

Введение.....	3
1. Физические свойства грунтов.....	4
1.1. Природа и составные части грунтов.....	4
1.2. Физические характеристики грунтов.....	8
1.3. Классификация грунтов.....	10
1.4. Исследования физических свойств грунтов.....	12
Лабораторная работа 1. Определение наименования глинистого грунта по результатам изучения его физических характеристик.....	12
Лабораторная работа 2. Определение наименования песчаного грунта по результатам изучения его физических характеристик.....	17
2. Физико-механические свойства грунтов.....	19
2.1. Водопроницаемость грунтов.....	19
2.2. Сжимаемость грунтов.....	19
2.3. Исследование свойств сжимаемости грунтов.....	22
Лабораторная работа 3. Определение показателей сжимаемости (деформируемости) глинистого грунта способом компрессии в одометре.....	22
Лабораторная работа 4. Определение показателей сжимаемости песчаного грунта при трехосном сжатии в стабилометре.....	26
2.4. Сопротивление грунтов сдвигу.....	28
2.5. Исследования свойств сопротивления грунтов сдвигу.....	29
Лабораторная работа 5. Определение показателей сопротивления глинистого грунта сдвигу методом прямого среза образца.....	29
Приложение. Классификация природных дисперсных грунтов.....	34

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Дальневосточный государственный технический университет
(ДВПИ им. В.В. Куйбышева)

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ
РАБОТ**

для студентов строительных специальностей

Владивосток

2006

Механика грунтов: метод. указания / сост. К.З. Игнатенко, Т.Н. Пронкина.
– Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. – 36 с.

Излагаются основные теоретические сведения по темам, рассматриваемым в лабораторных работах, и приводится последовательность выполнения работ. Методические указания являются вспомогательным учебным материалом для подготовки к лабораторным работам и самостоятельно работы студентов в лаборатории. Составлены с учетом использования оборудования, имеющегося в учебной лаборатории механики грунтов.

Методические указания соответствуют учебной программе курса "Механика грунтов" и предназначены для студентов строительных специальностей всех форм обучения.

Рецензент: А.А. Ковалевский, канд. техн. наук, засл. строитель РФ, директор ООО «ТЭРУС».

Печатается с оригинал-макета, подготовленного авторами.

Редактор В.В. Сизова
Техн. редактор Н.М. Белохонова

Подписано в печать 14.09.06. Формат 60х84/16
Усл. печ. л. 2,1. Уч.-изд. л. 1,1
Тираж 100 экз. Заказ 133

Издательство ДВГТУ, 690950, Владивосток, ул. Пушкинская, 10
Типография издательства ДВГТУ, 690950, Владивосток, ул. Пушкинская, 10

© К.З. Игнатенко, Т.Н. Пронкина, 2006

© ДВГТУ, изд-во ДВГТУ, 2006

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум по механике грунтов соответствует разделу "Грунтоведение" и темам "Природа грунтов", "Физические свойства грунтов", "Классификация грунтов", "Физико-механические свойства грунтов" общего курса механики грунтов.

Грунтами называют любые горные породы, которые используются в инженерной деятельности человека. В строительстве грунты используются как основания зданий и сооружений, материал для сооружения (земляного полотна, плотин и др.) или среда (подземной части здания, каналов, трубопроводов и др.).

Грунты – это сложные природные системы, изменяющиеся под влиянием природных факторов и в результате человеческой деятельности.

Все грунты делят на два класса: скальные и нескальные (дисперсные). К классу скальных относят грунты с жесткими кристаллизационными и цементационными связями между твердыми частицами – магматические, метаморфические и часть осадочных горных пород. К нескальным грунтам относят осадочные породы без жестких связей – рыхлые и глинистые.

Скальные грунты имеют большую прочность и практически не деформируются под нагрузкой от сооружений. В отличие от них нескальные грунты обладают значительно меньшей прочностью и в сотни раз большей деформируемостью. Свойства их сильно различаются в зависимости от условия образования и залегания и могут меняться при внешних воздействиях.

Свойства грунтов как природных тел изучает наука "Грунтоведение". Она исследует физико-химические и физико-механические свойства грунтов, изменение свойств под влиянием различных факторов и формулирует основные закономерности поведения грунтов. Наиболее подробно грунтоведение занимается сложными – нескальными грунтами.

В лабораторном практикуме рассматриваются основные вопросы грунтоведения: физические и физико-механические свойства грунтов, методы определения характеристик грунтов, классификация грунтов на примере песчаных и глинистых грунтов.

Лабораторные работы служат практическому освоению методик исследований, соответствующих стандартным испытаниям грунтов по действующим ГОСТам. Они позволяют получить достоверные данные для расчетов грунтовых массивов оснований зданий и сооружений, а также иллюстрируют основные закономерности поведения грунтов.

1. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ

1.1 Природа и составные части грунтов

Нескальные грунты представляют собой среду, состоящую в основном из трех компонентов: твердых минеральных частиц, а также жидкости и газа, заполняющих промежутки между частицами – поры. Таким образом, нескальный грунт рассматривают как трехкомпонентную среду, свойства которой зависят от состава и свойств входящих в нее компонентов, их количественных соотношений и взаимодействий. Иногда в грунте существенную часть составляют биологические остатки или лед, в этом случае рассматривают четырехкомпонентную среду и изучают влияние на свойства грунта соответствующего компонента.

Твердые частицы – продукт физического и химического выветривания скальных пород. Твердые частицы различаются по крупности, форме, окатанности и минералогическому составу. Свойства грунтов в основном определяют именно твердые частицы. По крупности выделяются группы (фракции) частиц, указанные в табл. 1.

Классификация частиц по крупности

Частицы		Размеры частиц, мм
окатанные	угловатые	
Валуны	Камни	>200
Галька	Щебень	200 – 10
Гравий	Дресва (хряц)	10 – 2
Песчаные крупные		2 – 0,5
Песчаные средней крупности		0,5 – 0,25
Песчаные мелкие		0,25 – 0,1
Пылеватые		0,1 – 0,005
Глинистые		< 0,005

Классификация базируется на учете изменения свойств минеральных частиц при переходе из одной группы (фракции) в другую. Частицы крупнее 0,05 мм компактные, шарообразной, угловатой или ребристой формы. Глинистые частицы имеют вид чешуек, пластин или иголок неправильной угловатой формы, толщина частиц в 10–50 раз меньше их максимального размера.

В песчаных грунтах (размером менее 2 мм) существенное влияние оказывает окатанность частиц, от нее зависит высота капиллярного поднятия, водопроницаемость и сопротивление сдвигу. Формы и поверхность крупнообломочных частиц практически не влияют на свойства водопроницаемости грунта.

Твердые минеральные частицы состоят из первичных, вторичных минералов и солей (сульфатов, карбонатов и др.). К первичным минералам относятся кварц, полевой шпат, слюда, вторичным – кальцит, гипс, ангидрид, доломит и глинистые минералы. Глинистые минералы имеют особые свойства, которые проявляются во взаимодействии с водой. К основным глинистым минералам относятся гидрослюда (иллит), монтмориллонит и каолинит.

Кристаллическая решетка твердых частиц образована химическими элементами — ионами, несущими электрический заряд. Внутри частицы заряды ионов различных знаков уравниваются, а на ее поверхности заряды уравниваются лишь частично. Твердые частицы имеют на поверхности отрицательный заряд, такая частица грунта не является нейтральной и ведет себя как заряженное тело, которое взаимодействует с окружающей средой — жидкостью и газами. Это взаимодействие тем больше, чем больше поверхность частиц в объеме грунта.

Поверхностную активность грунта характеризует удельная поверхность грунта — отношение суммарной площади поверхности всех частиц к занимаемому ими объему ($1/\text{см}$). С уменьшением размеров частиц их удельная поверхность существенно увеличивается. Так, например, суммарная поверхность частиц каолина в 1 г. вещества составляет 10 м^2 , а монтмориллонита — 800 м^2 . Поверхностная активность в грунтах, состоящих из глинистых частиц, во много раз больше, чем в грунтах, состоящих из песчаных и пылеватых частиц.

Жидкая составляющая грунта. Поры грунта частично или полностью заполнены жидкостью, главным образом водой. Вода находится в грунте в парообразном, жидком и твердом состоянии. В жидком состоянии вода может быть в связанном и свободном виде.

Вода в форме пара играет большую роль в процессах, протекающих в грунтах. Она перемещается вместе с воздухом под воздействием разности температур и разности упругости пара и может конденсироваться на поверхности частиц, образуя свободную либо прочносвязанную воду. Процесс конденсации обратим, то есть из образовавшегося нового вида воды она может обратно перейти в парообразное состояние.

Связанная вода — это вода, которая удерживается на поверхности частиц силами электрического заряда. Молекулы воды являются диполями и вблизи заряженных твердых частиц ориентируются положительным полюсом к их по-

верхности. Силы электромолекулярного притяжения очень велики непосредственно у поверхности частицы, а с расстоянием быстро убывают. Ориентированная на частицу вода создает вокруг нее водную оболочку. Молекулы воды образуют у частицы поверхностный слой прочносвязанной воды, а следующие слои воды будут рыхлосвязанными. Во взаимодействие с водными оболочками вступают также положительно заряженные катионы водорода, натрия, калия, кальция и других веществ, растворенных в воде.

Прочносвязанная вода по свойствам близка к твердому телу: ее плотность находится в пределах $1,2\text{--}2,4 \text{ г/см}^3$, температура замерзания -78°C , она обладает значительной вязкостью, упругостью и прочностью на сдвиг. Свойства пластичности у глинистых грунтов объясняются взаимодействием твердых частиц и рыхлосвязанной воды. Эта вода создает эффект расклинивания частиц и набухания глинистого грунта.

В крупнообломочных и песчаных грунтах вследствие малой удельной поверхности частиц объем связанной воды очень мал, вода находится в свободном состоянии. В глинистых грунтах из-за колоссальной удельной поверхности объем связанной воды велик, а в плотных глинах и суглинках почти все поры могут быть заполнены в основном связанной водой. Пластичные и текучие глинистые грунты могут содержать свободную воду.

Свободная вода в жидком состоянии находится в грунте в виде гравитационной и капиллярной. Гравитационная вода находится в грунте в виде пластов, потоков и линз. Капиллярная вода образуется во влажных песчаных грунтах, в которых наблюдается капиллярное поднятие воды по каналам, образованным порами.

Взаимодействие капиллярной воды с частицами происходит в виде образования пленок поверхностного натяжения. Величина сил взаимодействия частиц с водой зависит от размеров пор и частиц. Чем мельче частицы, тем меньше размеры пор и соответственно больше величина капиллярного поднятия. Так, при среднем диаметре пор более $0,1 \text{ мм}$ силы капиллярного поднятия практи-

чески равны нулю. Во влажных мелких и пылеватых песчаных грунтах капиллярная вода создает небольшую связность, причиной которой является проявление свойств поверхностного натяжения на контактах между частицами и пленками воды. Связность исчезает при высушивании грунта или полном заполнении водой пор.

Газообразная составляющая грунта представлена в виде атмосферного воздуха, газов и водяных паров, а также растворенных в воде газов. Чем глубже находится грунт от поверхности, тем больше может проявляться влияние газообразной составляющей. Например, при отрывке котлована или при подъеме из скважин образцов грунта растворенный в воде или защемленный в порах газ может выделяться, существенно нарушая природную структуру грунта.

Структура грунта – внутреннее строение грунта, обусловленное размерами и формой частиц, характером их поверхности, количественным соотношением слагающих грунт элементов и характером их взаимодействия друг с другом.

Слагающими грунт элементами считают твердые частицы, их блоки, пакеты и агрегаты. Взаимодействие между отдельными элементами грунта осуществляется через непосредственные контакты, а также структурные связи. При наличии структурных связей различного происхождения говорят о *связности грунтов*. При этом различают связи обратимые (водно-коллоидные, коагуляционные и молекулярные) и необратимые (химические и кристаллизационные).

1.2. Физические характеристики грунтов

Физические характеристики описывают физические свойства грунтов. Грунт представляют трехкомпонентной средой, состоящей из твердых минеральных частиц, жидкости и газа; в любом объеме грунта выделяют объем, занимаемый твердыми частицами V_s , и объем пор V_n , где объем пор $V_n = V_v + V_w$, V_v – объем газа, V_w – объем воды. Масса грунта m_{gr} определяется массой частиц m_s и массой воды m_w в порах, $m_{gr} = m_s + m_w$.

Физические характеристики грунтов делят на основные и производные. К основным характеристикам относят плотность грунта ρ , плотность частиц ρ_s и природную влажность w , их определяют испытаниями грунтов в лабораторных и полевых условиях. Производные характеристики: плотность сухого грунта ρ_d , пористость n , коэффициент пористости e , степень влажности S_r и ряд других вычисляют по основным характеристикам (табл. 2). Для глинистых грунтов определяют характеристики пластичности: влажность на границе пластичности (раскатывания) w_p , влажность на границе текучести w_L , число пластичности I_p и показатель текучести I_L .

Плотность грунта ρ (г/см³; т/м³) – это отношение массы грунта к его объему: $\rho = m_{gr}/V_{gr} = (m_s + m_w)/(V_s + V_n)$.

Плотность частиц грунта ρ_s (г/см³; т/м³) – это отношение массы сухих частиц к их объему: $\rho_s = m_s/V_s$.

Природная влажность грунта w – это отношение массы воды в грунте к массе сухих частиц: $w = m_w/m_s$. Измеряется в долях единицы или в процентах.

Характеристики пластичности глинистых грунтов. Глинистые грунты обладают свойствами пластичности, определяемыми взаимодействием твердых частиц и жидкой составляющей грунта. Пластичностью грунта называют его способность деформироваться без разрыва сплошности под воздействием внешних усилий и сохранять полученную форму после их снятия.

Состояние грунта по пластичности называется *консистенцией*. Различают три консистенции грунта: твердую, пластичную и текучую. Границы этих состояний определяются влажностью на *границе раскатывания* w_p и влажностью на *границе текучести* w_L (рис. 1). По ним вычисляются характеристики: *число пластичности* $I_p = w_L - w_p$ и *показатель текучести* $I_L = (w - w_p)/I_p$, где w – природная влажность грунта. Показатели w_p , w_L , I_p , I_L называются *характеристиками пластичности*.

Таблица 2

Расчетные формулы физических характеристик грунтов

Характеристика	Определение	Формула
Плотность сухого грунта, г/см^3	m_d/V_{sp}	$\rho_d = \rho / (1 + w)$
Пористость	$n = V_n / V_{sp}$	$n = 1 - \rho_d / \rho_s$
Коэффициент пористости	$e = V_n / V_s$	$e = n / (1 - n)$ или $e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$
Полная влагоемкость	Влажность при полном заполнении пор водой	$w_o = e \rho_w / \rho_s$ где $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$
Коэффициент водонасыщения	$S_r = w / w_o$	$S_r = w \rho_s / (e \rho_w)$

1.3. Классификация грунтов

Принятая система классификации по ГОСТ 25100-95 "Грунты. Классификация" [4] устанавливает в порядке уточнения признаков деление грунтов на классы, группы, подгруппы, тип, вид и разновидности.

Классификация глинистых грунтов

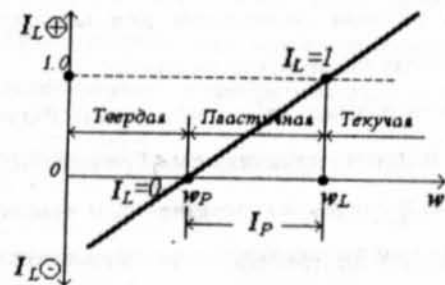


Рис. 1. Консистенция и изменение числа пластичности I_P и показателя текучести I_L в зависимости от влажности w

стенции грунта), а также относительному содержанию органических остатков.

Среди глинистых имеются грунты, проявляющие специфические неблагоприятные свойства при замачивании: просадочные и набухающие. К просадочным относят грунты, которые под действием внешней нагрузки или собственного веса при замачивании дают просадку, к набухающим – грунты, которые при замачивании увеличиваются в объеме. По этим свойствам уточняется разновидность глинистого грунта.

Дополнительно для глинистых грунтов может быть определен гранулометрический состав, относительная деформация набухания без нагрузки, относительная деформация просадочности, относительное содержание органического вещества, степень засоленности, относительная деформация пучения и температура вечномерзлого грунта.

Классификация песчаных грунтов

В соответствии с классификацией [4] песчаные грунты относят к классу дисперсных, группе несвязных, подгруппе осадочных. Тип грунта – минеральные (силикатные, карбонатные, полиминеральные), вид – пески. Разновидности выделяются по гранулометрическому составу грунта, степени неоднородности гранулометрического состава, коэффициенту водонасыщения, коэффициенту пористости.

Гранулометрический состав грунта – это процентное содержание по массе групп частиц близких размеров (фракций). Неоднородность грунта определяется по степени неоднородности грунта C_u , плотность сложения характеризуется коэффициентом пористости e . Степень влажности грунтов характеризуется коэффициентом водонасыщения S_r . Дополнительно для песчаных грунтов может определяться степень плотности, относительное содержание органического вещества в грунте, степень засоленности, относительная деформация пучения и температура вечномерзлого грунта.

1.4. Исследования физических свойств грунтов

Лабораторная работа 1. Определение наименования глинистого грунта по результатам изучения его физических характеристик

ЗАДАНИЕ 1. Определение плотности частиц грунта (ГОСТ 5180-84).

Оборудование и материалы: пикнометр, технические весы, песчаная баня, сушильный шкаф, стаканчик (бюкса), дисциллированная вода, тарировочный лабораторный журнал, тетрадь для записей бюкс, журнал испытаний.

Для определения плотности частиц ρ_s грунта нужно определить массу сухих частиц грунта и объем, который занимают сухие частицы; плотность частиц определяется как отношение массы сухих частиц к их объему.

Указания к выполнению работы

Определение массы сухих частиц

Массу сухих частиц определяют пересчетом через массу воздушно-сухого грунта и влажность грунта по формуле $m_s = m_{sp} / (1 + w)$.

1. Подготовленную пробу размолотого и просеянного воздушно-сухого грунта массой 15 г поместить в сухой пикнометр, взвесить; записать в журнал испытаний массу пикнометра с воздушно-сухим грунтом m_1 и массу пикнометра m_0 (из тарировочного журнала).
2. Отобрать навеску для определения влажности воздушно-сухого грунта массой не менее 15 г, поместить в стаканчик, взвесить, записать в журнал испытаний (задание 3 опыт 1) массу воздушно-сухого грунта в стаканчике m_1 , и массу пустого стаканчика m (из тарировочного журнала).
3. Стаканчик поставить в сушильный шкаф, записи определения влажности продублировать в общей тетради для записей бюкс (стаканчиков).

4. Высушивание производится в течение суток, записи о высушенном грунте делаются лаборантами в тетради записей бюкс.
5. После высушивания взять из тетради массу высушенного грунта в бюксе, перенести в журнал испытаний задания 3, определить влажность грунта w .
6. Массу высушенного грунта определить по формуле $m_s (m_1 - m_0) / (1 + w)$.

Определение объема, занимаемого сухими частицами

Определение объема производится расчетом через массу пикнометра, заполненного чистой водой, и массу пикнометра с грунтом и водой по закону Архимеда.

1. Навеску воздушно-сухого грунта массой 15 г всыпать в сухой пикнометр и записать в журнал массу m_1 .
2. Пикнометр с навеской воздушно-сухого грунта заполнить дисциллированной водой до риски, нанесенной на горлышке пикнометра, подправив положение мениска с помощью фильтровальной бумаги, взвесить и записать в журнал массу m_2 .
3. Массу пикнометра с чистой водой в том же объеме выбрать в тарировочном журнале и записать m_3 .
4. Плотность частиц грунта определить по формуле $\rho_s = m_s \rho_w / (m_2 + m_1 - m_3)$.

ЗАДАНИЕ 2. Определение плотности грунта методом режущего кольца (ГОСТ 5180-84).

Метод применяется для пластичных грунтов, легко поддающихся вырезке, а также для песчаных грунтов.

Оборудование и материалы: режущее кольцо, нож, две стеклянные пластинки, весы, тарировочный журнал, журнал испытаний.

Плотность грунта ρ определяется как отношение массы к объему выделенного объема грунта. Исследуются образцы грунта ненарушенного сложения в природном состоянии.

Указания к выполнению работы

Определение массы и объема грунта

1. На зачищенную поверхность подготовленного монолита грунта поставить кольцо острым режущим краем, надавливая рукой, вырезать столбик грунта, зачистить поверхность кольца и срезы, на срезы положить стеклянные пластинки.
2. Монолит с кольцом и пластинками взвесить и записать в журнал испытаний массу m , а также высоту кольца h , диаметр кольца d , массу кольца m_1 , массу стеклянных пластинок m_2 .
3. Вычислить объем грунта в кольце V и определить плотность грунта по формуле $\rho = (m - m_1 - m_2) / V$.

ЗАДАНИЕ 3. Определение влажности грунта (ГОСТ 5180-84).

Оборудование и материалы: сушильный шкаф, технические весы, алюминиевые стаканчики с крышками (бюксы), тарировочный журнал, тетрадь для записей бюкс, журнал испытаний.

Естественная влажность грунта w — это влажность в условиях естественного залегания, она определяется на образцах грунта природной ненарушенной структуры. Влажность есть отношение массы воды к массе сухих частиц.

Определение массы сухих частиц и массы воды

Указания к выполнению работы

1. В стаканчик поместить не менее 15 г грунта естественной влажности, взвесить, записать в журнал массу m_1 , массу пустого стаканчика m выписать из тарировочного журнала, поставить стаканчик в сушильный шкаф, записи продублировать в тетради для записи бюкс.
2. После высушивания выписать в журнал из тетради для бюкс массу высушенного грунта m_0 .
3. Влажность грунта определить по формуле $w = (m_1 - m_0) / (m_0 - m)$.

ЗАДАНИЕ 4. Определение пределов пластичности глинистых грунтов (ГОСТ 5180-84).

Пределы пластичности глинистого грунта — это граничные влажности: на границе текучести w_L и на границе пластичности (раскатывания) w_p . Характеристики определяются аналогично природной влажности, но грунт предварительно доводится до соответствующего состояния.

Определение влажности на границе текучести

Граница текучести характеризуется влажностью грунтовой пасты, изготовленной из грунта и воды, при которой балансирующий конус погружается в нее под действием собственного веса за 5 секунд на глубину 10 мм. Балансирующий конус состоит из подставки, стаканчика и полированного стального конуса с балансирующим устройством.

Оборудование и материалы: балансирующий конус, фарфоровая чашка, шпатель, алюминиевый стаканчик (бюкса), технические весы, сушильный шкаф, секундомер, тарировочный журнал, тетрадь записей бюкс.

Указания к выполнению работы

1. Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешать шпателем и уложить небольшими порциями в стаканчик балансирующего конуса, загладить поверхность шпателем вровень с краями стаканчика.
2. Поднести к поверхности пасты конус и опустить, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса в течение 5 секунд. Если конус погружается в грунтовую пасту на глубину менее 10 мм, это служит показателем того, что влажность ее ниже границы текучести. В пасту добавить немного воды, тщательно перемешать и опыт повторить. Погружение конуса более 10 мм за 5 секунд указывает на избыток воды в грунтовой пасте. В этом случае пасту подсушить и опыт повторить. Конус должен погружаться на 10 мм за 5 сек.
3. Отобрать из исследуемой пасты пробу массой не менее 15 г и определить влажность по методике, изложенной в задании 3.

Определение влажности на границе пластичности (раскатывания)

Границу раскатывания определяют как влажность, при которой грунтовая паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на отдельные кусочки длиной 3 – 10 мм.

Оборудование и материалы: алюминиевый стаканчик (бюкса), технические весы, сушильный шкаф, стеклянная пластинка, тарировочный журнал, тетрадь записей бюкс.

Указания к выполнению работы

1. Из подготовленной грунтовой массы скатать шарик диаметром 1 см и раскатать ладонью на стеклянной пластинке до образования жгута диаметром 3 мм. Если при этой толщине грунт сохраняет связность и пластичность, опыт повторить. Раскатывание продолжать до тех пор, пока жгут не начнет делиться поперечными трещинами на кусочки длиной 3 – 10 мм.
2. Отобрать пробу массой не менее 15 г, поместить в стаканчик (бюксу), далее определить влажность по методике, изложенной в задании 3.

ЗАДАНИЕ 5. Вычисление дополнительных физических характеристик грунта.

Дополнительные характеристики используются в расчетах оснований и для классификации грунтов. Расчетные формулы приведены в таблице 2 и в журнале лабораторных работ.

ЗАДАНИЕ 6. Определение наименования глинистого грунта.

Наименование грунтов дается по ГОСТ 25100-95 (см. раздел 1.3 "Классификация грунтов").

По результатам лабораторной работы определить разновидность глинистого грунта по числу пластичности I_p и по показателю текучести I_L .

Пример наименования грунта: суглинок тугопластичный.

Лабораторная работа 2. Определение наименования песчаного грунта по результатам изучения его физических характеристик.

ЗАДАНИЕ 1. Определение гранулометрического состава грунта (ГОСТ 12536-79).

Оборудование и материалы: технические весы, набор стандартных сит с отверстиями диаметром 10; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1; фарфоровая ступка и пестик с резиновым наконечником, сушильный шкаф, кисточка.

Указания к выполнению работы

1. Сита смонтировать в колонку, размещая их с поддона в порядке увеличения размера отверстий. На верхнее сито надеть крышку.
2. Для анализа подготавливается проба грунта: для грунтов, не содержащих частиц размером более 2 мм, – 100 г; для грунтов, содержащих до 10% частиц размером более 2 мм – не менее 500 г; для грунтов, содержащих от 10 до 30% частиц размером более 2 мм – 1000 г; для грунтов, содержащих свыше 30% частиц размером более 2 мм – не менее 2000 г.
3. Отобранную пробу грунта растереть в ступке и взвесить. Грунт просеять через набор сит. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, последовательно высыпать в ступку, растирать пестиком, после чего просеять на этих же ситах.
4. Определить массу каждой фракции, задержавшейся на ситах и прошедшей в поддон, с точностью до 0,01 г. При этом необходимо, чтобы общая масса всех фракций была равна массе первоначальной пробы грунта, взятой на анализ. При расхождении масс более чем на 1% анализ повторить, потери грунта при просеивании разнести по всем фракциям пропорционально их массе.
5. Результаты анализа занести в журнал, вычислить содержание фракций по массе в процентах.

6. Для определения типа грунта последовательно суммировать процентное содержание частиц исследуемого грунта: сначала крупнее 10 мм, затем крупнее 2 мм, 1 мм и т.д. Тип грунта определяется по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в ГОСТ (приложение).

ЗАДАНИЕ 2. Определение степени неоднородности гранулометрического состава грунта C_u .

Указания к выполнению работы

1. Результаты анализа пересчитать по совокупности фракций, суммируя проценты в таблице журнала испытаний.
2. Построить интегральную кривую гранулометрического состава грунта, откладывая на оси абсцисс диаметры частиц, на оси ординат соответствующее процентное содержание фракций меньше определенного диаметра; точки соединить плавной или ломаной линией.
3. По интегральной кривой определить диаметр частиц, соответствующих 10% содержания частиц по массе – d_{10} , и диаметр частиц, соответствующий 60% частиц по массе – d_{60} . Степень неоднородности гранулометрического состава определить по формуле $C_u = d_{60}/d_{10}$.

ЗАДАНИЕ 3. Вычисление дополнительных физических характеристик грунта.

Дополнительные физические характеристики – плотность сухого грунта ρ_d , коэффициент пористости e , коэффициент водонасыщения S_r и степень неоднородности гранулометрического состава C_u вычислить по формулам, приведенным в журнале испытаний. Основные характеристики грунта: плотность ρ , плотность частиц ρ_s , природная весовая влажность w для расчетов задаются. Методика их получения аналогична методике для глинистых грунтов.

ЗАДАНИЕ 4. Определение наименования песчаного грунта.

Наименование песчаного грунта дается по ГОСТ 25100-95 [4] по разновидности. По данным, полученным в лабораторной работе, определить наименование грунта по гранулометрическому составу и степени неоднородности гранулометрического состава C_u , по плотности сложения по коэффициенту пористости e , по коэффициенту водонасыщения S_r .

Пример наименования песчаных грунтов: песок крупный, неоднородный, средней плотности, насыщенный водой.

2. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ

К физико-механическим свойствам грунтов относятся: водопроницаемость, сжимаемость, сопротивление сдвигу.

В результате наблюдений и экспериментальных исследований в грунтоведении были установлены основные зависимости в поведении грунтов, описывающие физическое состояние грунтов в массивах или в основании сооружений. Эти зависимости положены в основу многих сложных расчетов современной механики грунтов.

2.1. Водопроницаемость грунтов

При сжатии грунтов происходит выдавливание воды из пор грунта. Движение воды в грунте описывается законом ламинарной фильтрации (закон Дарси). Характеристикой водопроницаемости грунтов является коэффициент фильтрации. Теория ламинарной фильтрации и методы определения коэффициента фильтрации рассматриваются в курсе инженерной геологии.

2.2. Сжимаемость грунтов

Грунт, представляющий собой многокомпонентную систему, имеет свойство уплотняться под нагрузкой. Уплотнение грунтов происходит вследствие уменьшения объема пор и выдавливания поровой воды. Об уплотнении грун-

тов говорят в том случае, когда их внутренняя структура не нарушается. Несвязные грунты обладают относительно малой сжимаемостью вследствие жестких контактов между частицами, а глинистые грунты могут быть существенно сжимаемыми.

Грунты, имеющие в составе связанную воду, способны сжиматься при загрузке в течение десятков лет, происходит это из-за постепенного разрушения водно-коллоидных связей в грунте и выдавливания освободившейся воды, таким образом происходит уплотнение грунтов. Экспериментально установлено, что процессы уплотнения протекают в пределах определенного диапазона нагрузок ($p < p_{кр}$), где $p_{кр}$ – критическая нагрузка. Когда нагрузки на грунт превышают критические, характер процессов, протекающих в грунте, изменяется, появляются и постепенно разрастаются области, в которых разрушаются контакты между частицами, нарушается структура грунта и уменьшается прочность скелета. Дальнейшее нарастание этих явлений, связанных с увеличением внешних нагрузок, приводит к разрушению грунтов.

Для расчетов рассматриваемые явления и свойства грунта упрощаются и схематизируются и создаются расчетные схемы (модели) грунта различной точности и сложности.

Для описания процессов сжатия грунта в теории механики грунтов широко используется известная из теории механики сплошной среды модель сплошной линейно-деформируемой среды. Эту модель рассматривает учебный курс «Сопротивление материалов». Основные свойства модели: сплошность, однородность, изотропность и линейная деформируемость. Однако следует учитывать, что если эта модель применяется для грунтов, необходимо, чтобы нагрузка на основание не превышала $p_{кр}$, так как только в области небольших нагрузок поведение грунта можно описать указанными свойствами модели. Модель применяется с допущениями, правомерность которых доказывается, в частности, лабораторными испытаниями грунтов. Описание методов полевых и лабораторных исследований грунтов приведены в литературе [1, 2, 3].

Свойство линейной деформируемости среды для грунтов в условиях одноосного сжатия описывается законом Гука $\sigma = \varepsilon E$, где σ – напряжения, ε – относительные деформации, вызванные этими напряжениями, E – коэффициент пропорциональности, называемый в теории механики сплошной среды модулем упругости. Для грунтов аналогичная характеристика получила название модуля деформации E .

Напряженно-деформированное состояние грунтов в случае трехмерного сжатия описывается обобщенным законом Гука:

$$\varepsilon_x = (1/E) [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)];$$

$$\varepsilon_y = (1/E) [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)];$$

$$\varepsilon_z = (1/E) [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)],$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – составляющие нормальных напряжений в рассматриваемой точке массива; $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$ – составляющие линейных деформаций; ν – коэффициент Пуассона.

При компрессионном сжатии, когда по условиям сжатия в грунте нет возможности бокового расширения, формулировка закона Гука упрощается:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0,$$

$$\sigma_x = \sigma_y = \xi \sigma_z = \xi \sigma,$$

где $\xi = \nu/(1 - \nu)$ – коэффициент бокового давления, а закон Гука имеет вид

$$\varepsilon_z = (\sigma/E) [1 - 2\nu^2/(1 - \nu)]$$

$$\text{или } \varepsilon_z = (\sigma/E) \beta,$$

где $\beta = 1 - 2\nu^2/(1 - \nu)$ – коэффициент учета бокового расширения.

Параметры E, ν, ξ являются количественными характеристиками деформируемости грунта и определяются экспериментально различными методами в полевых и лабораторных испытаниях. Описания различных методов исследования грунтов приводятся в литературе. В данном лабораторном практикуме используются методы исследования грунтов при компрессионном сжатии в одометре и трехосном сжатии в стабилометре.

2.3. Исследование свойств сжимаемости грунтов

Лабораторная работа 3. Определение показателей сжимаемости (деформируемости) глинистого грунта способом компрессии в одометре (ГОСТ 12248-96 «Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости»).

Показатели сжимаемости грунта (деформационные характеристики) используются в расчетах деформаций грунтовых массивов. Деформационные характеристики устанавливают связь между напряжениями и деформациями в

основании при сжатии. Схема испытаний грунта в одометре соответствует сжатию грунта без возможности бокового расширения – компрессионному сжатию. Разрушение грунта при такой схеме испытаний невозможно.

В одометре (рис.2) образец грунта ненарушенной структуры I

помещают в жесткую обойму (металлическое кольцо) 2, сверху устанавливают перфорированный поршень 3. Для отвода отжимаемой воды в поршне и базе прибора имеются фильтры 4. К поршню прикладывают вертикальное сжимающее напряжение $\sigma = N/A$, где N – вертикальная сосредоточенная нагрузка, A – площадь поршня.

Грунт под действием напряжения σ сжимается только в вертикальном направлении, поршень получает вертикальное перемещение S . Боковое расширение грунта невозможно.

Такая схема испытания грунта наиболее соответствует натурным условиям сжатия слоя грунта небольшой мощности, подстилаемым несжимаемым основанием, при равномерном загрузении по большой площади. Еще больше соответствует компрессионной схеме деформирования сжатие однородного слоя

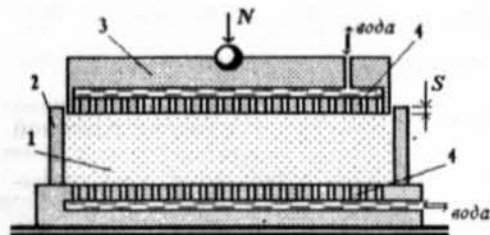


Рис. 2. Схема компрессионного прибора одометра

грунта с горизонтальной поверхностью большой протяженности под действием собственного веса. Во всех остальных случаях перенос результатов компрессионных испытаний на натурные условия требует соответствующих обоснований.

При испытаниях на образец прикладывают увеличивающуюся ступенями вертикальную нагрузку N , создавая тем самым соответствующие напряжения σ . После загрузки образца в грунте начинается процесс консолидации. Под консолидацией понимают уплотнение грунта, связанное с уменьшением объема пор и выдавливанием поровой воды.

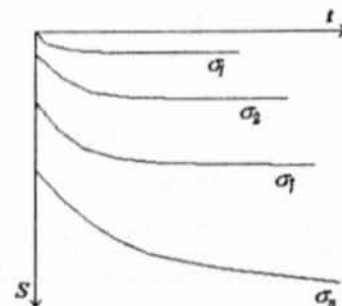


Рис. 3. Кривые консолидации

Дождавшись полного затухания деформаций на каждой ступени нагрузки (рис. 3), замеряют вертикальные перемещения штампа S_i . Далее устанавливают зависимость между напряжениями σ и относительным сжатием образца грунта $\varepsilon = S/h$, где h – первоначальная высота образца. Исходя из допущения, что сжатие происходит только за счет уменьшения объема пор грунта, зависимость $\varepsilon = f(\sigma)$ представляют в виде $e = f(\sigma)$, где e – коэффициент пористости. Зная начальный коэффициент пористости e_0 , каждое последующее его значение, соответствующее новому напряжению σ_i , определяют по формуле $e_i = e_0 - \Delta e_i$, где $\Delta e_i = \Delta V_v / V_v$. Так как боковое расширение грунта в приборе невозможно, изменение его объема зависит от величины перемещения S_i : $V_v = S_i A$, а объем твердых частиц остается постоянным $V_s = Ahm = Ah/(1 + e_0)$, где $m = 1/(1 + e_0)$ – объем твердых частиц в единице объема грунта. Отсюда $e_i = e_0 - \varepsilon(1 + e_0)$. Таким образом, находят соответствие между напряжениями σ_i и коэффициентами пористости e_i . Используя эту зависимость, данные лабораторных компрессионных испытаний представляют в виде графика компрессионной кривой (рис. 4).

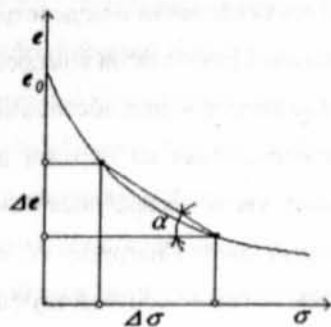


Рис. 4. Компрессионная кривая

Для получения деформационных характеристик грунта задаются интервалом напряжений $\Delta\sigma$, и по компрессионной кривой определяют соответствующее изменение коэффициента пористости Δe . Коэффициент сжимаемости $a = \Delta e / \Delta\sigma$ на кривой соответствует тангенсу угла наклона α секущей к кривой в заданном интервале напряжений $\Delta\sigma$.

Для перехода к стандартной деформационной характеристике модулю деформации E используется экспериментально полученная зависимость $E = m_k \beta (1 + e_0) / a$, где m_k и β – корректирующие коэффициенты компрессионных испытаний, приведенные в журнале лабораторных работ.

Испытание грунтов в одометре (ГОСТ 12248-96)

Оборудование и материалы: компрессионная установка – одометр Н.Н. Маслова, индикатор часового типа, секундомер, образец глинистого грунта ненарушенной структуры, тарифовочный журнал, журнал испытаний.

Указания к выполнению работы

1. В рабочее кольцо прибора поместить образец грунта природного сложения и влажности. Перед компрессионными испытаниями необходимо определить плотность грунта ρ , плотность частиц ρ_s и природную влажность w и вычислить коэффициент пористости e_0 , а также требуется определить наименование грунта. Так как в учебных лабораторных работах исследуются образцы одного грунта, эти сведения нужно взять из лабораторной работы 1.

2. При выполнении учебной лабораторной работы принять ступени вертикальных напряжений 0,05; 0,1; 0,2 и 0,4 МПа. Время выдержки под каждой ступенью нагрузки условно принять 8 минут. Загружая подвеску рычага соответствующими гирями, одновременно пустить секундомер и фиксировать в журнале лабораторных работ отсчеты по индикатору S , через 0,25; 0,5; 1; 3; 4 и 8 минут.
3. Из тарифовочного журнала выбрать вертикальные перемещения прибора S_n и подсчитать вертикальные перемещения образца $S = S_r - S_n$.
4. Для вычисления параметров компрессионной кривой из журнала испытаний сделать выборку условно стабилизированных вертикальных перемещений образца S при соответствующих напряжениях σ , посчитать значения относительных перемещений ϵ , приращения коэффициентов пористости Δe и значения коэффициентов пористости e .
5. По результатам расчетов построить графики кривых консолидации и компрессионную кривую (рис. 3,4).
6. В границах заданного интервала изменения напряжений $\Delta\sigma$ определить по компрессионной кривой значения коэффициентов пористости Δe , вычислить коэффициент сжимаемости a и модуль деформации E .
7. По результатам испытаний дать заключение о степени сжимаемости грунта (табл. 3).

Таблица 3

Значение модуля деформации E , МПа	Степень сжимаемости грунта
< 5	сильносжимаемый
$5 \leq E \leq 20$	среднесжимаемый
$E > 20$	малосжимаемый

Лабораторная работа 4. Определение показателей сжимаемости песчаного грунта при трехосном сжатии в стабиометре.

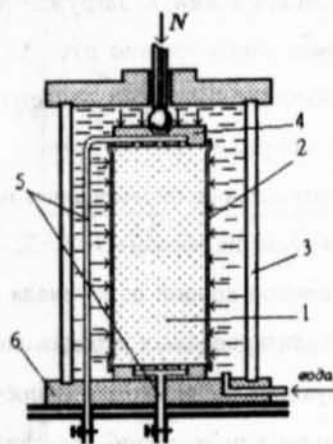


Рис. 5. Схема стабиометра

Боковое давление, передаваемое при сжатии образца на воду, равно горизонтальному напряжению в образце и может быть зафиксировано манометром. Вертикальные перемещения образца фиксируются индикаторами. Схема испытаний создает условия компрессионного сжатия грунта, при этом вертикальные σ_1 и горизонтальные напряжения $\sigma_2 = \sigma_3$ в образце соответствуют напряжениям по главным площадкам (рис. 6), так как трение по боковой поверхности образца практически отсутствует. Возникающие касательные напряжения по верхним и нижним срезам образца не учитывают, для уменьшения погрешности образец делают большой высоты.

При испытаниях на образец грунта последовательно прикладывают вертикальную нагрузку, увеличивающуюся ступенями. На каждой ступени грунт выдерживают до условной стабилизации деформации, фиксируют вертикальные σ_1 , горизонтальные $\sigma_2 = \sigma_3$ напряжения и вертикальное перемещение образца S , вычисляют относительную вертикальную деформацию $\varepsilon = S/h$.

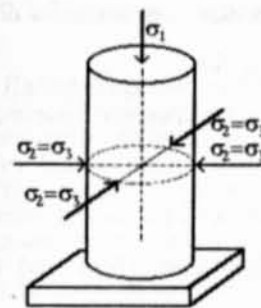


Рис. 6. Схема трехосного сжатия в стабиометре

По данным испытаний строят графики зависимости σ_1 и ε , а также σ_1 и σ_3 (рис. 7). Выбрав на поле графика нужный диапазон изменения вертикальных напряжений σ_1^1, σ_1^2 , определяют по графику соответствующие значения $\sigma_2^1 = \sigma_3^1, \sigma_2^2 = \sigma_3^2$ и ε_1^1 и ε_1^2 , по которым вычисляют значения модуля деформации $E = \beta(\sigma_1^2 - \sigma_1^1)/(\varepsilon_1^2 - \varepsilon_1^1)$, коэффициента бокового давления $\xi = (\sigma_3^2 - \sigma_3^1)/(\sigma_1^2 - \sigma_1^1)$ и коэффициента боковой деформации (Пуассона) $\nu = \xi/(1 - \xi)$.

Испытание грунтов методом трехосного сжатия в стабиометре

Приборы и материалы: стабиометр конструкции Е.И. Медкова, образец песчаного грунта, журнал испытаний, тарифовочный журнал.

Указания к выполнению работы

1. В лабораторной работе испытывается образец песчаного грунта, который исследовался во 2 лабораторной работе.

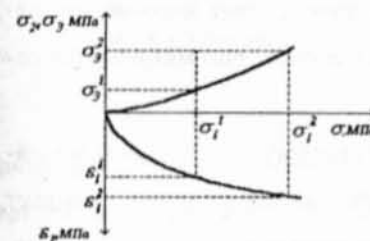


Рис. 7. Графики зависимости напряжений и деформаций

2. На загрузочную рамку прибора поместить груз массой 2 кг, что соответствует вертикальным давлениям 0,1 МПа, выдержать до стабилизации (4 минуты), снять показания двух индикаторов (S_v и S_n) и показания манометра ($\sigma_2 = \sigma_3$).
3. Опыт повторить при давлениях 0,2; 0,3 и 0,4 МПа, что соответствует массам грузов на рычаге 4, 6 и 8 кг.

4. По результатам испытаний определить абсолютные перемещения образца $S = (S_s + S_n)/2$ и вертикальные деформации $\varepsilon = S/h$.
5. Построить графики зависимости $\sigma_1 - \sigma_3$ и $\sigma_1 - \varepsilon$. На графике отметить указанный преподавателем диапазон вертикальных напряжений σ_1' , σ_1'' ; определить по методике, изложенной выше, коэффициенты бокового давления ξ и боковой деформации (коэффициент Пуассона) ν , модуль деформации E .
6. Сделать вывод о сжимаемости грунта (табл. 3).

2.4. Сопротивление грунтов сдвигу

Нарушение прочности грунтов представляет собой отрыв и смещение части массива грунта по некоторой поверхности, называемой *поверхностью скольжения*. Выделяют несколько схем разрушения основания, например: выпор грунта из-под фундамента, отрыв части массива грунта, сдвиг массива, смещение конструкций. При расчете оснований в таких случаях рассматривается состояние предельного равновесия.

Под *предельным равновесием* понимается состояние, при котором малейшее увеличение нагрузки или малейшее ухудшение качества грунта вызывает начало разрушения грунта. Условие предельного равновесия описывается законом Кулона $\tau_{np} = \sigma \tan \varphi + c$, где σ , τ_{np} — соответственно нормальные и касательные напряжения на площадке, касательной к поверхности разрушения; φ — угол внутреннего трения, c — удельное сцепление. Угол внутреннего трения и удельное сцепление называются *прочностными характеристиками* грунта. Эти характеристики определяются экспериментально различными методами в полевых и лабораторных испытаниях. Описание методов исследования грунтов приведено в литературе [1, 2, 3]. В данном лабораторном практикуме используется метод прямого среза образца грунта ненарушенной структуры при *консолидированном сдвиге*, когда грунт до начала испытания уплотняется.

2.5. Исследование сопротивления грунтов сдвигу

Лабораторная работа 5. Определение показателей сопротивления глинистого грунта сдвигу методом прямого среза образца (ГОСТ 12248-96).

Показатели сопротивления грунтов сдвигу — угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c , в лаборатории механики грунтов определяются в срезном приборе Маслова-Лурье (модель ГТП-30). Для испытаний используют образцы глинистого грунта ненарушенной структуры, испытывавшиеся в лабораторной работе 1.

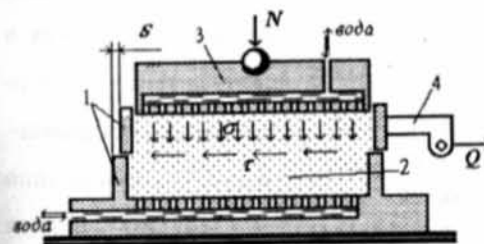


Рис. 8. Схема срезного прибора

торной работе 1.

В камеру срезного прибора (рис. 8), состоящую из двух металлических обойм 1, помещают образец грунта ненарушенной структуры 2. К поршню 3 прикладывают вертикальную нагрузку и выдерживают образец до уплотнения. Затем к верхней обойме

прикладывают горизонтальную нагрузку ступенями, составляющими 0,05 от вертикальной нагрузки, с интервалом времени, необходимым для затухания горизонтальных смещений δ . Горизонтальные смещения контролируются индикатором. Загрузку продолжают до среза образца. По значениям вертикальных и горизонтальных нагрузок в момент среза определяют нормальные напряжения σ и касательные τ_{np} .

Для получения достоверных результатов проводят серию испытаний при разных вертикальных нагрузках. Прочностные характеристики грунта φ и c определяют статистической обработкой значений нормальных и предельных касательных напряжений, полученных: при срезе всех образцов. Формулы для статистической обработки данных лабораторных испытаний приведены в [2] и в журнале лабораторных работ.

Оборудование и материалы: срезной прибор Маслова-Лурье, образцы предварительно уплотненного глинистого грунта ненарушенной структуры, тарировочный журнал, журнал испытаний.

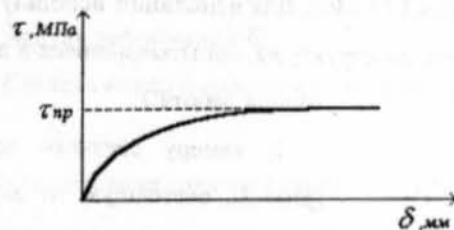


Рис. 9. График относительного смещения двух частей образца

давлениях (0,1; 0,2; 0,3 МПа).

Указания к выполнению работы

1. Подготовить несколько образцов грунта в уплотнителе, выдерживая их до стабилизации деформации сжатия при разных

2. Образец грунта поместить в камеру срезного прибора. С помощью устройства вертикального нагружения создать давление, равное давлению уплотнения.
3. Приложить горизонтальную силу, составляющую 0,05 от вертикальной. Выдержать до затухания горизонтальных смещений, когда скорость приращения их не превышает 0,01 мм/мин. Показания индикатора занести в журнал.
4. Увеличивать горизонтальную силу ступенями, фиксируя показания индикатора.
5. Испытание данного образца считается законченным, если при приложении очередной горизонтальной нагрузки происходит мгновенный срез одной части образца по отношению к другой или общее относительное горизонтальное смещение частей образца превысит 5 мм. Горизонтальная нагрузка при срезе учитывается как предельная.

6. По полученным результатам построить график зависимости τ и δ , отметив на графике предельное касательное напряжение $\tau_{пр}$, соответствующее срезу образца (рис. 9).
7. Испытания повторить для других подготовленных образцов.
8. По результатам испытаний с помощью формул, приведенных в журнале, получить значения угла внутреннего трения φ и удельного сцепления c .
9. Построить график сдвига (рис. 10).

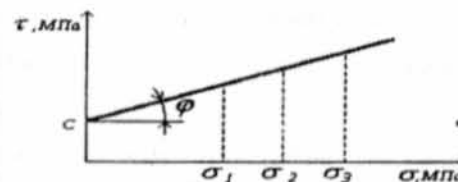


Рис.10. График сдвига

1. Механика грунтов. В 2 ч. Ч. 2. Основы геотехники / Под ред. Б.И. Далматова – М. – СПб. 2000.
2. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика / Под. ред. Е.А. Сорочана. – М.: Стройиздат, 1985.
3. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: Учебное пособие / Под ред. Б.И. Далматова – М. – СПб. 2001.
4. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация. – М.: Изд-во стандартов 1995.
5. Строительные нормы и правила. Основания зданий и сооружений / Госстрой России. СНиП 2.02.01-83* – М.: ГУП ЦПП, 2002.

Классификация природных дисперсных грунтов

ГОСТ 25100-95

Классификация крупнообломочных грунтов

Класс дисперсные*Группа* несвязные*Подгруппа* осадочные*Тип* минеральные: силикатные, карбонатные, полиминеральные*Вид* крупнообломочные грунты

Разновидности выделяются по гранулометрическому составу, коэффициенту водонасыщения, коэффициенту выветрелости, коэффициенту истираемости, степени засоленности, относительной деформации пучения, температуре

Разновидности крупнообломочных грунтов по гранулометрическому составу

Разновидность	Размер зерен, частиц, мм	Содержание зерен, частиц, % по массе
Валунный (при преобладании неокатанных частиц – глыбовый)	Свыше 200	Свыше 50
Галечниковый (при неокатанных гранях – щебенистый)	» 10	» 50
Гравийный (при неокатанных гранях – дресвяный)	» 2	» 50

По степени неоднородности гранулометрического состава– однородный грунт $C_u \leq 3$ – неоднородный грунт $C_u > 3$

Примечание – При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40% или глинистого заполнителя более 30% общей массы воздушно-сухого грунта в наименование крупнообломочного грунта добавляется наименование вида заполнителя и указывается характеристика его состояния. Вид заполнителя устанавливается после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм.

Классификация песчаных грунтов

Класс дисперсные

Группа несвязные

Подгруппа осадочные

Тип минеральные: силикатные, карбонатные, полиминеральные

Вид пески

Разновидности выделяются по гранулометрическому составу, степени неоднородности гранулометрического состава, коэффициенту водонасыщения, коэффициенту пористости, относительному содержанию органического вещества степени засоленности, относительной деформации пучения, температуре

Разновидности песков по гранулометрическому составу

Разновидность	Размер частиц, d , мм	Содержание частиц, % по массе
Гравелистый	Свыше 2	Свыше 25
Крупный	» 0,50	» 50
Средней крупности	» 0,25	» 50
Мелкий	» 0,10	75 и свыше
Пылеватый	» 0,10	Менее 75

По степени неоднородности гранулометрического состава

– однородный грунт $C_u \leq 3$

– неоднородный грунт $C_u > 3$

По коэффициенту водонасыщения S_r

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

По коэффициенту пористости e

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

Классификация глинистых грунтов

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

Группа связные

Подгруппа осадочные

Тип минеральные: силикатные, карбонатные, железистые, полиминеральные

Вид глинистые грунты

Разновидности выделяются по: числу пластичности и показателю текучести, относительному содержанию органического вещества, степени засоленности, относительной деформации пучения, температуре

Разновидности глинистых грунтов по числу пластичности I_p

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

Разновидности глинистых грунтов по показателю текучести I_L

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