

**Министерство образования РФ
Камский государственный политехнический
институт**

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

*Методическое пособие по изучению дисциплины
«Механика грунтов»
для студентов – заочников специальностей
290300 и 291500*

Набережные Челны – 2002

Методическое пособие по изучению дисциплины «Механика грунтов» для студентов-заочников специальностей: 290300 и 291500 / Составитель: Нетфуллин Ш.Х. Набережные Челны: КамПИ, 2002. - 53 с.

Методическое пособие предназначено в помощь студентам заочной формы обучения специальностей: 290300 «Промышленное и гражданское строительство» и 291500 «Экспертиза и управление недвижимостью» в самостоятельной работе над учебниками, учебными пособиями и нормативно-справочной литературой. В пособии приводятся цели и задачи дисциплины «Механика грунтов», объем учебного времени, рабочая программа дисциплины, контрольные задачи, их содержание и примеры их выполнения. Приведены исходные данные для выполнения контрольных задач. Даны темы лабораторных работ и их содержание. Приведены списки учебно-методической и справочно-нормативной литературы, тесты и вопросы самоконтроля, а также перечень экзаменационных вопросов.

Рис. 2. Табл.15. Прил.7.

Рецензент доцент, к.т.н. А.В. Столбов

Печатается по решению научно-методического Совета Камского государственного политехнического института.

© Камский государственный
политехнический институт, 2002 год

ПРЕДИСЛОВИЕ

«Механика грунтов», «Основания и фундаменты» вместе с курсом «Инженерная геология» составляют особый цикл строительных дисциплин. Предметом изучения механики грунтов являются материалы, как правило, природного происхождения – грунты и их взаимодействие с сооружениями. Если конструкционные материалы создаются технологами так, чтобы они обладали заданными строительными свойствами, то грунты каждой строительной площадки имеют самостоятельную историю образования. Состав, строение и свойства грунтов разных строительных площадок определены природой и могут существенно различаться, требуя каждый раз специального изучения.

Поведение грунтов под нагрузкой сопровождается сложными процессами, во многом отличающимися от поведения конструкционных материалов. Для изучения этого необходимо применение специальных экспериментальных методов и теоретического аппарата механики грунтов для описания процессов их деформирования и разрушения.

Прочность грунтов обычно в сотни раз меньше, а деформируемость в тысячи раз больше, чем соответствующие свойства конструкционных материалов. Недоиспользование несущей способности грунтов оснований приводит к удорожанию строительства. С другой стороны, ошибочно преувеличенная оценка свойств грунтов часто бывает причиной аварий сооружений. Поэтому необходимо уметь не только правильно оценивать прочностные и деформационные свойства грунтов, но и использовать обоснованные теорией и практикой методы расчета несущей способности и деформаций оснований сооружений и горных массивов. Это и является основной задачей специальной научной дисциплины – «Механика грунтов».

Сказанное подчеркивает особую важность этой дисциплины в общей системе подготовки инженеров-строителей по специальности 290300.

Целью ее преподавания является ознакомление студентов со способами изучения физико-механических свойств грунтов и их классификационной оценкой, методами количественного прогноза напряженно-деформированного состояния и устойчи-

ности массивов грунтов, взаимодействующих с фундаментами, сооружениями и окружающей средой.

В процессе освоения дисциплины студенты учатся определять характеристики физико-механических свойств грунтов, оценивать напряженно-деформированное состояние оснований и его изменение во времени, рассчитывать устойчивость грунтовых массивов и расположенных на них сооружений.

В результате обучения будущие специалисты приобретают навыки, позволяющие им самостоятельно выбирать методы экспериментальной оценки механических свойств грунтов, способов количественного прогнозирования напряженно-деформированного состояния и устойчивости оснований.

Дисциплина «Механика грунтов» изучается в соответствии с учебным планом на пятом курсе (10 семестр). Учебное время распределяется следующим образом:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Аудиторные занятия | - 8 часов, в том числе: |
| обзорных лекций | - 6 часов; |
| лабораторных занятий | - 2 часа. |
| 2. Самостоятельная работа | - 52 часа. |

Изучение дисциплины заканчивается выполнением контрольной работы для специальности 291500 и сдачей зачета.

2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Но- мер тем	Наименование тем	Объем работ в часах		Используемая литература	
		Са- мо- сто- яте- ль- ные	Ла- бора- тор- ные	Номер* ра*	Страницы
1	2	3	4	5	6
1.	Введение. Исторический обзор развития механики грунтов и фундаментостроения. Состояние фундаментостроения на современном этапе. Новые перспективные направления в фундаментостроении. Задачи механики грунтов и методы их решения. Общие сведения о грунтах, основаниях и фундаментах.	1	-	2 3	7-10 10-12
2.	Состав, строение и состояние грунтов. Физические свойства грунтов и их классификационные показатели. Составные элементы грунтов. Структура и внутренние связи. Основные физические характеристики грунтов. Производные характеристики, определяемые вычислением. Классификация грунтов.	6	-	1 2 3	3-23 11-27 13-26

3.	<p>Механические свойства грунтов. Основные закономерности механики грунтов. Сжимаемость грунтов, закон уплотнения, коэффициент сжимаемости. Определение модуля деформации по результатам компрессионных испытаний и статической нагрузкой в полевых условиях. Водопроницаемость грунтов, закон ламинарной фильтрации, коэффициент фильтрации. Контактное сопротивление грунтов сдвигу. Предельное сопротивление сдвигу сыпучих и связных грунтов. Закон Кулона. Полевые методы определения механических характеристик. Особенности физико-механических свойств структурно-неустойчивых грунтов.</p>	10	2	<p>1 2 3</p>	<p>23-75 28-76 27-36</p>
4.	<p>Определение напряжений в грунтовой толще. Фазы напряженного состояния грунтов. Распределение напряжений от сосредоточенной силы, приложенной к поверхности линейно-деформируемого полупространства. Распределение напряжений от действия местной и равномерно-распределенной нагрузки. Метод угловых точек. Напряжение в грунте от собственного веса.</p>	10	-	<p>1 2 3</p>	<p>100-112 76-111 37-54</p>

5.	<p>Деформация грунтов и прогноз осадок фундаментов. Виды деформации грунтов. Осадка поверхности слоя грунта при сплошной нагрузке. Расчет осадки методом послойного суммирования. Расчет осадки методом эквивалентного слоя грунта. Расчет осадки методом линейно-деформируемого слоя. Затухание осадок по времени.</p>	12	-	<p>1 2 3</p>	<p>119-154 171-229 55-71</p>
6.	<p>Теория предельного напряженного состояния и ее приложения к задачам механики грунтов. Определение начальной, критической нагрузок на грунт. Расчетное давление на грунт. Предельная нагрузка на грунт. Устойчивость грунтов в основании сооружений. Оценка устойчивости откосов. Определение давления грунтов на ограждения (подпорные стенки)</p>	12	-	<p>1 2 3</p>	<p>162-191 111-171 92-109</p>

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ В ЧАСАХ

1. Испытание грунтов на сжатие в компрессионном приборе – 1 час.
2. Определение показателей сопротивления грунтов сдвигу при прямом срезе – 1 час.

Лабораторные работы выполняются в лаборатории кафедры «Строительные конструкции».

4. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

1. Расчет дополнительных (производных) физических характеристик грунтов. Нормирование грунтов.
2. Определение вертикальных напряжений в массиве грунта от действия нескольких вертикальных сосредоточенных сил.
3. Определение вертикальных напряжений в массиве грунта методом угловых точек.
4. Расчет устойчивости откосов.

5. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Далматов Б.И.* Механика грунтов, основания и фундаменты. - Л.: Стройиздат, 1988.
2. *Цытович Н.А.* Механика грунтов (краткий курс) - М.: Высш. шк., 1983..
3. *Мальшев М.В., Болдырев Г.Г.* Механика грунтов, основания и фундаменты (в вопросах и ответах) : Учебное пособие. - Издательство АСВ. - М. 2000.
4. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1995

6. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Основным методом изучения курса "Механика грунтов" является самостоятельная работа студента. Чтобы составить представление об объеме курса, студенту необходимо ознакомиться с содержанием программы, методическими указаниями и списком рекомендованной литературы.

Приступая к изучению новой темы, следует прочитать по учебнику соответствующий материал, тщательно в нем разобраться, понять предлагаемые формулировки, важные определения и необходимые закономерности, стараясь избегать чисто механического запоминания. Основательно усвоив теоретиче-

ские положения темы, можно переходить к решению примеров и задач, относящихся к этой теме.

Рисунки и расчетные схемы должны быть аккуратно выполнены с соблюдением масштаба, так как небрежно сделанный чертеж ведет к ошибкам.

Для лучшего усвоения изучаемого материала рекомендуется составлять краткий конспект прочитанного, где студент сможет отмечать и все неясные для него вопросы.

После проработки теоретического материала и решения примеров и задач следует ответить на вопросы для самопроверки, приведенные в настоящих методических указаниях после каждой темы.

Следует иметь в виду, что вопросы для самопроверки не охватывают всего материала программы курса, а лишь конкретизируют ее и помогают студенту усвоить изучаемую дисциплину.

При изучении курса студент может получить индивидуальные устные или письменные консультации у преподавателей кафедры, а также, если представляется возможным, посещать лекции, как установочные, так и тематические и обзорные, читаемые по наиболее сложным вопросам курса в институте.

Для облегчения усвоения теоретического материала весь курс разбивается на отдельные темы в соответствии с рабочей программой.

6.1. Введение

Вопросы, поставленные во введении, достаточно подробно освещены в рекомендованной основной литературе.

В процессе изучения курса необходимо усвоить основные понятия и термины, обратить внимание на особенности данной дисциплины и на взаимосвязь ее с другими строительными дисциплинами, уяснить роль и значение отечественных и зарубежных ученых и научно-исследовательских институтов и развития вопросов механики грунтов, оснований и фундаментов.

Студент должен четко представлять современное состояние и перспективы дальнейшего развития этой отрасли знаний.

Литература*: (1, с.3-8);(2, с.7-10);(3,с.10-12).

*Список литературы, рекомендованной ко всему курсу, приведен в гл.5.

Вопросы для самопроверки.

1. Каковы содержание и задачи курса?
2. Назовите крупных специалистов в области механики грунтов и фундаментостроения в России и за рубежом.

6.2. Физические характеристики и классификация грунтов

При разработке этой темы студент должен ясно представлять, что грунты - любые горные породы и почвы - это многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени, которые изучаются с целью познания как объекта инженерной деятельности человека. Необходимо хорошо изучить основные компоненты грунтов: минеральные частицы, составляющие скелет грунта (твердая фаза); различные виды воды в грунтах (жидкая фаза); различные газы, содержащиеся в порах грунта в свободном, адсорбированном и защемленном состоянии (газообразная фаза).

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

Особое внимание следует обратить на изучение структуры грунта, являющейся важнейшим фактором, определяющим свойства грунтов как основание и среды для возведения сооружений.

Очень важно изучить основные виды и свойства воды в грунтах. Понимание роли воды позволит уяснить вопросы связности, консистенции, взвешивающего действия воды на скелет грунта и т.д.

Необходимо знать основные физические характеристики грунтов и методы их определения, а также производные характеристики, получаемые расчетным путем. Очень важно приобрести навыки и умения правильно использовать физические характеристики грунтов при оценке несущей способности оснований по СНиП 2.02.01-83.

Литература: (1, с. 3-23); (2, с. 1-27.); (3, с.13-26).

1. Назовите основные компоненты грунта.
2. Как определяются основные и дополнительные физические характеристики грунтов? Где они используются?
3. По каким признакам классифицируются песчаные и глинистые грунты по СНиП 2.02.01-83, ГОСТ 25100-95.
4. Как подразделяются глинистые грунты на виды в зависимости от числа пластичности и как они различаются по показателю консистенции?
5. Назовите главнейшие виды и свойства воды в грунте.
6. Какие глинистые грунты при замачивании относятся к набухающим, а какие — к посадочным?
7. Как определяют наименование грунта по гранулометрическому составу?
8. Какие грунты относятся к заторфованным?

6.3. *Механические свойства грунтов*

Изучая эту тему, студент должен четко представлять, что грунты являются дисперсными раздробленными материалами, а не сплошными телами.

Эта особенность грунтов приходит к тому, что для решения задач механики грунтов недостаточно закономерностей строительной механики, их необходимо дополнить закономерностями, присущими только грунтам. К таким основным закономерностям относятся: закон уплотнения, характеризующий сжимаемость грунтов, закон фильтрации, определяющий водопроницаемость грунтов и закон трения, характеризующий сопротивление грунтов сдвигу.

Студент должен знать особенности напряженно-деформированного состояния грунтов при сжатии в условиях невозможности бокового расширения, в условиях ограниченного бокового расширения, при свободном расширении и при циклических нагрузках. Очень важно усвоить принцип определения показателей деформационных свойств грунтов: испытание грунтов пробными нагрузками в полевых условиях и компрессионные испытания в лаборатории.

Вопрос о сопротивлении грунтов сдвигу и о характеризующих его закономерностях является чрезвычайно важным для практики строительства. Следует обратить внимание на природу внутреннего трения и сцепления в грунтах, знать принципы методики определения показателей сопротивления грунтов сдвигу в лабораторных и полевых условиях. Должное внимание следует уделить изучению водопроницаемости грунтов, влиянию состава грунта на величину водопроницаемости, зависимости водопроницаемости грунтов от их структуры и текстуры, методам определения коэффициента фильтрации грунтов, влиянию водопроницаемости на скорость сжатия.

Полезно научиться анализировать различные зависимости, получаемые в результате испытаний, иметь представление о предельных значениях прочностных и деформационных характеристик наиболее часто встречающихся разновидностей грунтов, а также знать назначение и использование различных характеристик грунтов при проектировании инженерных сооружений.

Для лучшего усвоения материала этой темы целесообразно проработать примеры и задачи, приведенные в рекомендуемых учебниках и учебных пособиях.

Литература (1. с.23-75). (2. с.28-76). (3. с.27-36).

Вопросы для самопроверки

1. Сформулируйте основные закономерности механики грунтов.
2. Назовите важнейшие практические приложения основных закономерностей в механике грунтов.
3. Что выражает коэффициент бокового давления грунта?
4. Напишите аналитическое выражение компрессионной зависимости грунта.
5. Что такое упругая и остаточная деформация грунта?
6. Изобразите графики зависимости осадки грунта от давления и осадки во времени для испытания грунта пробной нагрузкой?

7. Из чего складывается сопротивление грунтов сдвигу?
8. Что такое сцепление и какова его природа?
9. Покажите методы определения угла внутреннего трения и силы сцепления в песчаных и глинистых грунтах?
10. Как влияет водопроницаемость грунта на скорость сжатия?
11. Что такое начальный градиент в глинистых грунтах и чем он обусловлен?
12. Что такое гидродинамическое давление в грунтах?
13. Как определяется модуль общей деформации грунта по компрессионной кривой и результатам испытания грунта пробной статической нагрузкой в полевых условиях?
14. Для каких грунтов при протекании их деформаций во времени ползучесть является определяющим фактором?
15. В какое уравнение входят параметры ползучести?
16. Что называется эффективным и нейтральным давлениями в водонасыщенных грунтах? В чем заключается их сущность?

6.4. Определение напряжений в грунтовой толще

Приступая к изучению данной темы, студент должен иметь отчетливое представление об основных допущениях и пределах применимости теории линейно-деформируемой среды для определения напряжений в грунтах. Необходимо отметить, что принцип линейной деформируемости грунтов является одним из основных в современной механике грунтов, на нем основано большинство расчетов по определению напряжений и деформаций оснований сооружений.

Прежде чем выявить распределение напряжений в грунтах от различных факторов, следует научиться определять напряжение от собственного веса грунта (природное давление), учитывая взвешивающее действие воды и давление воды на кровлю водоупора. Затем следует перейти к определению напряжений от действия сосредоточенной силы, приложенной на поверхности линейно-деформируемого полупространства (задача Буссинеска), равномерно распределенной по площадкам ограниченных размеров. Хорошо усвоив этот материал, можно перейти к

определению напряжений по методу угловых точек, позволяющему легко установить сжимающие напряжения в любой точке грунтового массива, рассмотреть способы суммирования напряжений от различных нагрузок, распределение напряжений в случае плоской задачи, распределение напряжений в слое ограниченной толщины на жестком основании.

Важно понимать влияние размеров и формы площади нагружения, неоднородности и анизотропии основания на характер и величину напряжений в грунтах, так как это является необходимым условием для правильной оценки работы грунтов в основании сооружения.

Студент должен иметь представление о распределении контактных напряжений по подготовке фундаментов в случае пространственной и плоской задачи, о принципах определения контактных напряжений под гибкими фундаментами, знать данные экспериментальных исследований о распределении напряжений в грунтах в случае действия местной нагрузки.

Необходимо также знать способы графического изображения напряженного состояния грунтов: линии одинаковых напряжений (изобары) и эпюры напряжений в горизонтальных и вертикальных сочетаниях массива грунта.

Для наиболее полного усвоения и закрепления изучаемого в данной теме материала рекомендуется внимательно проработать примеры, приведенные в учебнике Н.А.Цытовича "Механика грунтов".

Литература: (1, с. 100-118), (2, с. 76-111), 3, (с. 37-54).

Вопросы для самопроверки

1. Каковы основные предпосылки к определению напряжений в грунтах?
2. Изобразите схему эпюры нормальных напряжений от собственного веса грунта (природных давлений).
3. Напишите формулы для определения вертикальных сжимающих напряжений при действии сосредоточенной нагрузки.
4. Начертите линии одинаковых напряжений (изобары) в грунте при действии сосредоточенной силы.

5. Изобразите расчетную схему распределения напряжений в грунте ниже подошва фундамента.

6. Как определяют напряжения по методу угловых точек?

7. Как определяют напряжения с учетом влияния смежных сооружений?

8. Как определяют напряжение в грунте при расчете осадок по методу послойного суммирования? Какова точность этого метода?

9. Какое влияние оказывают форма и размеры фундамента на характер эпюры напряжений?

10. Сопоставьте теоретические схемы распределения напряжений с опытными данными жесткого фундамента.

11. Назовите работы советских исследователей в области расчета балок и плит на упругом основании.

6.5. Деформация грунтов и прогноз осадок фундаментов

Вопрос об определении деформаций грунтов является самым важным, так как на его решении базируется наиболее прогрессивный метод расчета фундаментов сооружений по предельным деформациям оснований, который при полной гарантии безопасности дает и значительный экономический эффект. В настоящее время этот метод широко применяется в отечественной проектной практике.

При изучении этой темы студент должен: прежде всего ознакомиться с видами деформаций грунтов и обуславливающими их физическими причинами, разобраться с решением основной задачи теории уплотнения грунтов, а именно с определением осадки слоя грунта при сплошной нагрузке. Студент должен детально изучить и освоить существующие методы расчета осадок фундаментов: метод послойного суммирования осадок отдельных слоев в пределах сжимаемой толщи основания с использованием расчетной схемы основания в виде упругого линейно-деформируемого полупространства; метод с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого (упругого) слоя конечной толщины; метод эквивалентного слоя грунта, базирующийся на теории линейно-деформируемых тел. Необходимо знать, какие факторы влияют на величину мощности сжа-

маемой (активной) толщи грунта и величину осадки сооружения, научиться определять осадку фундамента с учетом влияния давления в основании, вызванных нагрузкой от соседних фундаментов. Следует помнить, что величина осадки (деформации) основания определяемой из условия совместной работы фундамента, сооружения и его основания.

Необходимо обратить внимание на сравнение расчетных осадок фундаментов с действительными по данным непосредственных наблюдений. Предельные величины средних осадок отдельных фундаментов, относительный прогиб, крен и другие предельные величины деформаций основания фундаментов зданий и сооружений приведены в Строительных нормах и Правилах (СНиП 2.02.01-83), с основными положениями которых студент должен ознакомиться в процессе изучения теоретической части курса.

Важно освоить также расчет осадок фундаментов во времени методом фильтрационной теории консолидации. Следует обратить особое внимание на различный характер уплотнения глинистых и песчаных грунтов во времени. Литература (1, с.119-154); (2, с.171-229); (3, с.55-71).

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите виды деформации грунтов и причины, их обуславливающие.
2. Как производится расчет осадки слоя грунта при сплошной нагрузке?
3. Назовите исходные данные для определения осадки сооружения.
4. Какие факторы влияют на величину мощности сжимаемой (активной) толщи грунтов?
5. Как определить осадку фундамента по методу послойного элементарного суммирования?
6. Как зависит осадка от формы и размеров подошвы фундамента?
7. Как определить осадку фундамента с использованием расчетной схемы основания в виде линейно-деформируемого (упругого) слоя конечной толщины?

6. Что называется эквивалентным слоем грунта и как определяется мощность эквивалентного слоя?

9. Как определить осадку фундамента по методу эквивалентного слоя грунта?

10. Напишите формулы для среднего коэффициента сжимаемости, фильтрации и пористости слоистой толщи грунтов (по методу эквивалентного слоя).

11. Как производится расчет оснований по деформациям (по СНиП 2.02.01-83)?

12. Как определяется период стабилизации осадках фундамента?

13. Что такое предельно допустимые осадки, разности осадок, крены, относительные прогибы фундаментов сооружений?

6.6. Теория предельного напряженного состояния грунтов и ее приложения

Приступая к изучению данной темы, студент должен иметь понятие о предельном равновесии грунта в точке, о стадиях напряженного состояния грунтов при непрерывном возрастании нагрузки. В этой теме должны быть рассмотрены условия предельного равновесия сыпучих и связных грунтов, начальная и предельная критические нагрузки, грунт и способы их определения, влияние свойств грунтов, размеров фундамента и глубины его заложения на величину предельной нагрузки грунтовых оснований. Необходимо изучить расчет оснований по несущей способности (т.е. по первой группе предельных состояний). При этом следует различать случай, когда допускается применение аналитических решений и графоаналитических методов с построенным круглоцилиндрических поверхностей скольжения.

Следует тщательно разобраться в вопросах приложения теории предельного напряженного состояния к оценке устойчивости откосов, склонов и массивов грунта при оползнях, а также давлений грунтов на ограждения. При рассмотрении методов расчета устойчивости откосов и склонов необходимо более тщательно и детально изучить графоаналитические методы, научиться учитывать влияние давления фильтрационного потока на устойчивость откоса.

Теория давления грунтов на ограждения является важнейшим вопросом механики грунтов. Следует усвоить основные понятия и терминологию, встречающиеся при расчетах ограждающих конструкций, уметь аналитически определять давление грунта на подпорные стенки, включая и частные случаи их очертания, наклона поверхностей засыпки и неоднородности грунтов, ознакомиться с графическими методами определения давления грунтов на подпорные стенки.

Литература: (1, с.162-191); (2, с.111-171), (3, с.82-108).

Вопросы для самопроверки

1. Что называется предельным равновесием грунта в точке?
2. Назовите стадии напряженного состояния грунтов при действии постепенно возрастающей местной нагрузки.
3. Каково условие предельного равновесия для сыпучих и связных грунтов?
4. Напишите формулу для определения красной критической нагрузки и проанализируйте.
5. Как влияют фильтрационные силы на устойчивость откоса?
6. Назовите основные предпосылки к методам определения давления грунта на подпорные стенки и проанализируйте их.
7. Что такое активное и пассивное давление грунта и как они определяются?
8. Изложите аналитический способ определения давления сыпучего грунта на вертикальную подпорную стенку по теории Кулона
9. Как влияет наклон подпорных стенок на величину давления?
10. Начертите эпюры распределения давлений по задней грани стенки при слоистом напластовании грунтов и наличии на поверхности грунта равномерно распределенной нагрузки.
11. Как учитывается влияние сцепления грунта при расчете подпорных стенок?
12. Как производится проверка устойчивости основания фундамента?

13. Сущность метода расчетов устойчивости откосов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения.

6.7. Лабораторные работы

Целью проведения лабораторных работ является ознакомление студентов с приборами, применяющимися для исследования строительных свойств грунтов. При выполнении лабораторных работ углубляются теоретические знания студентов. Для самопроверки знаний студентам предложены тесты в приложении 6. К выполнению работ в лаборатории студент допускается после проверки преподавателем его знаний по данной теме. Во время проведения лабораторных работ студенту выдаются методические указания по выполнению лабораторных работ и журнал работ, где делаются все необходимые расчеты и графические построения, заполняются таблицы.

6.8. Контрольная работа

Изучение дисциплины «Механика грунтов» завершается выполнением одной контрольной работы, состоящей из четырех задач. Выбор задания производится в соответствии с шифром студента. Для выполнения задач №№ 1, 2, 3 и 4 исходные данные берутся соответственно из 1, 2, 3 и 4 приложений. Варианты задания для этих задач соответствуют последней цифре зачетной книжки (например, если последняя цифра 8, то вариант исходных данных будет 8.) Работа оформляется от руки разборчивым почерком на одной стороне стандартного листа писчей бумаги размером 210x298 мм (А-4) с полями: с левой стороны - 30 мм, сверху - 20 мм, справа и снизу - по 10 мм. Контрольная работа начинается с титульного листа по форме, приведенной в приложении 7. Примеры расчета приведены в приложениях 5. Контрольную работу студент выполняет самостоятельно и сдает на кафедру «Строительные конструкции» для проверки преподавателем. Проверенная контрольная работа возвращается студенту с замечаниями и пояснениями к работе. После устранения замечаний работа обратно возвращается на кафедру до экзаменационной сессии.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ВОПРОСОВ

1. Задачи механики грунтов и методы их решения.
2. Составные элементы грунтов и их свойства.
3. Состав грунтов. Вода. Различные виды воды и их свойства.
4. Природа грунтов. Внутренние связи.
5. Структура и текстура грунтов.
6. Влияние состава грунта на его физико-механические свойства.
7. Особенности физико-механических свойств, структурно-неустойчивых грунтов.
8. Особенности деформирования грунтов.
9. Применение моделей сплошной среды для описания поведения грунтов под нагрузкой.
10. Основные расчетные модели основания.
11. Основные закономерности механики грунтов. Сжимаемость (деформируемость) грунтов.
12. Закон уплотнения.
13. Сопротивление грунтов сдвигу (сыпучих и связных)
14. Испытание грунтов на сдвиг твердой, пластичной, текуче-пластичной и текучей консистенции.
15. Закон Ламинарной фильтрации. Понятие о начальном градиенте, об эффективном и нейтральном давлении.
16. Определение коэффициента фильтрации грунтов.
17. Статическое испытание грунтов пробной нагрузкой.
18. Фазы напряженного состояния грунтов.
19. Допущение и ограничения применения решений теории упругости к грунтам.
20. Задача Буссинеско.
21. Определение напряжений методом угловых точек.
22. Определение напряжения от действия местного равномерно распределенного давления
23. Учет влияния загрузки соседних фундаментов и площадей.
24. Напряжение от собственного веса грунта. Учет взвешивающего действия воды.
25. Виды и природа деформаций грунта.
26. Одномерная задача уплотнения.

27. Определение осадки фундамента методом послойного суммирования.
28. Расчет осадки фундамента методом эквивалентного слоя грунта.
29. Определение осадки фундамента методом линейного деформируемого слоя.
30. Коэффициент фильтрации. Его влияние на стабилизации осадки основания.
31. Общие условия равновесия грунта в точке.
32. Критические нагрузки на грунт основания.
33. Начальная критическая нагрузка на грунт основания.
34. Предельная нагрузка на грунт.
35. Затухание осадки во времени.
36. Основные виды и причины нарушения устойчивости откосов.
37. Устойчивость откоса грунта, обладающего только трением или сцеплением.
38. Расчет устойчивости откосов методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения.
39. Давление связанных грунтов на подпорную стенку.
40. Понятие об активном, пассивном давлении и давлении покоя.

Содержание

1. Предисловие	3
2. Рабочая программа	5
3. Лабораторные работы, их содержание и объём в часах.....	7
4. Контрольные задачи, их содержание	8
5. Список учебной литературы	8
6. Общие методические указания по изучению дисциплины.....	8
6.1. Введение	9
6.2. Физические характеристики и классификация грунтов.....	10
6.3. Механические свойства грунтов	11
6.4. Определение напряжений в грунтовой толще	13
6.5. Деформация грунтов и прогноз осадок фундаментов... ..	15
6.6. Теория предельного напряженного состояния грунтов и ее приложения	17
6.7. Лабораторные работы	19
6.8. Контрольная работа	19
7. Перечень экзаменационных вопросов	20
Приложение 1	24
Приложение 2	28
Приложение 3	28
Приложение 4	29
Приложение 5	30
Приложение 6	43
Приложение 7	52

ПРИЛОЖЕНИЯ

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Наименование показателей, условные обозначения	Размерность	ВАРИАНТЫ									
		1		2		3		4		5	
		1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой
Плотность грунта, ρ_p	т/м ³	1,91	1,98	1,96	1,78	1,85	1,91	1,99	1,88	1,98	2,0
Плотность частиц грунта, ρ_s	т/м ³	2,66	2,66	2,66	2,67	2,65	2,71	2,66	2,69	2,66	2,68
Природная влажность, w	%	8	8	23	18	8	17	20	21	14	25
Содержание частиц:											
Крупнее 2мм	%	-	-	2	-	-	-	4	-	5	-
2,0-0,5 мм	%	2	-	28	-	2	4	47	3	28	2
0,5-0,25 мм	%	6	4	18	1	18	6	5	28	35	2
0,25-0,1 мм	%	14	23	28	2	38	2	2	20	18	7
Мельче-0,1 мм	%	78	73	24	97	22	88	42	49	14	89

Наименование показателей, условные обозначения	Размерность	ВАРИАНТЫ									
		1		2		3		4		5	
		1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой
Влажность на границе текучести, w_L	%	-	34	-	35	-	44	-	33	-	44
Влажность на границе пластичности, w_P	%	-	20	-	20	-	22	-	18	-	21
Угол внутреннего трения, φ_{int}	град	39	32	36	26/10	31	18	40	25/12	38	20
Удельное сцепление, c_d	кПа	2	6	2	40/15	2	140	1	40/20	2	30
Модуль деформации, E_0	МПа	30	21	20	16/5	30	22	35	19/6	30	20

Продолжение приложения 1.

Наименование показателей, условные обозначения	Размерность	ВАРИАНТЫ									
		6		7		8		9		0	
		1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой
Плотность грунта, $\rho_{\text{г}}$	т/м ³	1,98	2,0	1,35	1,7	1,97	1,7	1,98	2,0	1,97	1,91
Плотность частиц грунта, $\rho_{\text{с}}$	т/м ³	2,66	2,78	2,69	2,64	2,64	2,64	2,66	2,78	2,64	2,66
Природная влажность, w	%	14	20	25	27	26	27	14	20	26	21
Содержание частиц:											
Крупнее 2мм	%	10	-	2	-	17	-	5	-	17	-
2,0-0,5 мм	%	20	-	5	-	35	-	30	-	35	-
0,5-0,25 мм	%	30	12	21	7	26	6	33	12	26	4
0,25-0,1 мм	%	20	15	33	18	11	19	22	15	11	23
Мельче-0,1 мм	%	12	73	39	75	11	75	10	73	11	73

Наименование показателей, условные обозначения	Размерность	ВАРИАНТЫ									
		6		7		8		9		0	
		1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой	1 слой	2 слой
Влажность на границе текучести, w_L	%	-	34	-	35	-	35	-	34	-	34
Влажность на границе пластичности, w_p	%	-	16	-	20	-	20	-	16	-	20
Угол внутреннего трения, φ_D	град.	38	19	25	17/10	36	17/10	38	19	36	32
Удельное сцепление, c_D	кПа	2	29	2	15/6	-	15/6	2	29	-	6
Модуль деформации, E_0	МПа	30	18	11	12/7	40	15/7	30	20	40	13

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ № 2

Вариант	Нагрузки, кН			Расстояния между нагрузками, м.		Глубина, м
	N1	N2	N3	r ₁	r ₂	
1	50	1000	300	3	1	1
2	100	850	400	1	2	2
3	150	750	500	2	3	3
4	200	650	600	3	4	4
5	250	550	300	4	5	1
6	300	450	400	5	1	2
7	400	350	500	6	2	3
8	500	250	600	1	3	4
9	700	150	300	2	4	1
0	1000	50	400	3	5	2

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ № 3

Вариант	Номера фундаментов				Нагрузки, кН		Расстояния между фундаментами, м	Расчет. точки, м
	1		2		P ₁	P ₂		
	Размеры фундаментов, м							
	a ₁	b ₁	a ₂	b ₂				
1	1	3	2	2	100	1000	1.0	M ₁
2	2	4	3	3	200	900	1.5	M ₂
3	3	1	4	4	300	800	2.0	M ₃
4	4	2	1	1	400	700	2.5	M ₄
5	1	3	2	2	500	600	3.0	M ₅
6	2	4	3	3	600	500	2.5	M ₆
7	3	1	4	4	700	400	2.0	M ₇
8	4	2	1	1	800	300	1.5	M ₈
9	1	3	2	2	900	200	1.0	M ₉
0	2	4	3	3	1000	100	0.5	M ₁₀

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧИ № 4

Вариант	Показатели грунта			Показатели откоса	
	φ , град.	C , кПа	ρ , т/м ³	Высота-Н, м	Заложение, 1: m
1	8	12	1,55	5	1:1,00
2	10	16	1,60	6	1:1,25
3	12	18	1,65	7	1:1,50
4	14	20	1,70	8	1:1,75
5	16	18	1,65	9	1:1,20
6	18	16	1,60	10	1:1,75
7	20	14	1,55	9	1:1,50
8	22	12	1,60	8	1:1,25
9	24	10	1,65	7	1:1,10
0	26	8	1,70	6	1:1,00

Пример выполнения задачи № 1. — Расчет дополнительных (производных) физических характеристик грунтов. Нормирование грунтов

Согласно заданию студент подбирает по шифру из приложения 1 результаты лабораторных и полевых испытаний грунтов. По этим данным производится расчёт и определение производных характеристик грунта и даётся оценка возможности использования каждого слоя грунта в качестве основания.

Пример 1. Определить наименование песчаного грунта.

Дано: Гранулометрический состав фракций в пробе грунта.

Размер фракций, мм	Содержание, %	Размер фракций, мм	Содержание, %
>2,0	5	0.10 - 0.05	10
2.0 - 0.50	20	0.05 - 0.005	4
0.50 - 0,25	32		
0.25 - 0,10	28	< 0.005	1

Решение: Определение наименования песчаного грунта проводят в соответствии с таблицей. Для этого необходимо данные крупности частиц суммировать слева направо и сравнивать их каждый раз после очередного добавления сумму с соответствующими величинами процентного содержания частиц определённой крупности: 2;0,5; 0,25;0,1 мм. В нашем примере частиц крупнее 2 мм 5, а в соответствии с таблицей для песка

крупного необходимо больше 25% , значит песок не гравелистый.

Определяем суммарное количество частиц крупнее 0,5 мм:

$$5\% + 20\% = 25\% .$$

В соответствии с таблицей суммарное количество частиц крупнее 0.5 мм необходимо больше 50%, а $25 < 50$, значит песок не крупный.

Суммарное количество частиц крупнее 0,25 мм:

$$5\% + 20\% + 32\% = 57\% .$$

В соответствии с таблицей вес частиц крупнее 0.25мм в нашем примере $57\% > 50\%$, то данный грунт по гранулометрическому составу относится к пескам средней крупности.

Виды песчаных грунтов по гранулометрическому составу

Вид грунта	Размер частиц, мм крупнее	Содержание в массе сухого грунта, %
Песок: гравелистый	2	>25
Крупный	0,5	>50
Средней крупности	0,25	>50
Мелкий	0,1	>75
пылеватый	0,1	<75

Пример 2 . Определить коэффициент пористости и плотности песчаного грунта.

Дано: Песок средней крупности, плотность частиц грунта

$\rho_s = 2,66 \text{ т/м}^3$; влажность грунта $W = 0,24$. плотность грунта $\rho = 1,98 \text{ т/м}^3$.

Решение: Коэффициент пористости грунта определяется по формуле: $e = (\rho_s/\rho) \cdot (1+W) - 1 = 2,66/1,98(1+0,26) - 1 = 0,693$.

В соответствии с таблицей данный грунт - песок средней крупности, средней плотности т.к. $0,55 \leq e = 0,693 \leq 0,7$.

Вид песчаных грунтов по плотности при коэффициенте пористости e

Вид грунта	Степень плотности песка		
	плотный	Средней плотности	рыхлый
Гравелистый песок, крупный, средней крупности	Менее 0,55	0,55.....0,70	Более 0,70
Мелкий	Менее 0,60	0,60.....0,75	Более 0,75
Пылеватый	Менее 0,60	0,60.....0,80	Более 0,80

Пример 3. Определить степень влажности песчаного грунта

Дано: Плотность частиц грунта $\rho_s = 2,66 \text{ т/м}^3$; влажность $W = 26\%$; коэффициент пористости $e = 0,69$; плотность воды $\rho_w = 1,0 \text{ т/м}^3$

Решение: Степень влажности S_r определяется по формуле:
 $S_r = \omega \rho_s / e \rho_w = 0,26 * 2,66 / 0,693 * 1,0 = 0,998$. В соответствии с таблицей данный песчаный грунт, насыщенный водой, т.к. $0,8 < S_r = 0,998 \leq 1$.

Пример 4. Определить вид и консистенцию глинистого грунта

Дано: Естественная влажность $W = 0,23$; влажность на границе текучести $W_L = 0,28$; влажность на границе раскатывания $W_p = 0,18$.

Решение: Вид глинистого грунта определяется по числу пластичности по формуле: $I_p = W_L - W_p = 0,28 - 0,18 = 0,10$.

Данный глинистый грунт, в соответствии с таблицей является суглинком, так как $0,07 < I_p = 0,10 \leq 0,17$. Консистенцию глинистого грунта определяем по показателю текучести I_L по формуле $I_L = (W - W_p) / (W_L - W_p) = (0,23 - 0,18) / (0,28 - 0,18) = 0,5$.

Данный суглинистый грунт, в соответствии с таблицей, является тугопластичным, т.к. $0,25 < W_L = 0,50 \leq 0,50$. Полное наименование глинистого грунта - суглинок тугопластичный.

Типы глинистых грунтов по числу пластичности

Наименование типов	Число пластичности
Супесь	$0,01 \leq J_p \leq 0,07$
Суглинок	$0,07 \leq J_p \leq 0,17$
Глина	$J_p > 0,17$

Разновидность глинистых грунтов по показателю текучести

Наименование грунтов	Консистенция
Супеси:	
Твердые	$J_L < 0$
Пластичные	$0 \leq J_L \leq 1$
Текучие	$J_L > 1$
Суглинки и глины:	
Твердые	$J_L < 0$
Полутвердые	$0 \leq J_L \leq 0,25$
Тугопластичные	$0,25 < J_L \leq 0,5$
Мягкопластичные	$0,5 < J_L \leq 0,75$
Текучепластичные	$0,75 < J_L \leq 1$
Текучие	$J_L > 1$

Пример 5. Определить коэффициент пористости и степень влажности глинистого грунта.

Дано: Суглинок тугопластичный, плотность частиц грунта $\rho_s = 2,68 \text{ т/м}^3$; плотность грунта $\rho = 2,00 \text{ т/м}^3$, влажность грунта $W = 0,240$; плотность воды $\rho_w = 1,0 \text{ т/м}^3$.

Решение. Коэффициент пористости грунта определяется по формуле $e = (\rho/\rho_s) * (1+W) - 1 = 2,68/2,00(1+0,24) - 1 = 0,662$.

Данный грунт непросадочный, т.к. $0,8 \leq Sr = 0,97$. $Sr = \omega \rho_s / e \rho_w = 0,24 * 2,68 / 0,668 * 1,0 = 0,97$.

Пример 6: Определить показатель просадочности I_{ps} грунта

Дано: Степень влажности $Sr \leq 0,8$, коэффициент пористости природного сложения и влажности $e = 0,662$; число пластичности $I_p = 8$. Коэффициент пористости, соответствующие влажности на границе текучести ω_L и определяемый по формуле; $e_L = \omega_L \rho_s / \rho_w$.

при $\rho_s = 2,68 \text{ т/м}^3$, $\rho_w = 1,0 \text{ т/м}^3$, $\omega_L = 0,28$

$e_L = 0,28 * 2,68 / 1,0 = 0,75$.

Решение. Показатель просадочности определяется по формуле $I_{ps} = (e_L - e) / (1 + e) = (0,75 - 0,66) / (1 + 0,66) = 0,05$. В соответствии с таблицей данный грунт относится к просадочным, т.к. $0,05 < 0,1$ при $I_p = 8 < 10$.

Значения показателей просадочности

Число пластичности	$I_p < 10$	$10 \leq I_p < 14$	$14 \leq I_p < 22$
Показатель I_{ps}	$< 0,10$	$< 0,17$	$< 0,24$

Пример 7. Определить удельный вес грунта во взвешенном состоянии.

Дано: Коэффициент пористости грунта $e = 0,66$; удельный вес воды $\gamma_w = \rho_w \cdot 10 = 1 \cdot 10 = 10 \text{ кН/м}^3$; удельный вес грунта $\gamma_s = \rho_s \cdot 10 = 2,68 \cdot 10 = 26,8 \text{ кН/м}^3$.

Решение. Удельный вес грунта, находящегося ниже уровня подземных вод (УПВ), во взвешенном состоянии определяется по формуле $\gamma_{взв} = (\gamma_s \cdot \gamma_w) / (1 + e) = (26,8 \cdot 10) / (1 + 0,68) = 9,8 \text{ кН/м}^3$.

Пример 8. Определить по СНиП 2.02.01 - 83 прочностные и деформативные характеристики пылевато-глинистого грунта.

Дано: Грунт делювиального происхождения, число пластичности грунта $I_p = 0,1$, показатель текучести $I_L = 0,2$, коэффициент пористости $e = 0,45$.

Решение: По заданному числу пластичности $I_p = 0,1$, устанавливаем по пример 4, что данный грунт относится к суглинкам. По исходным данным: $I_L = 0,2$ и коэффициенту пористости $e = 0,45$ по СНиПу 2.02.03-83 из таблицы 2 приложения 1 [4, стр. 27] находим нормативное значение угла внутреннего трения $\phi_n = 26^\circ$ и удельного сцепления грунта $C_u = 0,47 \text{ МПа}$. СНиПу 2.02.03-83 по таблице 3 приложения 1 [4, стр. 28] находим нормативное значение модуля деформации E_n .

При $I_L = 0,2$, $e = 0,4$, грунт суглинок, $E_n = 34 \text{ МПа}$.

Пример 9. Определить расчетное сопротивление R_0 грунта основания.

Дано: Число пластичности $I_p = 0,12$, показатель текучести $I_L = 0$, коэффициент пористости $e = 0,7$.

Решение. Данный грунт - суглинок, т.к. $I_p = 0,12 < 0,17$. Расчетное сопротивление R_0 на данный грунт определим по СНиПу 2.02.03-83 по таблице 3 приложения 3 [4, стр. 37]. При $e = 0,7$; $I_L = 0$ для суглинка значение $R_0 = 250 \text{ КПа}$.

При промежуточных значениях e , I_L расчетное сопротивление R_0 грунтов находим по интерполяции.

Пример выполнения задачи № 2. — Определение вертикальных напряжений в массиве грунта от действия нескольких вертикальных сосредоточенных сил.

Определить величины вертикальных составляющих напряжений в массиве грунта и построить эпюру напряжений:

а) от совместного действия сосредоточенных сил в точке по вертикали, проходящих по оси действия силы N_2 . При приложении на поверхность полупространства нескольких сосредоточенных сил N_1, N_2, N_3 напряжение в грунтовом массиве определяется по формуле

$$G_z = K_1 \cdot (N_1/Z^2) + K_2 \cdot (N_2/Z^2) + K_3 \cdot (N_3/Z^2) + \dots + K_i \cdot (N_i/Z^2)$$

где K_i - коэффициент, зависящий от отношения, r/z определяется из таблицы, где r расстояние между точкой M и вертикалью линии действия силы N .

Таблица

Значения коэффициента K при различных отношениях r/z

r/z	K	r/z	K	r/z	K	r/z	K
0,00	0,4775	0,50	0,2733	1,00	0,0844	1,5	0,0251
0,05	0,4745	0,55	0,2466	1,05	0,0744	1,6	0,0200
0,10	0,4657	0,60	0,2214	1,10	0,0658	1,7	0,0160
0,15	0,4516	0,65	0,1978	1,15	0,0581	1,8	0,0129
0,20	0,4329	0,70	0,1762	1,20	0,0513	1,9	0,0105
0,25	0,4103	0,75	0,1565	1,25	0,0454	2,0	0,0085
0,30	0,3849	0,80	0,1386	1,30	0,0402	2,5	0,0034
0,35	0,3577	0,85	0,1226	1,35	0,0357	3,0	0,0015
0,40	0,3294	0,90	0,1083	1,40	0,0317	4,0	0,0004
0,45	0,3011	0,95	0,0956	1,45	0,0282	5,0	0,0001

Определим G_1 при глубине $Z=1.0$ м:

$K_1=0,0015$ при $r_1/z=3,0/2,0=1,5$;

$K_2=0,4775$ при $r_2/z=0/1=0$;

$$K_3=2 \quad \text{при } r_3/z=2/1=2;$$

$$G_1=0,0015*(1300/1^2)+0,4775*(500/1^2)+(1500/1^2)*0,0085=$$

$$=1,95+238,75+12,75=253,4\text{кН}$$

Определим G_2 при глубине $Z=2\text{м}$

$$K_1=0,0251 \text{ при } r_1/z=3,0/2,0=1,5;$$

$$K_2=0,4775 \text{ при } r_2/z=0/2,0=0;$$

$$K_3=0,0844 \text{ при } r_3/z=2,0/2,0=1,0;$$

$$G_2=0,0251*(1300/4)+0,4775*(500/4)+(1500/4)*0,0844=99,5\text{кН}$$

Определим G_4 при глубине $Z=4\text{м}$

$$K_1=0,1565 \text{ при } r_1/z=3,0/4=0,75;$$

$$K_2=0,4775 \text{ при } r_2/z=0/4=0;$$

$$K_3=0,2733 \text{ при } r_3/z=2/4=0,5;$$

$$G_4=0,1565*(1300/16)+0,4775*(500/16)+(1500/16)*0,2733=$$

$$=12,42+14,92+25,62=53,2\text{кН}$$

Определим G_6 при глубине $Z=6\text{м}$

$$K_1=0,2733 \text{ при } r_1/z=3,0/6,0=0,5;$$

$$K_2=0,4775 \text{ при } r_2/z=0/6,0=0;$$

$$K_3=0,3687 \text{ при } r_3/z=2,0/6,0=0,3333;$$

$$G_6=0,2733*(1300/36)+0,4775*(500/36)+(1500/36)*0,3687=$$

$$=9,87+6,63+15,62=31,86\text{кН}$$

Напряжение на горизонтали, расположенной в плоскости действия сил N_1 , N_2 и N_3 на глубине $Z=3\text{ м}$ от поверхности будут:

1) в точке 1

$$K_1=0,3687 \text{ при } r_1/z=1/3=0,333;$$

$$K_2=0,1889 \text{ при } r_2/z=2/3=0,67;$$

$$K_3=0,0374 \text{ при } r_3/z=4/3=1,33;$$

$$G_1=0,3687*(1300/9)+0,1889*(500/9)+(1500/9)*0,0374=$$

$$=53,26+10,49+6,33=69,98\text{кН}$$

2) в точке 2

$$K_1=0,1889 \text{ при } r_1/z=2/3=0,67;$$

$$K_2=0,3687 \text{ при } r_2/z=1/3=0,33;$$

$$K_3=0,0844 \text{ при } r_3/z=3/3=1,0;$$

$$\begin{aligned} \dot{G}_2 &= 0,1889 \cdot (1300/9) + 0,3687 \cdot (500/9) + (1500/9) \cdot 0,0844 = \\ &= 27,29 + 20,88 + 14,07 = 62,23 \text{ кН} \end{aligned}$$

3) в точке 3

$$K_1=0,0844 \text{ при } r_1/z=3/3=1,0;$$

$$K_2=0,4775 \text{ при } r_2/z=0/3=0;$$

$$K_3=0,1889 \text{ при } r_3/z=2/3=0,67;$$

$$\dot{G}_3 = 0,0844 \cdot (1300/9) + 0,4775 \cdot (500/9) + (1500/9) \cdot 0,1889 = 70,20 \text{ кН}$$

4) в точке 4

$$K_1=0,0374 \text{ при } r_1/z=4/3=1,33;$$

$$K_2=0,3687 \text{ при } r_2/z=1/3=0,33;$$

$$K_3=0,3687 \text{ при } r_3/z=1/3=0,33;$$

$$\dot{G}_4 = 0,0374 \cdot (1300/9) + 0,3687 \cdot (500/9) + (1500/9) \cdot 0,3687 = 87,33 \text{ кПа}$$

5) в точке 5

$$K_1=0,0171 \text{ при } r_1/z=5/3=1,67;$$

$$K_2=0,1889 \text{ при } r_2/z=2/3=0,67;$$

$$K_3=0,4775 \text{ при } r_3/z=0/3=0;$$

$$\begin{aligned} \dot{G}_4 &= 0,0171 \cdot (1300/9) + 0,1889 \cdot (500/9) + (1500/9) \cdot 0,4775 = \\ &= 2,47 + 10,49 + 79,60 = 92,55 \text{ кПа} \end{aligned}$$

Пример выполнения задачи №3. - Определение вертикальных напряжений в массиве грунта методом угловых точек.

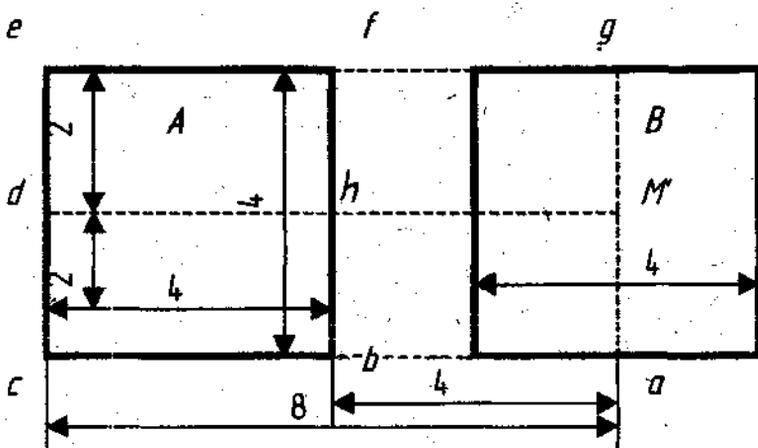


Рис. Расчетная схема к примеру

Определить напряжение $\sigma_{\text{зр}}$ под точкой М' рис. на глубине 3,2 м при загрузке двух фундаментов А и В размерами 4х4, загруженных равномерно распределенным давлением 300 кПа.

Напряжение под центром загрузки на глубине Z определяют по формуле :

$$\sigma_z = \alpha p, \quad (1)$$

где: α -коэффициент, зависящий от отношений $l/b = K_{II}$ и $2z/b = m$ и принимаемый по таблице.

Напряжения под угловыми точками определяют по формуле:

$$\sigma_z = 0,25 \alpha p, \quad (2)$$

Найдем по формуле (1) напряжение $\sigma_{\text{зв}}$ от загрузки фундамента В при $K_{II} = l/b = 1$, $m = 2z/b = 2 \cdot 3,2/4 = 1,6$, $\alpha = 0,449$:

$$\sigma_{\text{зв}} = 0,449 \cdot 300 = 135 \text{ кПа.}$$

Определим величину $\sigma_{\text{за}}$ в заданной точке М' от загрузки фундамента А (рис.) по формуле (2). Для этого представим точку М' как угловую фундаментов I—М'deg, II—М'hfg, III—М'acd, IV—М'abh. Фундаменты I и III будут иметь $K_{II} = 8/2 = 4$, $m' = 3,2/2 = 1,6$ по таблице, $\alpha_{I,III} = 0,636$, а фундаменты II и IV —

$$K_{II} = 4/2 = 2, m' = 3,2/2 = 1,6 \text{ и } \alpha_{II,IV} = 0,539.$$

Тогда, $\sigma_{\text{за}} = 0,25 \cdot (0,636 + 0,539 + 0,636 + 0,539) \cdot 300 = 15 \text{ кПа.}$

Следовательно: $\sigma_{\text{зр}} = \sigma_{\text{зв}} + \sigma_{\text{за}} = 135 + 15 = 150 \text{ кПа.}$

m	Круглые Фундам.	Прямоугольные фундаменты с отношением сторон $K_n = l/b$										
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	3,2	5	≥ 10	
0,0	1,030	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,949	0,960	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977
0,8	0,756	0,800	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,876	0,879	0,881	0,881	0,881
1,2	0,547	0,606	0,652	0,682	0,703	0,717	0,727	0,740	0,749	0,754	0,755	0,755
1,6	0,330	0,449	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,630	0,639	0,642	0,642
2,0	0,235	0,336	0,379	0,414	0,441	0,463	0,481	0,505	0,529	0,545	0,550	0,550
2,4	0,214	0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,449	0,470	0,477	0,477
2,8	0,155	0,201	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,383	0,410	0,420	0,420
3,2	0,130	0,160	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,329	0,360	0,374	0,374
3,6	0,106	0,130	0,153	0,173	0,192	0,209	0,224	0,250	0,285	0,320	0,337	0,337
4,0	0,087	0,108	0,127	0,145	0,161	0,176	0,190	0,214	0,248	0,285	0,306	0,306
4,4	0,073	0,091	0,107	0,122	0,137	0,160	0,163	0,185	0,218	0,256	0,280	0,280
4,8	0,062	0,077	0,092	0,105	0,118	0,130	0,141	0,161	0,192	0,230	0,258	0,258
5,2	0,053	0,066	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,170	0,208	0,239	0,239
5,6	0,046	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,152	0,189	0,223	0,223
6,0	0,040	0,051	0,060	0,070	0,078	0,087	0,095	0,110	0,136	0,172	0,208	0,208
6,4	0,036	0,045	0,053	0,062	0,070	0,077	0,085	0,098	0,122	0,158	0,196	0,196
6,8	0,032	0,040	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076	0,088	0,110	0,144	0,184	0,184
7,2	0,028	0,036	0,042	0,049	0,056	0,062	0,068	0,080	0,100	0,133	0,175	0,175
7,6	0,024	0,032	0,038	0,044	0,050	0,056	0,062	0,072	0,091	0,123	0,166	0,166
8,0	0,022	0,029	0,035	0,040	0,046	0,051	0,056	0,066	0,084	0,113	0,158	0,158
8,4	0,021	0,026	0,032	0,037	0,042	0,046	0,051	0,060	0,077	0,105	0,150	0,150
8,8	0,019	0,024	0,029	0,034	0,038	0,042	0,047	0,055	0,070	0,098	0,144	0,144
9,2	0,018	0,022	0,026	0,031	0,035	0,039	0,043	0,051	0,065	0,091	0,137	0,137
9,6	0,016	0,020	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,047	0,060	0,085	0,132	0,132
10	0,015	0,019	0,022	0,026	0,030	0,033	0,037	0,044	0,056	0,079	0,126	0,126
11	0,011	0,017	0,020	0,023	0,027	0,029	0,033	0,040	0,050	0,071	0,114	0,114
12	0,009	0,015	0,018	0,020	0,024	0,026	0,028	0,034	0,044	0,060	0,104	0,104

Пример выполнения задачи № 4. -- Расчет устойчивости откоса

Дано: Необходимо рассчитать устойчивость откоса выемки глубиной 10 м, сложенного из переувлажненного супесчаного грунта. Угол внутреннего трения грунта $\varphi_{гр} = 16^\circ 00'$, $\text{tg}\varphi_{гр} = 0,286$, сцепление грунта $C_{гр} = 10 \text{ кПа}$, плотность $P_{гр} = 1,68 \text{ т/м}^3$, крутизна откоса выемки 1:1,5.

Решение: Коэффициент устойчивости данного откоса определяется по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения (КЦПС) по формуле:

$$K_{\phi} = (\sum Q_j \cdot \text{tg}\varphi_{гр} \cdot Y_j + R \cdot C_{гр} \cdot L) / (\sum Q_j \cdot X_j), \quad (1)$$

где: Q_j - вес призмы, МН;

$\text{tg}\varphi_{гр}$ - коэффициент внутреннего трения грунта; R - радиус круговой кривой поверхности, м;

$L = \sum l_j$ - длина поверхности скольжения, м;

X_j, Y_j - координаты точек приложения равнодействующих веса откосов, м.

Центр наиболее невыгодной поверхности скольжения определяется по графику Ямбу (приложение 8) или методом Фолленуса [2, стр. 178].

При высоте откоса $H=10 \text{ м}$, при крутизне 1:1,5, $P_{гр} = 1,68 \text{ т/м}^3$ и сцеплении:

$$C_{гр} = 10 \text{ кПа}, \quad \lambda_{ср} = (P_{гр} \cdot x \cdot H \cdot \text{tg}\varphi_{гр}) / C_{гр} = (1,68 \times 10 \times 0,286) / 1,0 = 3,22;$$

Центр наиболее невыгодной поверхности скольжения имеет координаты:

$$x = 4,0, \quad y = 16,6.$$

Расчет коэффициента устойчивости данного откоса приводится согласно формуле (1) в табличной форме. Схема расчета приведена на рис. 1. Из таблицы видно, что коэффициент устойчивости откоса равен 1,17. Полученный результат ниже нормативного, т.е. $1,17 < 1,25$. Для повышения устойчивости откоса необходимо провести дополнительные мероприятия.

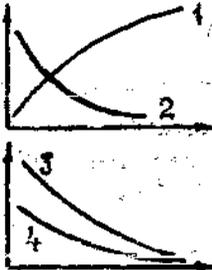
Тесты для контроля знаний студентов в процессе изучения курса «Механика грунтов»

N	вопросы	ответы
1	Покажите формулу для определения	1. V_p/V_s 2. $W_L - W_p$ 3. W/W_{bb} 4. $W - W_p / W_L - W_p$
2.	Для одного и того же образца грунта получены 4 значения физических характеристик. Укажите, какое из этих значений соответствует:	1. 11 кН/м^3 2. 16 кН/м^3 3. 20 кН/м^3 4. 27 кН/м^3
3.	Какой показатель определяется с помощью:	1. Плотность 2. ρ 3. W_L 4. ρ
4.	Какой показатель определяется с помощью:	1. Удельное сцепление 2. Коэффициент сжимаемости 3. Коэффициент фильтрации 4. Плотность частиц грунта

5.	К каким характеристикам грунта относятся следующие показатели	1. Удельное сцепление 2. Коэффициент сжимаемости 3. Природная влажность 4. Коэффициент пористости	1. Физическим 2. Прочностным 3. Деформативным 4. Номенклатурным
6.	Какой показатель определяется с помощью:	1. Пикнометра 2. Прибора КФ-00М 3. Метода режущего кольца 4. Компрессионного прибора	1. E_0 2. p_c 3. p 4. K_ϕ
7.	Определите состояние супесчаного грунта по следующим показателям консистенции:	1. $I_L < 0$ 2. $I_L = 0,25$ 3. $I_L = 0,5$ 4. $I_L > 1,0$	1. Пластичное 2. Твердое 3. Пластичное 4. Текучее
8.	Определите разновидность суглинка по следующим значениям показателя консистенции:	1. $I_L = 0,15$ 2. $I_L = 0,05$ 3. $I_L < 0$ 4. $I_L > 1,0$	1. Текучий 2. Полутвердый 3. Мягкопластичный 4. Твердый
9.	Покажите график:	1. Уплотнения 2. Сдвига песка 3. Сдвига глины 4. Набухания	

10	Укажите, какой показатель определяет:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Состояние глинистого грунта 2. Вид грунта 3. Состояние песчаного грунта 4. Долю заполнения водой пор 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Консистенция 2. Степень влажности 3. Число пластичности 4. Коэффициент пористости
11	К каким характеристикам грунта относятся следующие показатели:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Модуль общей деформации E_0 2. Число пластичности 3. Угол внутреннего трения 4. Плотность грунта 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Физическим 2. Прочностным 3. Деформативным 4. Номенклатурным
12	Укажите, какие грунты имеют число пластичности, Равное	<ol style="list-style-type: none"> 1. <1 2. 1-7 3. 7-17 4. >17 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Глина 2. Суглинок 3. Супесь 4. Песок
13	Укажите размерность:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Удельного сцепления 2. Коэффиц. фильтрации 3. Коэффиц. сжимаемости 4. Удельного веса грунта 	<ol style="list-style-type: none"> 1. кН/м^2 2. мПа 3. $\text{м}^2/\text{а}$ 4. см/с

14	Покажите формулу:	1. Для определения коэф. сжимаемости грунта 2. Для определения модуля общей деформации грунта 3. Для определения относительной просадочности 4. Для определения коэф. Пористости	1. $\frac{h - h_{пр}}{h_0}$ 2. $1 - (1 + I_0) \frac{S_i}{h}$ 3. $\frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1}$ 4. $\frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$
15	Практическое применение законов:	1. Уплотнения 2. Ламинарной фильтрации 3. Условия прочности 4. Принцип линейной деформируемости	1. Определение напряжений и деформаций грунтов 2. Расчет устойчивости грунтов и давления из ограждения 3. Расчет осадки основания 4. Прогноз скорости осадки водонасыщенных грунтов

16	Какое давление называется:	1. Предельным 2. Нейтральным 3. Давлением связности 4. Эффективным	1. Давление в поровой воде 2. Давление в скелете грунта 3. $\frac{c}{\operatorname{tg} \varphi}$ 4. Давление, при бесконечно малом превышении которого, грунт теряет устойчивость
17	Покажите на графике:	1. Кривую эффективного давления 2. Кривую нейтрального давления 3. Кривую уплотнения 4. Кривую набухания	
18	Покажите формулу:	1. Коэф. относительной сжимаемости 2. Определения модуля общей деформации 3. Коэф. сжимаемости грунта 4. Закона Кулона для связанных грунтов	1. $\omega_d (1 - v^2) \frac{P_i}{S_i}$ 2. $\frac{S_i}{h} \cdot P_i$ 3. $\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c$ 4. $\frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1}$

19	Назовите основные характеристики:	1. Условий прочности 2. Принципов линейной деформируемости 3. Закона уплотнения 4. Закона ламинарной фильтрации	1. Модуль общей деформации 2. Угол внутреннего трения и сцепления 3. Коэф. сжимаемости 4. Коэф. фильтрации
20	Покажите формулу для расчета напряжений:	1. По методу угловых точек 2. Природных 3. Горизонтальных 4. От распределенной нагрузки сложной формы	1. $\frac{\sigma_{\varepsilon}}{\xi}$ 2. $0,25 \alpha p$ 3. γ, h_i 4. $\frac{1}{z} \sum k_i P_i$
21	Покажите эпюру распределения напряжений по глубине:	1. От сосредоточенной нагрузки 2. Под загруженной площадью 3. Для случая одномерной задачи 4. От природных давлений	
22	Исходя из эпюры бытовых давлений, укажите:	1. Какой слой грунта имеет наибольший вес 2. То же наименьший удельный вес 3. Какой слой является водоупорным 4. В каком слое грунта проходит уровень подземных вод	

23	Какой метод используется при расчете напряжений:	<ol style="list-style-type: none"> 1. От действия нескольких сосредоточенных сил, приложенных одновременно. 2. От действия одной сосредоточенной силы 3. При взаимно влияющих фундаментах 4. При произвольном виде загрузки 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Метод элементарного суммирования. 2. Метод угловых точек. 3. Решение Буссинеска 4. Принцип суперпозиции.
24	Как влияет на осадку фундамента при одинаковом давлении под подошвой:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Уменьшение коэф. фильтрации 2. Увеличение коэф. фильтрации 3. Увеличение удельного веса 4. Уменьшение удельного веса. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Осадка протекает медленнее 2. Осадка протекает быстрее 3. Осадка увеличивается 4. Осадка уменьшается.
25	Покажите формулу для расчета осадок	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методом моделирования 2. Методом послойного суммирования 3. Методом линейно-деформируемого слоя конечной толщины 4. Методом эквивалентного слоя 	<ol style="list-style-type: none"> 1. $A \cdot \omega \cdot b m_0 P_{доп}$ 2. $S_{ит} \sqrt{\frac{F_{\phi}}{F_{ит}}}$ 3. $\beta \sum \frac{h_i P_{zi}}{E_{oi}}$ 4. $\frac{P_{ep} b k}{K_m} \sum \frac{k_i - k_{i+1}}{E_{oi}}$

26	Как влияет на осадку:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение модуля общей деформации грунта 2. Замена в основании глинистого грунта на песчаный 3. Увеличение размеров подошвы ф-та при одинаковом удельном давлении на грунт 4. Уменьшение коэф. фильтрации 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Осадка увеличивается. 2. Осадка уменьшается 3. Осадка протекает быстрее 4. Осадка протекает медленнее
27	Покажите формулу для определения:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Осадки фундамента на структурно-неустойчивых грунтах 2. Осадки в условиях одномерной задачи 3. Дополнительного давления на грунт основания 4. Мощность активной зоны сжатия по методу эквивалентного слоя 	<ol style="list-style-type: none"> 1. $z A_{об}$ 2. $2 P h_{up}$ 3. $\frac{N}{F} + v_{\phi} h_{\phi} - v h_{\phi}$ 4. $\sum \epsilon_{up} h$
28	Укажите основные характеристики грунтов:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Лессовых 2. Илистых 3. Набухающих 4. Рыхлых песков 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Относительная плотность $< 1/2$ 2. Показатель просадочности $\geq 0,01$ 3. Консистенция > 1 4. Относительное набухание $\geq 0,04$

29	По каким показателям классифицируются следующие грунты:	1. Лессовидные 2. Заторфованные 3. Набухающие 4. Илистые	1. Влажность, коэф. пористости 2. Относительная просадочность 3. Относительное содержание растительных остатков 4. Величина относительного набухания
----	---	---	---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КАМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИН-
СТИТУТ

КАФЕДРА: С К

Контрольная работа

По дисциплине: «Механика грунтов»

вариант I

Выполнил Студент гр.

« ____ » 2000 г.

Проверил

« ____ » 2000 г.

Набережные Челны 2002 г.

Приложение 8

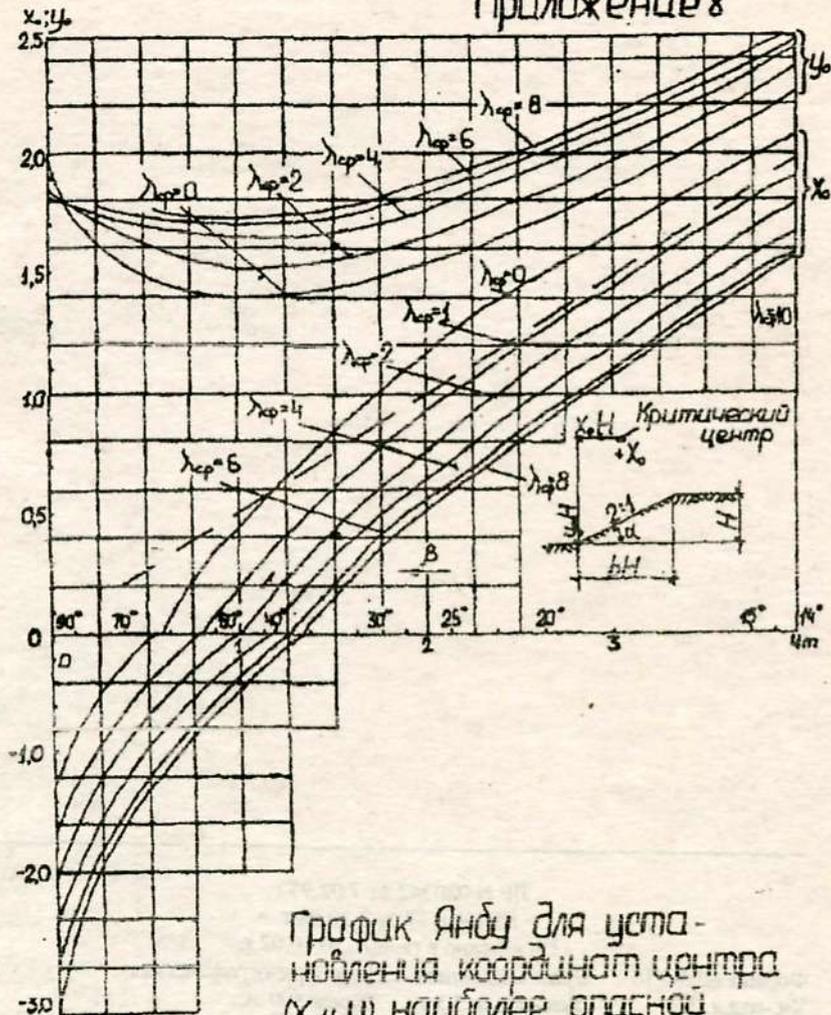


График Ямбу для уста-
 новления координат центра
 (x и y) наиболее опасной
 круглоцилиндрической
 поверхности скольжения в
 однородной толще грунтов
 откоса.

ЛР N 020342 от 7.02.97 г.

ЛР № 0137 от 2.10.98 г.

Подписано в печать 30.10.02 г.

Формат 60x84/16

Уч.-изд.л. 3,3

Бумага офсетная

Усл.-печ.л. 3,3

Печать ризографическая

Тираж 500 экз.

Заказ 1589/366

Издательско-полиграфический центр

Камского государственного политехнического института

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 13