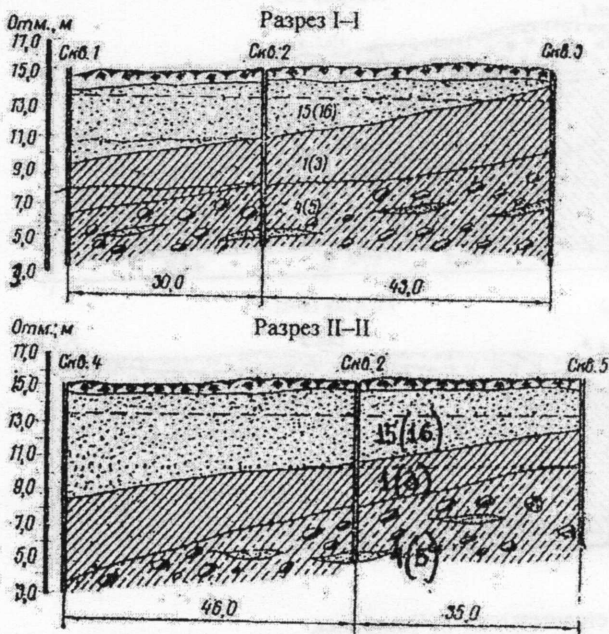
Место строительства — г. Псков

Рис. 4.3. Варианты 2 и (7)



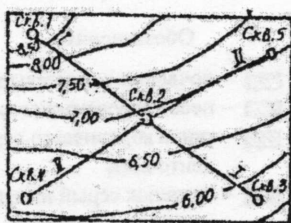
Обозначения:

- почвенно-растительный слой;
- песок серовато-желтый пылеватый;
- глина коричневатая-серая пылеватая ленточная;
- суглинок серый пылеватый с линзами песка и гравия;
- уровень грунтовых вод



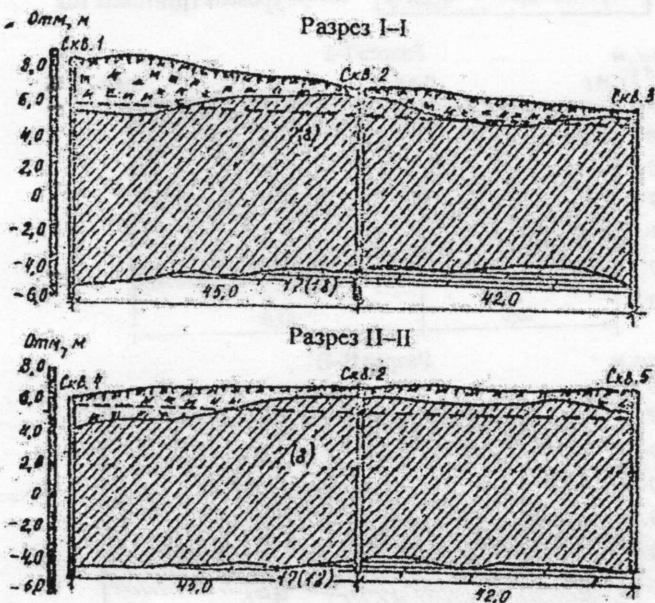
Место строительства – г. Петрозаводск

Рис. 4.4. Варианты 3 и (8)



Обозначения:

- насыщенный грунт - супесь со строительным мусором;
- суглинок пылеватый серый;
- сланец коричневатого цвета;
- уровень грунтовых вод



Место строительства - г. Челябинск

Рис. 4.5. Варианты 4 и (9)

Пример. Шифр студента 02-89-138.

Номер варианта геологических условий – 8. Из геологических разрезов принимают номера грунтов в скобках. Из прил. 2 следует, что это грунты: песок пылеватый – 16, глина – 3 и суглинок – 5.

5. Состав контрольной работы

Контрольная работа должна содержать следующие разделы:

1. Оценка инженерно-геологических и гидрогеологических условий и свойств грунтов, включая построение эпюры расчетных сопротивлений слоев грунта основания.
2. Определение осадки фундамента методом послойного суммирования.
3. Определение несущей способности основания.

6. Рекомендации по выполнению контрольной работы

6.1. Оценка инженерно-геологических и гидрогеологических условий

Этот раздел должен содержать определение недостающих характеристик физико-механических свойств всех грунтов: плотности скелета (ρ_d), коэффициента пористости (e), пористости (n), полной влагоемкости (w_{sat}), степени влажности (s_r), удельного веса с учетом взвешивающего действия воды (γ_{sb}), числа пластичности (I_p) и показателя текучести (I_L) глинистого грунта, коэффициента относительной сжимаемости (m_v).

На основании характеристик свойств грунтов нужно дать оценку физического состояния песчаных грунтов по плотности сложения, а глинистых грунтов – по консистенции; сжимаемости грунтов – по величине модуля деформации, установить степень пучинистости грунтов при промерзании.

Расчетное сопротивление определяется для каждого слоя грунта. Первый слой грунта принимается за несущий. Глубину заложения фундамента следует принять не менее нормативной глубины промерза-

ния по карте (рис. 6.1). Насыпной слой не может служить несущим слоем. Размеры подошвы фундамента задаются по двум последним цифрам шифра: меньшая цифра – ширина подошвы (b), а большая – длина (l) в метрах. Если последняя цифра шифра 0, то больший размер подошвы $l = 10$ м.

Расчетное сопротивление несущего слоя определяется на глубине заложения подошвы фундамента, а подстилающих слоев – на отметках выше и ниже границы их на 0,5 м.

Оценка инженерно-геологических условий завершается заключением, в котором кратко характеризуется напластование грунтов с указанием физического их состояния, сжимаемости и расчетного сопротивления. Производится также установление слабого подстилающего слоя или его отсутствия, степени морозной пучинистости несущего слоя и необходимости ее учета при проектировании и строительстве; приводятся соображения по проектированию водопонижения при разработке котлована под фундаменты исходя из гидрологических условий и фильтрационных свойств грунта.

6.2. Определение осадки фундамента

Осадка выполняется методом послойного суммирования для фундамента заданных размеров подошвы и глубины заложения (см. п. 6.1). Среднее давление на основание принимается равным расчетному сопротивлению грунта несущего слоя, т. е. $p = R$.

Толщина слоев грунта ниже подошвы фундамента определяется по средней скважине (скв. 2), отметку устья которой можно считать планировочной отметкой. Расчет осадки выполняется в соответствии с прил. 2 СНиП 2.02.01–83*. Методика расчета достаточно подробно изложена в учебном пособии [2] и учебнике [1]. Расчет должен быть проиллюстрирован схемой распределения вертикальных напряжений в линейно деформируемом полупространстве с указанием абсолютных значений отметок планировки (DL), подошвы фундамента (FL), уровня подземных вод (WL), нижней границы сжимаемости толщи (BL). Численные значения рассчитанных напряжений σ_{zp} , σ_{zp} и σ_{zp} следует свести в таблицу.



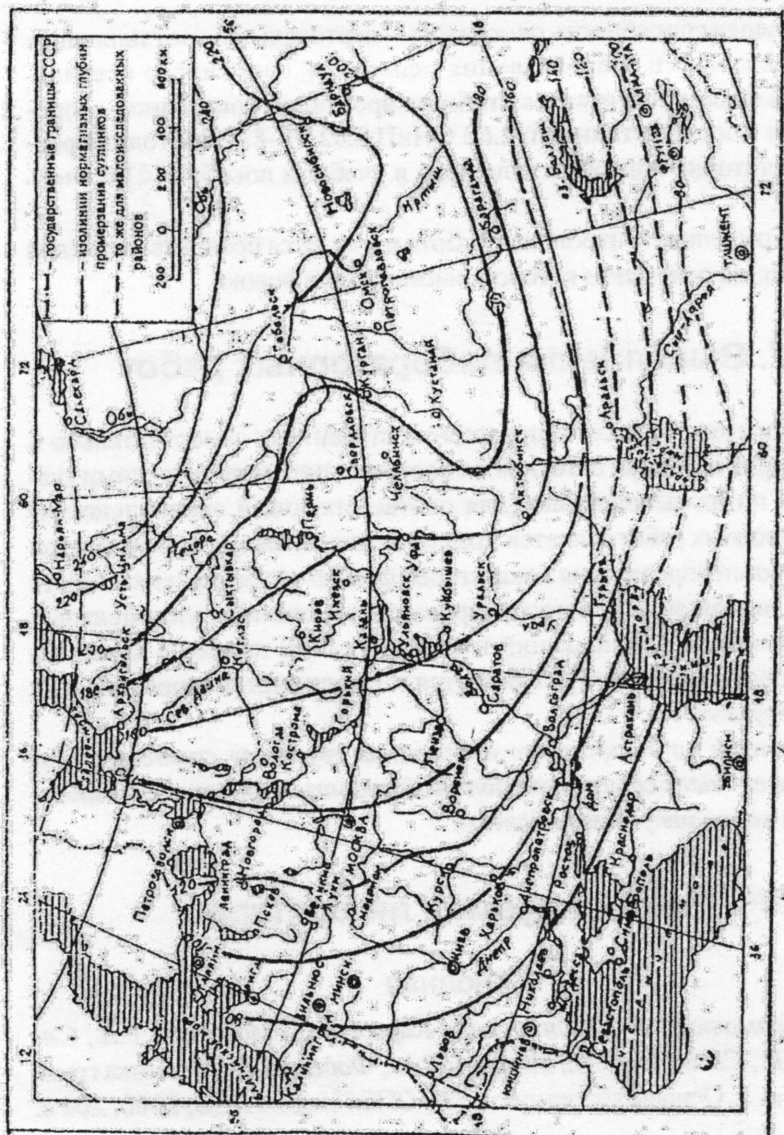


Рис. 6.1. Схематическая карта нормативных глубин промерзания глин и сулликов

СПб ГАСУ
КАФЕДРА
ТЕХНИКИ

6.3. Определение несущей способности основания

Несущая способность основания – вертикальная составляющая силы предельного сопротивления основания, сложенного нескальными (рыхлыми) грунтами в стабилизированном состоянии, – определяется в соответствии с п. 2.62 СНиП 2.02.01–83*. Методика расчета достаточно подробно изложена в учебном пособии [2] и учебнике [1].²

Оформленная контрольная работа передается преподавателю для проверки, на основании которой выставляется оценка.

7. Выполнение лабораторных работ

Лабораторные работы проводятся студентами самостоятельно в лаборатории кафедры геотехники в соответствии с методическими указаниями по их выполнению (для соответствующей специальности) [3]. Целью этих работ является практическое ознакомление студентов с методиками определения показателей физико-механических свойств грунтов, используемых в проектировании оснований, фундаментов и подземных помещений зданий и сооружений. В процессе выполнения лабораторных работ углубляются и закрепляются теоретические знания студентов.

К зачету по дисциплине «Механика грунтов» студенты допускаются после сдачи контрольной работы и отчета по выполненным лабораторным работам.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д., Мангушев Р.А., Сахаров И.И., Сотников С.Н., Улицкий В.М., Фадеев А.Б. Механика грунтов. Часть 1. Основы геотехники. М.; СПб.: Изд-во АСВ, 2000. 204 с.

8.2. Дополнительная

2. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д., Мангушев Р.А., Морескул Н.Н., Сахаров И.И., Сотников С.Н., Улицкий В.М., Фадеев А.Б.

Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: Учебное пособие. М.; СПб.: Изд-во АСВ, 2002. 322 с.

3. *Механика грунтов*: Методические указания по выполнению лабораторных и учебно-исследовательских работ (для студентов различных специальностей и специализаций).

4. *СНиП 2.02.01-83**. Основания зданий и сооружений/ Минстрой России. М., 1996. 48 с.

Приложения

Приложение I

Примерный перечень контрольных вопросов на зачете по дисциплине «Механика грунтов»

1. Основные понятия и определения. Значение дисциплины. Развитие науки «Механика грунтов».
2. Физические свойства грунтов: составные части, классификация твердых частиц, грунтов, структуры грунтов.
3. Виды воды в грунте и их свойства.
4. Характеристики физического состояния грунтов (основные и вспомогательные).
5. Характерные влажности и число пластичности.
6. Состояние глинистого грунта по консистенции.
7. Состояние сыпучих грунтов по плотности сложения.
8. Оптимальная влажность и максимальная плотность грунта. Установление проектной плотности грунта и насыпи.
9. Механические свойства грунтов. Основные закономерности.
10. Сжимаемость грунтов. Компрессионная зависимость.
11. Коэффициент сжимаемости. Закон уплотнения.
12. Модуль деформации грунта. Коэффициент бокового давления.
13. Водонепроницаемость грунтов. Закон ламинарной фильтрации. Коэффициент фильтрации.
14. Понятие о начальном градиенте.
15. Понятие об эффективном и нейтральном давлении в грунтах.
16. Предельное сопротивление грунтов сдвигу. Закон Кулона.
17. Сопротивление связных грунтов сдвигу в консолидированном и неконсолидированном состоянии.

18. Понятие о нормативных и расчетных значениях характеристик грунтов.
19. Принцип линейной деформируемости грунтов.
20. Понятие о свойствах структурно-неустойчивых грунтов.
21. Определение напряжений в массиве грунта. Задача Буссенеска.
22. Определение напряжений в грунтах при действии любой распределенной нагрузки.
23. Определение напряжений при действии местной равномерно распределенной нагрузки на поверхности массива. Метод угловых точек.
24. Эпюры и изобары напряжений.
25. Давление по подошве жесткого и гибкого фундамента.
26. Напряжение от действия собственного веса грунта.
27. Виды и природа деформаций грунта.
28. Осадка слоя грунта при сплошной нагрузке на поверхности.
29. Определение осадки фундамента методом послойного суммирования, эквивалентного слоя и линейно деформируемого слоя ограниченной мощности.
30. Учет влияния нагружения соседних фундаментов и площадей при определении осадки фундамента.
31. Осадка слоя грунта во времени при фильтрационной консолидации.
32. Расчет осадки фундамента во времени.
33. Понятия о реологических процессах в грунтах и нелинейной механике грунтов.
34. Определение осадки фундамента с учетом ползучести.
35. Теория предельного напряженного состояния грунтов: общие положения и фазы напряженного состояния.
36. Условия предельного равновесия песчаного и глинистого грунта в точке. Критические нагрузки на грунт основания.
37. Расчетное сопротивление грунта.
36. Устойчивость грунта в откосах. Метод круглоцилиндрических поверхностей вращения.
37. Активное и пассивное давления грунтов на ограждения. Определение давления песчаного грунта на подпорные стенки.
38. Определение давления связного грунта на подпорную стенку.
39. Графический метод определения давления грунта на подпорную стенку.

Расчетные характеристики физико-механических свойств грунтов

№ п/п	Наименование грунта	Для расчета по несущей способности			Для расчета по деформации			Удельный вес твердых частиц грунта, кН/м ³	Влажность, отн. ед.	Предел текучести, отн. ед.	Предел раскатывания, отн. ед.	Коэффициент фильтрации, см/с	Модуль деформации, кПа
		Удельный вес грунта, кН/м ³	Угол внутреннего трения, град	Сцепление, кПа	Удельный вес внутреннего трения, град	Угол сдвига, град	Сцепление, кПа						
1		15,5	14	22	18,2	16	30	26,9	0,39	0,50	0,30	$3,1 \cdot 10^{-8}$	7500
2	Глина	15,5	13	13	18,2	15	18	27,1	0,40	0,46	0,28	$2,0 \cdot 10^{-8}$	5000
3		15,5	12	10	18,1	14	14	26,9	0,39	0,46	0,27	$2,2 \cdot 10^{-8}$	4000
4		18,3	20	20	21,5	24	40	26,5	0,15	0,24	0,11	$2,3 \cdot 10^{-8}$	22000
5		16,1	15	21	19,0	18	28	26,6	0,31	0,41	0,27	$4,3 \cdot 10^{-8}$	12000
6	Суглинок	15,5	15	15	18,2	18	20	26,7	0,31	0,39	0,26	$2,7 \cdot 10^{-7}$	9000
7		15,7	15	9	18,5	17	12	26,8	0,31	0,36	0,22	$2,5 \cdot 10^{-7}$	10000
8		15,3	14	13	18,0	16	17	26,8	0,34	0,37	0,32	$2,7 \cdot 10^{-7}$	8000
9		15,1	14	4	17,8	16	5	26,9	0,41	0,45	0,31	$2,1 \cdot 10^{-7}$	7000
10		17,5	22	7	20,5	26	10	26,6	0,18	0,21	0,15	$1,1 \cdot 10^{-5}$	18000
11	Супесь	16,4	20	6	19,2	24	8	26,5	0,22	0,24	0,18	$3,5 \cdot 10^{-5}$	14000
12		15,5	17	4	18,3	20	5	26,4	0,29	0,31	0,25	$1,1 \cdot 10^{-5}$	8000
13	Песок средней крупности	16,4	30	-	19,2	35	-	26,5	0,18	-	-	$2,5 \cdot 10^{-2}$	31000
14		17,2	32	-	20,1	38	-	26,4	0,16	-	-	$2,0 \cdot 10^{-2}$	40000
15	Песок пылеватый	16,3	26	-	19,0	30	-	26,5	0,26	-	-	$8,1 \cdot 10^{-4}$	17000
16		16,3	24	-	19,0	28	-	26,8	0,29	-	-	$2,2 \cdot 10^{-4}$	11000
17	Сланец	Временное сопротивление одноосному сжатию: $R_{пр} = 10000$ кПа, $R_{пр} = 15000$ кПа											
18													

Примечание. Номера грунтов см. на геологических разрезах.

Оглавление

Введение	1
1. Общие положения	1
2. Содержание дисциплины	2
2.1. Введение	2
2.2. Физические свойства грунтов	2
2.3. Механические свойства грунтов	2
2.4. Основные физико-механические свойства структурно- неустойчивых грунтов	3
2.5. Определение напряжений в массиве грунта	3
2.6. Деформации основания и расчет осадок фундаментов	3
2.7. Теория предельного напряженного состояния грунтов	4
3. Методические указания по изучению теоретического курса	4
4. Задание на контрольную работу	4
5. Состав контрольной работы	11
6. Рекомендации по выполнению контрольной работы	11
6.1. Оценка инженерно-геологических и гидрогеологических условий	11
6.2. Определение осадки фундамента	12
6.3. Определение несущей способности основания	14
7. Выполнение лабораторных работ	14
Рекомендуемая литература	15
Приложения	15
Приложение 1. Примерный перечень контрольных вопросов на зачете по дисциплине «Механика грунтов»	15
Приложение 2. Расчетные характеристики физико- механических свойств грунтов	17

Механика грунтов

Составитель Карлов Владислав Дмитриевич

Редактор А. В. Афанасьева

Корректор К. И. Бойкова

Компьютерная верстка А. М. Николаевой

Подписано к печати 13.09.2005 г. № 60:847, бумага офсетная, пер. л. 1,25.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 500 экз. Цена 204, «С» 50.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет
198005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4.

Отпечатано на ризографе. 198005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 5.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Инициалы студента

Секретариат кафедры Биологии

Ремизов А. В.

Корсаков К. И.

Ремизов А. В.

Секретариат кафедры Биологии

Ремизов А. В.

Ремизов А. В.