

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 01.10.2026 10:32:54
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра «Строительное производство»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
на выполнение курсовой работы по дисциплине
«МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ»

для обучающихся по специальности
08.05.02 «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое
прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», специализация
«Строительство (реконструкция), эксплуатация и техническое прикрытие
автомобильных дорог»

очной формы обучения

Составитель
М.А. Степанов
кандидат технических наук

Тюмень
ТИУ
2022

Методические указания на выполнение курсовой работы по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты»: методические указания для обучающихся по специальности 08.05.02 «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», специализации №4 «Строительство (реконструкция), эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог» очной формы обучения / сост. М.А. Степанов; Тюменский индустриальный университет - Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2022 - 42 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Строительное производство»

Аннотация

Методические указания разработаны на основании рабочей программы ФГБОУ ВО ТИУ по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» для обучающихся по специальности 08.05.02 «Строительство, эксплуатация, восстановление и техническое прикрытие автомобильных дорог, мостов и тоннелей», специализации «Строительство (реконструкция), эксплуатация и техническое прикрытие автомобильных дорог» очной формы обучения.

Указания состоят из подробного объяснения проведения лабораторных работ.

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЩАЯ ЧАСТЬ	4
ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	7
ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА	7
КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУНТАХ.....	11
ОТБОР ОБРАЗЦОВ ГРУНТА.....	12
ХРАНЕНИЕ ОБРАЗЦОВ.....	13
ВИЗУАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ГРУНТА	14
Лабораторная работа №1	17
"Определение гранулометрического (зернового) состава песчаных грунтов ситовым методом "	17
Лабораторная работа №2	23
"Определение максимальной плотности"	23
Лабораторная работа №3	29
"Определение коэффициента фильтрации песчаного грунта"	29
Лабораторная работа №4	36
"Определение угла естественного откоса песчаных грунтов"	36
ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ	39
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	41
Библиотечно-издательский комплекс	42
Типография библиотечно-издательского комплекса.....	42

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Целью данного методического указания является самостоятельное выполнение студентами курсовой работы на тему «Определение физико-механических характеристик грунта» по результатам проведенных лабораторных работ.

Целью лабораторных работ является ознакомление студентов с методикой исследования физико-механических свойств грунтов, необходимых при проектировании фундаментов зданий и сооружений различного назначения, автомобильных дорог, подземных сооружений.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студентов основы для следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-3 Способен принимать решения профессиональной деятельности на основе знания нормативно-правовой базы, теоретических основ и опыта транспортного строительства	ОПК-3.1 Оценивает инженерно-геологические условия строительства, выбирает мероприятия по устранению неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений	Знать (З1): особенности инженерно-геологических условий строительства, разновидности инженерно-геологических процессов и явлений
		Уметь (У1): проводить оценку инженерно-геологических условий строительства
		Владеть (В1): навыками выбора мероприятий по устранению неблагоприятных инженерно-геологических процессов и явлений
	ОПК-3.2 Выбирает метод или методики решения задачи профессиональной деятельности на основе нормативно-технической документации и знания проблем отрасли и опыта их решения	Знать (З2): нормативно-техническую документацию в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Уметь (У2): использовать нормативно-техническую документацию в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Владеть (В2): методами или методиками решения задач в области механики грунтов, оснований и фундаментов
	ОПК-3.3 Составляет перечень ресурсов, необходимых для решения задач профессиональной деятельности	Знать (З3): перечень ресурсов, необходимых для решения задач в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Уметь (У3): использовать ресурсы, необходимые для решения задач в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Владеть (В3): навыками составления перечня ресурсов, необходимых для решения задач профессиональной деятельности в области механики грунтов, оснований и фундаментов
	ОПК-3.4 Оценивает физико-механические свойства грунтов для определения взаимодействия зданий, сооружений с грунтовой средой	Знать (З4): физико-механические свойства грунтов для учета взаимодействия зданий, сооружений с грунтовой средой
		Уметь (У4): проводить оценку физико-механических свойств грунтов для дальнейшего проведения анализа взаимодействия зданий, сооружений с грунтовой средой
		Владеть (В4): навыками оценки физико-механических свойств грунтов
	ОПК-3.5 Выбирает архитектурно-композиционные, объемно-планировочные и конструктивные решений зданий и сооружений	Знать (З5): конструктивные решения фундаментов зданий и сооружений
		Уметь (У5): выбирать конструктивные решения фундаментов зданий и сооружений
		Владеть (В5): навыками выбора конструктивных решений фундаментов зданий и сооружений

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
1	2	3
	ОПК-3.9 Выбирает нормативную и методическую документацию для решения задач профессиональной деятельности	Знать (З6): нормативную и методическую документацию для решения задач профессиональной деятельности в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Уметь (У6): выбрать нормативную и методическую документацию для решения задач профессиональной деятельности в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Владеть (В6): навыками выбора нормативной и методической документации для решения задач профессиональной деятельности в области механики грунтов, оснований и фундаментов
ОПК-4 Способен использовать, разрабатывать и совершенствовать нормативную и методическую базу строительства и эксплуатации транспортных сооружений	ОПК-4.1 Выбирает актуальную нормативную и методическую документацию, регламентирующую деятельность в профессиональной сфере	Знать (З7): актуальную нормативную и методическую документацию, регламентирующую деятельность в профессиональной сфере в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Уметь (У7): использовать актуальную нормативную и методическую документацию, регламентирующую деятельность в профессиональной сфере в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Владеть (В7): навыками выбора актуальной нормативной и методической документации, регламентирующей деятельность в профессиональной сфере в области механики грунтов, оснований и фундаментов
	ОПК-4.2 Представляет техническую документацию об объекте профессиональной деятельности	Знать (З8): общие требования к технической документации об объекте в сфере оснований и фундаментов
		Уметь (У8): анализировать техническую документацию в сфере оснований и фундаментов
		Владеть (В8): навыками анализа технической документации в сфере оснований и фундаментов
	ОПК-4.4 Разрабатывает проект методического документа в соответствии с актуализированными нормами	Знать (З9): основные требования к проектам методических документов в соответствии с актуализированными нормами
		Уметь (У9): проводить разработку методических документов в соответствии с актуализированными нормами в области механики грунтов, оснований и фундаментов
ОПК-5 Способен выполнять инженерные изыскания для строительства транспортных сооружений, включая геодезические, гидрометрические и инженерно-геологические работы	ПК-5.1 Определяет состав работ по инженерным изысканиям в соответствии с заданием	Владеть (В9): навыками разработки методических документов в соответствии с актуализированными нормами в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Знать (З10): состав работ по инженерным изысканиям для проектирования и расчета оснований и фундаментов
		Уметь (У10): определять состав работ по инженерным изысканиям в соответствии с заданием для проектирования и расчета оснований и фундаментов
	ОПК-5.2 Выбирает нормативную документацию,	Владеть (В10): навыками определения состава работ по инженерным изысканиям в соответствии с заданием для проектирования и расчета оснований и фундаментов
		Знать (З11): нормативную документацию, регламентирующую проведение и организацию инженерно-геологических изысканий в

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Код и наименование результата обучения по дисциплине
1	2	3
	регламентирующую проведение и организацию изысканий в строительстве	строительстве
		Уметь (У11): выбирать нормативную документацию, регламентирующую проведение и организацию инженерно-геологических изысканий в строительстве
		Владеть (В11): навыками выбора нормативной документации, регламентирующей проведение и организацию инженерно-геологических изысканий в строительстве
	ОПК-5.3 Определяет потребность в ресурсах и сроках проведения изыскательских работ	Знать (З12): требуемые ресурсы и сроки проведения испытания грунтов в рамках проведения инженерно-геологических изысканий
		Уметь (У12): определять требуемые ресурсы и сроки проведения испытания грунтов в рамках проведения инженерно-геологических изысканий
		Владеть (В12): навыками учета требуемых ресурсов и сроков проведения испытания грунтов в рамках проведения инженерно-геологических изысканий
	ОПК-5.7 Документирует результаты инженерных изысканий	Знать (З13): требования к документации результатов инженерно-геологических изысканий
		Уметь (У13): проводить документирование результатов инженерно-геологических изысканий
		Владеть (В13): навыками документирования результатов инженерно-геологических изысканий
	ОПК-5.8 Контролирует производство изыскательских работ на всех стадиях	Знать (З14): процесс производства работ в рамках проведения инженерно-геологических изысканий
		Уметь (У14): контролировать процесс производства работ в рамках проведения инженерно-геологических изысканий
		Владеть (В14): навыками контроля процесса производства работ в рамках проведения инженерно-геологических изысканий
	ОПК-5.9 Контролирует соблюдение охраны труда при инженерных изысканиях	Знать (З15): общие указания охраны труда при проведении инженерно-геологических изысканий
		Уметь (У15): контролировать общие указания охраны труда при проведении инженерно-геологических изысканий
		Владеть (В15): навыками контроля общих указаний охраны труда при проведении инженерно-геологических изысканий
ОПК-6 Способен выполнять проектирование и расчет транспортных сооружений в соответствии с требованиями нормативных документов	ОПК-6.2 Определяет нагрузки и воздействия на здания, сооружения и на их основе формирует расчётные схемы, анализирует их работу по восприятию внешних нагрузок	Знать (З16): нагрузки и воздействия на основания и фундаменты
		Уметь (У16): формировать расчётные схемы в области механики грунтов, оснований и фундаментов
		Владеть (В16): навыками анализа работы оснований и фундаментов при воздействии внешних нагрузок
	ОПК-6.5 Выполняет расчетное обоснование конструктивного решения сооружения транспортного назначения	Знать (З17): конструктивные решения оснований и фундаментов сооружений транспортного назначения
		Уметь (У17): проводить расчетное обоснование конструктивных решений оснований и фундаментов сооружений транспортного назначения
		Владеть (В17): навыками проведения расчетного обоснования конструктивных решений оснований и фундаментов сооружений транспортного назначения

ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем преподавателя. Академическая группа для выполнения работы разбивается на бригады, закрепленные за определенными лабораторными столами и отвечающими за сохранность конкретного лабораторного оборудования.

Приступая к лабораторной работе, каждый студент составляет конспект, в котором отражается:

- порядковый номер и название лабораторной работы;
- цель работы;
- основные понятия, формулы и определения;
- оборудование;
- порядок работы;
- обработка результатов;
- вывод.

По окончании лабораторной работы бригада приводит в порядок своё рабочее место и используемое оборудование.

Лабораторная работа заканчивается обработкой результатов (в том числе в графическом виде) и написанием вывода.

В конце занятия записи предъявляются преподавателю. В случае правильного выполнения работы и достоверности полученных результатов они засчитываются как выполненная работа, после чего студент допускается к ее защите.

На защите лабораторной работы студент должен знать основные понятия, формулы и определения, необходимое оборудование, порядок выполнения работы и обосновать полученные результаты.

При плохо организованной работе бригады и получении результатов, значительно отличающихся от среднестатистических, преподаватель оставляет за собой право требовать повторного проведения лабораторной работы.

Пропущенные студентами лабораторные работы должны быть отработаны в порядке, установленном кафедрой.

ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

1. Общие требования охраны труда

1.1. К проведению лабораторных работ допускаются студенты, изучившие данный параграф методического указания (соответствующая подпись в журнале инструктажа по технике безопасности, табл. А) и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.

1.2. Студенты должны соблюдать правила поведения, установленные режимы труда и отдыха.

1.3. При проведении лабораторных работ возможно воздействие на студентов следующих опасных и вредных производственных факторов:

- поражение электрическим током при работе с электроприборами;
- термические ожоги при нагревании жидкостей и различных физических тел;
- порезы рук при небрежном обращении с лабораторной посудой и приборами из стекла;

1.4. Аудитория должна быть укомплектована медаптечкой с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств в соответствии с правилами оказания первой помощи при травмах.

1.5. При проведении лабораторных работ студенты должны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения (огнетушитель пенный или порошковый).

1.6. О каждом несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить преподавателю. При обнаружении неисправности оборудования, приспособлений и инструмента прекратить работу и сообщить об этом преподавателю.

1.7. В процессе работы студенты должны соблюдать порядок проведения лабораторных работ, правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

1.8. Студенты, допустившие невыполнение или нарушение инструкции по охране труда, привлекаются к ответственности, с проведением внепланового инструктажа по охране труда.

2. *Требования охраны труда перед началом работы*

2.1. Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы.

2.2. Подготовить к работе рабочее место, убрать посторонние предметы. Приборы и оборудование разместить таким образом, чтобы исключить их падение и опрокидывание.

2.3. Проверить исправность оборудования, приборов, целостность лабораторной посуды и приборов из стекла.

3. *Требования охраны труда во время работы*

3.1. Точно выполнять все указания преподавателя при проведении лабораторной работы. Самостоятельно никаких работ не выполнять.

3.2. Во избежание ожогов нагретые физические тела незащищенными руками не брать.

3.3. Соблюдать осторожность при обращении с приборами из стекла и лабораторной посудой (не бросать, не ронять и не ударять).

3.4. Следить за исправностью всех креплений в приборах и приспособлениях. Не прикасаться и не наклоняться близко к вращающимся и движущимся частям машин и механизмов.

3.5. Не допускать предельных нагрузок измерительных приборов.

3.6. Не оставлять без надзора не выключенные электрические устройства и приборы.

4. *Требования охраны труда в аварийных ситуациях*

- 4.1. При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, находящихся под напряжением, повышенном их нагревании, появлении искрения, запаха, дыма, продуктов горения и т.д. немедленно отключить источник электропитания и сообщить об этом преподавателю.
- 4.2. В случае если разбилась лабораторная посуда или приборы из стекла, не собирать осколки незащищенными руками. Использовать для этой цели щетку и совок.
- 4.3. При получении травмы сообщить об этом преподавателю, оказать первую помощь пострадавшему. При необходимости отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.
5. ***Требования охраны труда по окончании работы***
 - 5.1. Отключить источник тока.
 - 5.2. Привести в порядок рабочее место, сдать преподавателю приборы, оборудование и материалы.

Инструктаж по охране труда

Дата проведения инструктажа	Фамилия, имя, отчество инструктируемого	Год рождения	Профессия, должность инструктируемого	Вид инструктажа (первичный, на рабочем месте, повторный, внеплановый)	Фамилия, имя, отчество инструктирующего	Подпись инструктирующего	Подпись инструктируемого
1	2	3	4	5	6	7	8
...	...	...	...	...	...	...	...

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ГРУНТАХ

В соответствии с ГОСТ 25100-2011 *грунтом* называют любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и как часть геологической среды, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Грунты являются основанием различных инженерных сооружений и средой для них. Они могут использоваться в качестве строительного материала при возведении земляных сооружений. При этом определяющими факторами являются:

- условия формирования грунта;
- состав грунта;
- наличие и характер структурных связей в грунте;
- наличие воды в порах грунта.

Грунты можно разделить на скальные, дисперсные и грунты особого состава.

Грунты скальные являются наиболее твердыми, прочными и устойчивыми.

Грунты дисперсные разделяются на связные (глинистые грунты) и несвязные (песчаные и крупнообломочные грунты) имеют наибольшее распространение. Именно этим типом грунтов почти повсеместно сложены верхние горизонты земной коры.

Грунты особого состава или состояния (почвенные, растительные, искусственные, засоленные и т.д.) обладают различными физико-механическими характеристиками и со строительной точки зрения не рекомендуются в качестве оснований. При инженерно-геологической оценке они требуют особого подхода и специальных методов исследования.

Физико-механические свойства дисперсных грунтов принято характеризовать соответствующими показателями (характеристиками).

1. Показатели, характеризующие состав грунта:

- гранулометрический состав грунта;
- минералогический состав;
- химический состав грунта.

2. Показатели, характеризующие свойства грунта:

а) физические свойства:

- плотность твердых частиц;
- плотность грунта в естественном залегании;
- плотность скелета грунта;
- пористость;
- коэффициент пористости;
- граница раскатывания (влажность на границе раскатывания);
- граница текучести (влажность на границе текучести);
- число пластичности;

б) водные свойства:

- водоустойчивость (размокание, набухание, усадка);
- влагоёмкость;
- капиллярность;
- водопроницаемость.

в) механические свойства:

- степень сжимаемости;
- сопротивление сжатию;
- сопротивление сдвигу.

3. Показатели, характеризующие состояние грунта:

- естественная влажность;
- коэффициент водонасыщения;
- степень плотности (песков);
- естественная уплотненность (глин);
- показатель текучести.

Показатели, характеризующие состав грунта, дают представление об их природе, физико-механических свойствах и позволяют приближенно судить о возможных изменениях этих свойств и состоянии грунтов при строительстве сооружений или осуществлении инженерных мероприятий. Они позволяют классифицировать грунты и определяют выбор методики изучения свойств и состояния грунтов. Эти показатели относятся к категории классификационных.

Показатели физических и частично водных свойств позволяют дать качественную оценку прочности и устойчивости грунтов как оснований зданий и сооружений. Эти же показатели позволяют косвенно судить о состоянии грунтов в условиях их естественного залегания. Их обычно относят к категории качественных.

Показатели механических и частично водных свойств (водопроницаемость) грунтов непосредственно используются при различных инженерных расчетах, например, при расчетах осадки зданий и сооружений по величине и во времени, устойчивости откосов, определении давления на подпорные и ограждающие конструкции.

Все перечисленные показатели (характеристики) определяются в специальных полевых или стационарных инженерно-геологических лабораториях. Методов и приемов определения этих характеристик известно много. В настоящих методических указаниях приняты методы, рекомендуемые ГОСТ.

ОТБОР ОБРАЗЦОВ ГРУНТА

Геологическая среда представляет собой сложную многокомпонентную динамическую систему, в которой минеральные частицы составляют ее скелет. Она изменчива, неоднородна и дискретна. Дискретность (прерывистость) проявляется в виде пустотности различных размеров, от ультрапор в глинистых грунтах до пещер огромных размеров в карбонатных породах. Эти поры заполнены водой и/или воздухом. Составные элементы грунта в условиях

естественного залегания создают весьма сложную систему, которую невозможно воспроизвести в лабораторных условиях. Необходимо изучение свойств грунтов и в полевых условиях, и в лаборатории на образцах с ненарушенной структурой и естественной влажностью.

Образец – это любой объем грунта нарушенной и ненарушенной структуры, отобранный для визуального описания и изучения в лаборатории.

Монолит – это образец грунта естественного сложения и естественной влажности.

Образцы отбирают из зачищенного забоя и стен горных выработок и буровых скважин с помощью ножа, лопаты или грунтоносов.

Размеры образцов грунта должны быть достаточными для проведения комплекса лабораторных испытаний.

При отборе монолитов следует учитывать наличие нарушенной периферийной зоны монолита, толщину которой принимают равной 3 мм для грунтов с жесткими структурными связями, 10 мм – для песчаных и пылевато-глинистых грунтов с показателем текучести менее 0,75 и 5 мм – для текуче-пластичных и текучих пылевато-глинистых грунтов.

Для упаковки образцов нарушенного сложения применяют тару, обеспечивающую сохранение мелких частиц грунта и влажности. Она может быть пластмассовой или металлической, коррозионностойкой с герметически закрывающимися крышками или в виде мешочков из синтетической пленки. Если не требуется сохранение природной влажности, образцы следует укладывать в тару, обеспечивающую сохранность мелких частиц грунта (обычно мешочки из плотной материи, плотной водостойкой бумаги или синтетической пленки).

Для упаковки монолитов тару изготавливают в виде гильз по размеру монолитов из коррозионностойкого материала (пластмасса, парафиновая бумага).

Для изоляции монолитов применяют парафин с добавкой 35-50% (по массе) гудрона, который придает парафину вязкость.

Диаметр монолита скального грунта должен быть не менее 50 мм, крупнообломочного – не менее 200 мм, песчаного и глинистого грунтов – не менее 90 мм при высоте не менее одного диаметра.

Монолиты песчаных и глинистых грунтов следует отбирать в процессе бурения скважины без применения промывочной жидкости и без подлива в них воды, с перекрытием водонасыщенных слоев грунта.

ХРАНЕНИЕ ОБРАЗЦОВ

Монолиты, а также образцы нарушенного сложения, требующие сохранения влажности, должны храниться в помещениях, отвечающих следующим требованиям:

- воздух в помещении должен иметь относительную влажность 70-80% и температуру 2-10⁰С;

- помещения, в которых хранятся монолиты, не должны подвергаться резким динамическим воздействиям;
- на полках помещения монолиты размещаются в один ярус, вертикально;
- монолиты не должны касаться друг друга и стоек полок;
- монолит должен быть размещен на полке всей нижней поверхностью;
- на монолитах запрещается размещать какие-либо предметы.

Сроки хранения упакованных образцов нарушенного сложения, для которых требуется сохранение природной влажности, не должен превышать двух суток, считая с момента отбора образцов до их лабораторных исследований.

Сроки хранения монолитов в помещениях или камерах, соответствующих требованиям, не должны превышать: немерзлых скальных, маловлажных песчаных, а также глинистых грунтов твердой и полутвердой консистенции – 1,5 месяца; других видов немерзлых грунтов – 1 месяца.

При длительном хранении монолитов грунтов их необходимо покрывать влажной тканью или влажными опилками.

Монолиты, имеющие повреждения гидроизоляционного слоя и дефекты упаковки или хранения, следует применять к лабораторным испытаниям только как образцы грунта нарушенного сложения.

ВИЗУАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ГРУНТА

Описание дисперсных грунтов рекомендуется проводить по следующей схеме: наименование (вид грунта), цвет, консистенция, включения, примеси, структура, разбор породы руками, излом, мажущие свойства, липкость, скатывание в шнур, резание ножом, запах, степень разложения органики.

В табл. 1 и 2 приводятся визуальные признаки названия грунта, и оценка консистенции глинистых грунтов.

Таблица 1

Визуальные признаки определения глинистых грунтов

Вид грунта	Характер поверхности при срезе ножом	Ощущение при растирании грунта на ладони	Предельный диаметр скатывания в шнур, мм	Скатывание в кольцо	Свойства при увлажнении	Сопротивление разламыванию руками в сухом состоянии
Глины	Блестящая гладкая, иногда полированная поверхность с отдельными бороздами	Тонкая однородная жирная масса	<1	Скатываются	Высокопластичные	Не разламывается
Суглинки	Матовая или шероховатая относительно ровная поверхность	Неоднородная масса	1-3	Скатываются с трудом при определенном увлажнении	Пластичные	Разламывается с трудом
Супеси	Неровная поверхность, видны песчаные зерна при срезе	Неоднородная масса с преобладанием песчаных частиц	3-6 (иногда не скатываются)	Не скатываются	Слабопластичные	Разламывается легко

Таблица 2

Визуальные признаки консистенции глинистых грунтов

Консистенция	Ощущение на ощупь	Раскатывание в шнур	Поведение при ударе	Вдавливание пальца, руки, ногтя
Твердая	Монолитная, на вид сухая	Не раскатывается, растирается пальцами в пыль	Хрупкое разрушение	Ноготь оставляет еда заметный след
Полутвердая	Монолитная, сухая, с едва заметной влажностью	Не раскатывается, с трудом режется ножом	Пластично-хрупкое разрушение	Ноготь вдавливается с едва заметным усилием
Тугопластичная	Монолитная, влажная, но не прилипает к посторонним предметам	Раскатывается в шнур диаметром 3 мм без дополнительного увлажнения. Шнур крошится на столбики 1-2 см	Пластичные деформации, частичное разрушение	Большой палец руки вдавливается с небольшим усилием
Мягкопластичная	Влажная, липкая, мазущая, прилипает к посторонним предметам	Легко раскатывается в шнур диаметром менее 3 мм. Легко принимает любую форму.	Вязко-пластичные деформации	Пальцы вдавливаются без усилия, грунт выжимается между пальцами
Текучепластичная	Очень влажная, липкая, мазущая	Раскатывается в шнур после предварительного подсушивания	Вязкая деформация, медленно растекается толстым слоем	Пальцы вдавливаются легко, грунт выжимается между пальцами
Текучая	Избыточно влажная, иногда выжимается вода	В шнур не раскатывается, размазывается	Растекается тонким слоем под влиянием собственного веса	Принимает форму вмещающей емкости

Лабораторная работа №1

"Определение гранулометрического (зернового) состава песчаных грунтов ситовым методом "

Цель работы

Определить гранулометрический состав песчаного грунта, определить разновидность грунта и степень неоднородности с учетом требований ГОСТ 12536-79.

Сущность метода

Дисперсные грунты состоят из отдельных минеральных частиц и их агрегатов различных по размеру, форме и вещественному составу. От размеров, формы и состояния поверхности отдельных элементов в значительной мере зависят механические свойства грунтов. В ГОСТ 25100-2011 принято следующее разделение элементов грунта по крупности.

№ п.п.	Наименование элементов грунта	Размер фракций, мм
1	Валуны, глыбы	200 и более
2	Галька, щебень	10 до 200
3	Гравий, дресва	2 до 10
4	Песчаные частицы	0,05 до 2
5	Пылеватые частицы	0,002 до 0,05
6	Глинистые частицы	0,002 и менее

Каждое из наименований элементов грунта, указанных в таблице, имеет свои особенности и оказывает различное влияние на физические и механические свойства грунта. Степень этого влияния зависит от количественного содержания в грунте тех или иных элементов (частиц). Очень важно отметить главные свойства названных составляющих грунта.

Валуны, глыбы, галька, щебень, гравий, дресва имеют минеральный состав материнской породы; их содержание в грунте понижает связность, увеличивает внутреннее трение, повышает водопроницаемость и размываемость.

Песчаные частицы состоят главным образом из какого-либо одного минерала, чаще всего кварца. Наличие в грунте песчаных зерен уменьшает связанность, сжимаемость и упругость грунта, повышает его размокаемость и размываемость, в зависимости от крупности и количественного содержания в грунте частиц увеличивается внутреннее трение и, следовательно, прочность грунта.

Глинистые частицы представляют собой по минеральному составу в основном частицы вторичных минералов, образованных химическими процессами при выветривании горных пород. Глинистые частицы сильно различаются по взаимодействию с водой и водными растворами. Они имеют кристаллическое строение, весьма малые размеры и пластинчатую, чешуйчатую или игольчатую форму. Такие разновидности формы создают

высокую удельную поверхность (общую поверхность частиц, содержащихся в 1 см³ грунта). Поверхностная активность глинистых частиц при взаимодействии с молекулами воды (диполями) настолько велика, что плотность воды связанной вокруг глинистых частиц не удается удалить путем создания внешних давлений. Содержание в грунте глинистых частиц придает ему связность, сообщает грунту свойство пластичности, снижает водопроницаемость, снижает сжимаемость, упругость.

Пылеватые частицы занимают промежуточное значение между песчаными и глинистыми. По минеральной природе крупные зерна сходны с песчаными, а мелкие с глинистыми. В соответствии с многообразием в минеральной природе пылеватых частиц, они по-разному влияют на свойства грунтов. Чаще всего их присутствие в грунте способствует связности, ускоряет размягчаемость и размокаемость, повышает вымываемость и способствует возникновению подвижности в грунте при увеличении влажности и наличии внешних, особенно динамических, воздействий.

Большинство видов грунта состоит из зерен и частиц различных размеров, поэтому их свойства определяются гранулометрическим составом, под которым понимается относительное содержание в грунте (по весу) частиц различной крупности.

Для определения гранулометрического состава выполняется гранулометрический анализ, который заключается в расчленении грунта на группы с близкими по размерам частицами. Группа частиц с близкими размерами называется фракцией. Размер частиц обычно определяют по диаметру и выражают в миллиметрах.

Плотность компоновки структуры грунтов зависит от размеров частиц, с уменьшением размеров зерен от валунов до песчаных частиц уменьшаются и размеры пор между частицами. Благодаря этому уменьшается объем пор и в значительной степени уменьшается водопроницаемость таких грунтов. Однако дальнейшее уменьшение частиц до размера глинистых не способствует увеличению плотности структуры. Из-за наличия оболочек прочносвязанной воды вокруг глинистых частиц их контакт между собой осуществляется только через эти оболочки. В результате наблюдается, что глинистые грунты, состоящие из очень мелких частичек, имеют большую пористость чем песчаные грунты, размер частичек которых на несколько порядков выше. При этом, несмотря на более высокую пористость, глинистые грунты являются практически не проницаемыми для воды.

Определение гранулометрического состава необходимо для решения ряда практических вопросов:

1. Классификация грунтов.
2. Приближенное вычисление водопроницаемости крупнозернистых грунтов (песчаных).
3. Оценка несвязных грунтов как строительного материала и главным образом как заполнителя при изготовлении бетона.
4. Оценка пригодности грунтов для использования их при осыпке насыпей для дорог, дамб, земляных плотин.

5. Оценка возможных явлений суффозий в теле фильтрующих плотин, в стенках котлованов и т. д.

От видов песчаных грунтов по крупности частиц в значительной степени зависит величина расчетных давлений на грунт.

Термины и определения

Грунт – любые горные породы, почвы, техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и как часть геологической среды, изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

Гранулометрический состав грунта – процентное содержание первичных (не агрегированных) частиц различной крупности по фракциям, выраженное отношением их массы к общей массе грунта.

Песчаный грунт (песок) – несвязный минеральный грунт с массой частиц размером 0,05-2 мм более 50% и числом пластичности $I_p < 1\%$.

Глинистый грунт – связный грунт, состоящий в основном из пылеватых и глинистых (не менее 3%) частиц, обладающий свойством пластичности $I_p > 1\%$.

Оборудование

- набор сит (с поддоном);
- весы лабораторные;
- стаканчики стеклянные;
- чашка фарфоровая;
- нож;

Ход работы

1. Для разделения грунта на фракции ситовым методом применяют сита с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5.
2. Сита монтируют в колонку, размещая их от поддона в порядке увеличения размера отверстий. На верхнее сито надевают крышку (рис. 1.1).
3. Среднюю пробу в воздушно-сухом состоянии для анализа следует отбирать методом квартования. Для этого распределяют грунт тонким слоем по листу плотной бумаги или фанеры, проводят ножом в продольном и поперечном направлениях борозды, разделяя поверхность грунта на квадраты, и отбирают понемногу грунт из каждого квадрата. Затем пробу взвешивают на технических весах.
4. Вес средней пробы должен составлять: для грунтов, не содержащих частиц размером более 2 мм, - 100г; для грунтов, содержащих до 10% (по весу) частиц размером более 2 мм, - не менее

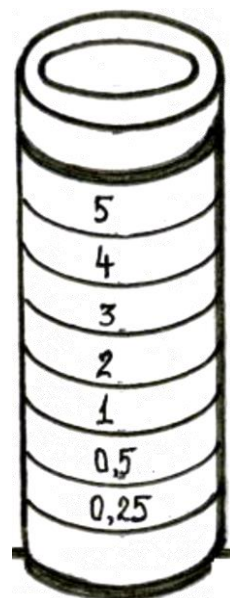


Рис. 1.1 - Комплект сит для гранулометрического анализа

- 500г; для грунтов, содержащих от 10 до 30% частиц размером более 2мм, - 1000г; для грунтов, содержащих свыше 30% частиц размером более 2 мм, - не менее 2000г.
5. Взвешенную пробу грунта следует просеять сквозь набор сит с поддоном. При просеивании пробы весом более 1000г следует высыпать грунт в верхнее сито в два приема.
 6. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, высыпают, начиная с верхнего сита, в ступку и дополнительно растирают пестиком с резиновым наконечником, после чего вновь просеивают на этих же ситах.
 7. Полноту просеивания фракций грунта проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Если при этом на лист выпадают частицы, то их высыпают на следующее сито; просев продолжают до тех пор, пока на бумагу перестанут выпадать частицы.
 8. Фракции грунта, задержавшиеся после просеивания на каждом сите и прошедшие в поддон, следует перенести в заранее взвешенные стаканчики или фарфоровые чашечки и взвесить.
 9. Сложить веса всех фракций грунта. Если полученная сумма веса всех фракций грунта превышает более чем на 1% вес взятой для анализа пробы, то анализ следует повторить.
 10. Потерю грунта при просеивании разносят по всем фракциям пропорционально их весу.
 11. Результаты определений записывают в табл. 1.1.

Обработка результатов

1. Содержание в грунте каждой фракции A в % вычислить по формуле:

$$A = \frac{g_{\phi}}{g_1} 100,$$

где g_{ϕ} – вес данной фракции грунта, г;

g_1 – вес средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

Результаты анализа регистрируют в журнале, в котором указывают процентное содержание в грунте фракций размером более 10; 10-5; 5-2; 2-1; 1-0,5 и менее 0,5 мм.

2. Для построения кривой в полулогарифмическом масштабе по оси абсцисс откладывают не диаметры частиц, а их логарифмы или величины, пропорциональные логарифмам. В начале координат ставят число 0,001, а затем, принимая $\log 10$ равным произвольному отрезку, откладывают этот отрезок в правую сторону три-четыре раза, делая отметки и ставя против них последовательно 0,01; 0,1; 1,0; 10,00. Расстояние между каждыми двумя метками делят на девять частей пропорционально логарифмам чисел 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

В первом от начала координат интервале выделенные отрезки будут отвечать диаметрам частиц от 0,002 до 0,009мм, во втором – 0,02 до 0,09, в третьем – от 0,2 до 0,9мм, в четвертом – от 2 до 10 мм.

Например если принять, что $\log 10 = 1$ соответствует отрезку длиной 4см, то $\log 2 = 0,301$ будет соответствовать отрезку $0,301 \cdot 4 = 1,2$ см.

Указанные отрезки откладываются по оси абсцисс от начала координат и от каждой отметки.

По оси ординат откладывают суммарное содержание фракций в процентах. Для этого последовательно суммируют содержание фракций, начиная с самой малой.

Каждое из полученных чисел указывает суммарное содержание фракций меньше определенного диаметра.

3. Степень неоднородности гранулометрического состава C_u , д.е.; определяют по формуле:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

, где d_{60} и d_{10} – диаметры частиц, меньше которых в грунте содержится соответственно 60 и 10 % (по массе).

4. Величины d_{60} и d_{10} определяются графически по кривой неоднородности грансостава, построение которой выполняется в прямоугольной системе координат (рис. 2): по оси абсцисс откладывают величины диаметров частиц в мм, а по оси ординат – суммы процентов фракций от меньшего диаметра к большему.

5. Классифицировать песчаный грунт по табл. 1.2, 1.3.

Таблица 1.1

Журнал лабораторного определения гранулометрического состава грунта

Показатели	Ситовой анализ						
	Фракции грунта, мм						
	Более 10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	Менее 0,5	0,5-0,25
Вес пробы грунта, г							
Вес фракции грунта, г							
Содержание фракции, %							

Таблица 1.2

Подразделение песков по гранулометрическому составу на разновидности

Разновидность песков	Размер частиц d , мм	Содержание частиц, % по массе
Пески:		
- гравелистый	> 2	> 25
- крупный	$> 0,50$	> 50
- средней крупности	$> 0,25$	> 50
- мелкий	$> 0,10$	≥ 75
- пылеватый	$> 0,10$	< 75

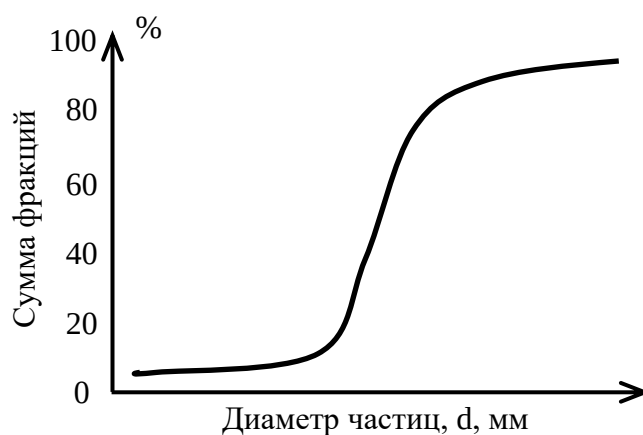


Рис. 1.2 - Кривая неоднородности грансостава.

Таблица 1.3

Подразделение песков по степени неоднородности гранулометрического состава C_u на разновидности

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Степень неоднородности гранулометрического состава C_u , д.е.
Однородные	$C_u \leq 3$
Неоднородные	$C_u > 3$

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое гранулометрический состав грунта?
2. Как оценить степень неоднородности грансостава?
3. Как определяют полноту просеивания фракций грунта?
4. Что такое метод квартования?

Лабораторная работа №2

"Определение максимальной плотности"

Цель работы

Определить максимальную плотность грунта при его оптимальной влажности с учетом требований ГОСТ 22733-2002.

Сущность метода

Метод заключается в установлении зависимости плотности скелета грунта от его влажности при трамбовании образцов и в определении по этой зависимости максимальной величины плотности скелета грунта ($\rho_{d \text{ макс}}$).

Влажность, при которой достигнута максимальная плотность скелета грунта, является оптимальной влажностью ($w_{\text{опт}}$).

Для установления зависимости плотности скелета грунта от его влажности проводят серию отдельных испытаний грунта на уплотнение с последовательным увеличением его влажности. Результаты испытаний представляют в виде графика. Количество отдельных испытаний для построения графика должно быть не менее шести, а также достаточным для выявления максимального значения плотности скелета грунта.

Испытание грунтов осуществляют в приборе СОЮЗДОРНИИ для стандартного уплотнения грунтов путем послойного трамбования грунта ударами груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 300 мм; при этом общее число ударов должно составить 120.

Пробы грунта (образцы нарушенного сложения) следует отбирать в естественных и искусственных обнажениях и горных выработках из однородного по виду слоя грунта. Масса пробы грунта должна быть не менее 10кг.

Термины и определения

Максимальная плотность $\rho_{d \text{ макс}}$ – наибольшая плотность сухого грунта, которая достигается при испытании грунта методом стандартного уплотнения.

Оптимальная влажность грунта $w_{\text{опт}}$ – влажность грунта, при которой достигнута максимальная плотность скелета грунта.

Стандартное уплотнение – послойное (в три слоя) уплотнение образца грунта с постоянной работой уплотнения.

График стандартного уплотнения – графическое изображение зависимости изменения плотности сухого грунта от влажности при испытании методом стандартного уплотнения.

Оборудование

- прибор СОЮЗДОРНИИ для стандартного уплотнения грунтов (рис. 2.1);
- весы с точностью 0,01 г.;
- весы для взвешивания на 2-5 кг среднего класса точности;
- шкаф сушильный;

- сито с отверстиями 10 мм;
- чашки металлические емкостью не менее 5 л;
- цилиндры мерные с носиком емкостью 100 и 500 мл;
- лопаточка мастерок;
- линейка металлическая длиной 30 см;
- штангенциркуль;
- нож;
- бюксы (стаканчики).

Ход работы

1. Представленный для испытания образец грунта нарушенного сложения высушивают при комнатной температуре или в сушильном шкафу до воздушно-сухого состояния. В процессе сушки грунт периодически перемешивают.
2. Грунт просеивают через сита с отверстиями диаметром 20мм и 10мм. При этом вся масса грунта должна пройти через сито с отверстиями диаметром 20 мм.
3. Если масса частиц грунта крупнее 10мм составляет 5% и более, дальнейшее испытание проводят с пробой грунта, прошедшего через сито 10 мм. Если масса частиц грунта крупнее 10 мм составляет менее 5%, производят дальнейшее просеивание грунта через сито с отверстиями диаметром 5 мм и определяют содержание частиц крупнее 5 мм. В этом случае дальнейшее испытание проводят с пробой грунта, прошедшего через сито 5мм.
4. Из грунта, прошедшего через сито, отбирают пробы для определения его влажности в воздушно-сухом состоянии w_g .
5. Отбирают из просеянного грунта методом квартования пробу грунта для испытания (m'_p) массой 2500г. Допускается проводить весь цикл испытаний с использованием одной отобранной пробы.
6. Рассчитывают количество воды Q , г, для доувлажнения отобранной пробы до влажности первого испытания по формуле

$$Q = \frac{m'_p}{1 + 0,01w_g} 0,01(w_1 - w_g),$$

где m'_p – масса отобранной пробы грунта,

w_1 – влажность грунта для первого испытания, назначаемая по таблице 7.1,

w_g – влажность просеянного грунта в воздушно-сухом состоянии.

7. В отобранную пробу грунта вводят рассчитанное количество воды за несколько приемов, перемешивая грунт.
8. Взвешивают цилиндрическую часть формы прибора СОЮЗДОРНИИ (m_c).
9. Собирают прибор, проверяют соосность направляющей штанги и цилиндрической части формы и свободный ход груза по направляющей штанге.

10. Испытание проводят, последовательно увеличивая влажность грунта испытываемой пробы.

При первом испытании влажность грунта должна соответствовать

значению,

установленному в п.6.

При каждом

последующем испытании

влажность грунта следует

увеличивать на 1-2% для

несвязных грунтов и на

2-3% - для связных

грунтов.

11. Количество воды для

увлажнения

испытываемой пробы

определяют по формуле

из п.6, принимая в ней

за w_d и w_1 соответственно

влажности

при

предыдущем и очередном

испытаниях.

12. Испытание пробы грунта

проводят в следующем

порядке:

- загружают в собранную форму из пробы слой грунта толщиной 5-6 см и слегка уплотняют рукой его поверхность.

Производят уплотнение 40 ударами груза по наковальне с высоты 30 см, зафиксированной на направляющей штанге. Аналогичную операцию производят с каждым из трех слоев грунта, последовательно загружаемых в форму. Перед загрузкой второго и третьего слоев поверхность предыдущего уплотненного слоя взрыхляют ножом на глубину 1-2 мм. Перед укладкой третьего слоя на форму устанавливают насадку;

- после уплотнения третьего слоя снимают насадку и срезают выступающую часть грунта заподлицо с торцом формы.

13. Взвешивают цилиндрическую часть формы с уплотненным грунтом (m_i) и вычисляют плотность грунта ρ_i , г/см³, по формуле:

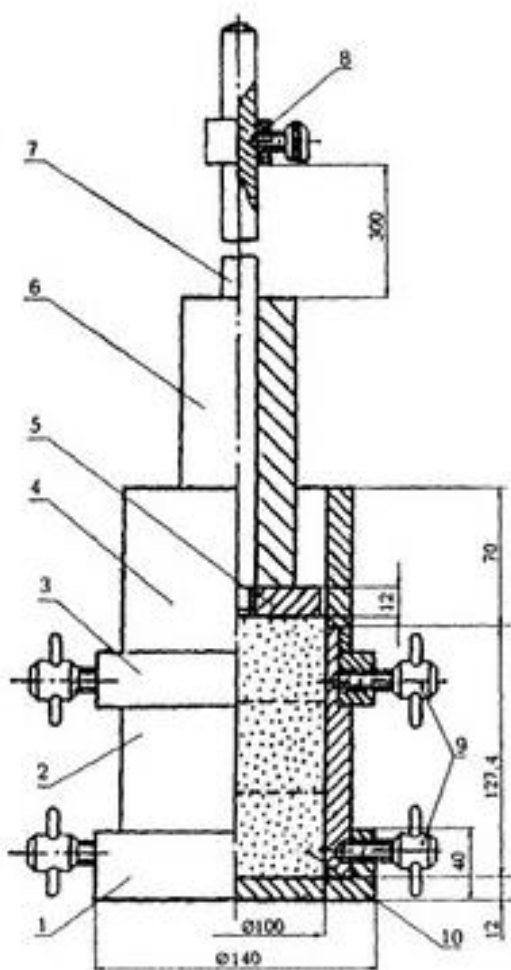


Рис.2.1. Прибор СОЮЗДОРНИИ: 1 - поддон; 2 - разъемная форма; 3 - зажимное кольцо; 4 - насадка; 5 - наковальня; 6 - груз массой 2,5 кг; 7 - направляющая штанга; 8 - ограничительное кольцо; 9 - зажимные винты; 10 - образец грунта

$$\rho_i = \frac{m_i - m_c}{V},$$

где m_i – масса цилиндрической части формы с уплотненным грунтом, г;
 m_c – масса цилиндрической части формы без грунта, г;
 V – вместимость формы, см³.

14. Извлекают из цилиндрической части формы уплотненный образец грунта. При этом из верхней, средней и нижней частей образца отбирают пробы для определения влажности грунта (w_i) в соот. с ЛР №4.
15. Извлеченный из формы грунт присоединяют к оставшейся в чашке части пробы, измельчают и перемешивают.
16. Повышают влажность пробы согласно п.10. После добавления воды грунт тщательно перемешивают.
17. Второе и последующие испытания грунта следует проводить в соответствии с п.12-15.
18. Испытание следует считать законченным, когда с повышением влажности пробы при последующих двух испытаниях происходит последовательное уменьшение значений массы и плотности уплотняемого образца грунта, а также, когда при ударах происходит отжатие воды или выделение разжиженного грунта через соединения формы.

Уплотнение однородных по гранулометрическому составу и дренирующих грунтов прекращают после появления воды в соединениях формы независимо от числа ударов при уплотнении образца.

19. Результаты определений записывают в табл. 2.2.

Обработка результатов

1) По полученным в результате последовательных испытаний значениям плотности и влажности грунта вычислить значения плотности сухого грунта ρ_{di} , г/см³, с точностью 0,01 г/см³ по формуле:

$$\rho_{di} = \frac{\rho_i}{1 + 0,01w_i},$$

где ρ_i – плотность грунта, г/см³,

w_i – влажность грунта при очередном испытании, %.

2) Строят график зависимости изменения значений плотности сухого грунта от влажности.

По наивысшей точке графика для связных грунтов находят значение максимальной плотности ($\rho_{d \text{ макс}}$) и соответствующее ему значение оптимальной влажности ($w_{\text{опт}}$).

Для несвязных грунтов график стандартного уплотнения может не иметь заметно выраженного максимума. В этом случае значение оптимальной влажности принимают на 1,0%-1,5% менее влажности w_i , при которой происходит отжатие воды. Значение максимальной плотности принимают по соответствующей ей ординате. При этом 1,0% принимают для песков гравелистых, крупных и средней крупности; 1,5% – для мелких и пылеватых песков.

Таблица 2.1

Грунты	Влажность w_1 грунта для первого испытания, %
Песок гравелистый, крупный и средней крупности	4
Песок мелкий и пылеватый	6
Супесь, суглинок легкий	6-8
Суглинок тяжелый, глина	10-12

Таблица 2.2

Результаты определения максимальной плотности грунта

N	Определение плотности				Определение влажности						$\rho_{di},$ г/с м ³
	Масса, г			$\rho_i,$ г/с м ³	N бюкса	Масса бюкса, г			Влажность $w,$ %		
	m_c	m_i	$m_i - m_c$			пустого	с влажным грунтом	с сухим грунтом	абсолютная	средняя	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1											
.											
6											

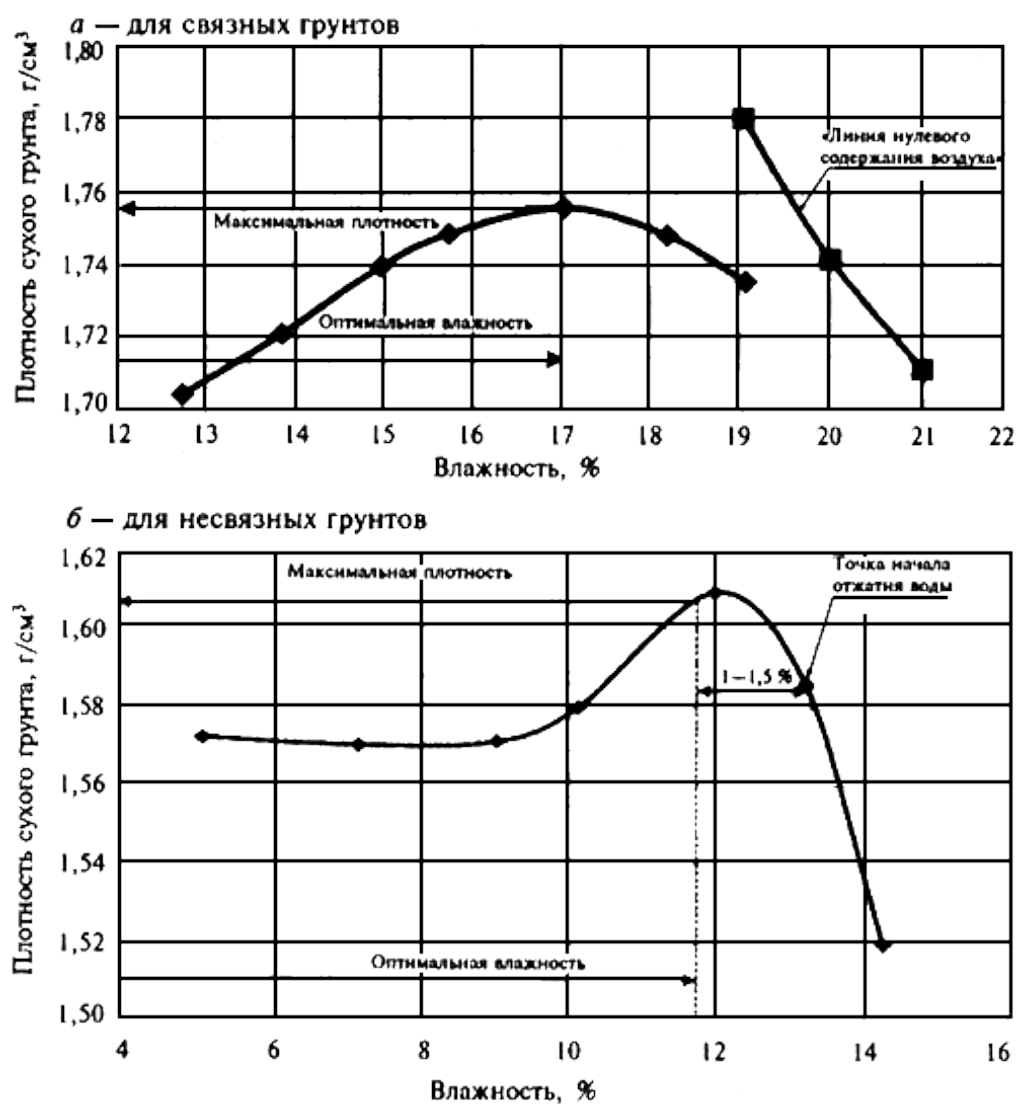


Рис.2.2. Образец графического оформления результатов испытания грунта методом стандартного уплотнения.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое максимальная плотность грунта?
2. Что такое график стандартного уплотнения?
3. Как происходит процесс уплотнения грунта?

Лабораторная работа №3

"Определение коэффициента фильтрации песчаного грунта"

Цель работы

Определить коэффициент фильтрации песчаного грунта применяемого в дорожном строительстве в лабораторных условиях с учетом требований ГОСТ 25584-90.

Сущность метода

Водопроницаемостью грунтов называют способность их пропускать сквозь себя воду.

Вода в порах грунтов может передвигаться под влиянием ряда причин:

- силы тяжести;
- внешнего давления;
- капиллярных сил;
- адсорбционных сил, развивающихся на поверхности раздела твердых частиц и воды;
- промерзания породы;
- давления газов и т.д.

При инженерно-геологических исследованиях чаще всего практический интерес представляет передвижение воды под влиянием силы тяжести и разности напоров. Скорость напорного движения воды в грунтах зависит от размеров пор грунта, сопротивлений, оказываемых на пути фильтрации, величины действующих напоров и характеризуется численно для того или иного вида грунта при данной неизменной пористости, так называемым коэффициентом фильтрации K_f . Коэффициент фильтрации K_f представляет собой скорость фильтрации при градиенте напора, равном единице. Установлено, что движение воды в грунтах в большинстве случаев будет ламинарным, т.е. линии токов воды нигде не пересекаются друг с другом, а расход воды в единицу времени через единицу площади поперечного сечения грунта будет прямо пропорционален гидравлическому градиенту I .

$$v_f = K_f \cdot I$$

Коэффициент фильтрации обычно выражают в см/с, м/сут, см/год.

Фильтрация воды в вязких глинистых грунтах имеет свои особенности, вызванные размерами пор и вязким сопротивлением водно-колоидных пленок, обволакивающих частицы грунтов, препятствующих движению воды. Поэтому фильтрация воды в глинистых грунтах начинается только после преодоления сопротивления водно-колоидных пленок. Напорный градиент, соответствующий началу движения воды, называется начальным гидравлическим градиентом I_0 . Скорость фильтрации воды в глинистых грунтах определяется уравнением

$$v_f = K_f \cdot (I - I_0)$$

Коэффициент фильтрации используется при подсчете запасов подземных вод, определения водопритока в котлованы и горные выработки,

проектировании дренажных сооружений и фильтров, при прогнозе скорости осадок водонасыщенных грунтов, расчете консолидации грунтов, при уплотнении грунтов дренированием и путем откачек грунтовых вод.

Считается, что если коэффициент фильтрации $K_f < 1 \cdot 10^{-6}$ см/сут, то грунт является водонепроницаемым или водоупором, взвешивающее действие воды на такой грунт при расчетах не учитывают.

Коэффициенты фильтрации для различных видов грунтов значительно отличаются по величине. Ниже приведены средние значения коэффициентов фильтрации для однородных грунтов:

Галечник без заполнителя	200-500 м/сут
Гравий без заполнителя	100-200 м/сут
Пески гравелистые	50-100 м/сут
Пески крупнозернистые	20-75 м/сут
Пески среднезернистые	5-20 м/сут
Пески мелкозернистые	1-10 м/сут
Пески пылеватые	0,1-1 м/сут
Пески мелкие с примесью глины	0,05-0,1 м/сут
Супеси	0,01-0,1 м/сут
Суглинки	0,0001-0,001 м/сут
Глины	0,00001-0,001 м/сут
Глины пластичные	до 10^{-7} м/сут

Для определения коэффициента фильтрации грунтов существует ряд методов, которые могут быть подразделены на три основные группы:

- полевое опытное определение K_f с помощью откачки или налива;
- непосредственное лабораторное определение K_f в приборах;
- косвенное определение K_f по данным механических анализов и пористости грунта.

Наиболее общую характеристику водопроницаемости грунта дают полевые опытные работы. Лабораторные определения коэффициента фильтрации характеризуют водопроницаемость отдельных «точек» слоя грунта в основании. При этом более близкую к естественным условиям картину дают определения на образцах с ненарушенной структурой. Для связных грунтов определения на образцах с нарушенной структурой совершенно не отражают их естественной водопроницаемости.

Определение коэффициента фильтрации по данным гранулометрического состава и пористости для песчаных грунтов и по результатам компрессионных испытаний водонасыщенных образцов глинистых грунтов, является приближенным и может быть рекомендовано, в случае отсутствия данных непосредственного определения, для предварительных расчетов.

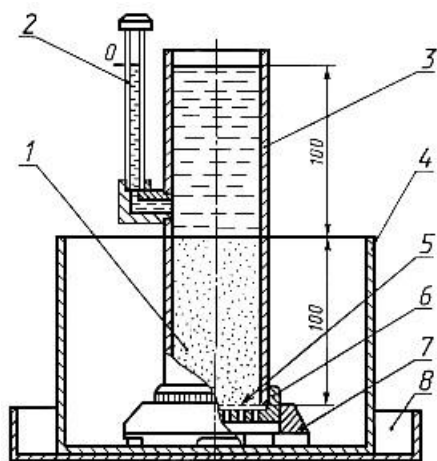
Термины и определения

Коэффициент фильтрации K_f — это численная характеристика водопроницаемости (способности грунта фильтровать воду). Он представляет собой скорость фильтрации и выражается обычно в см/с или в м/сут.

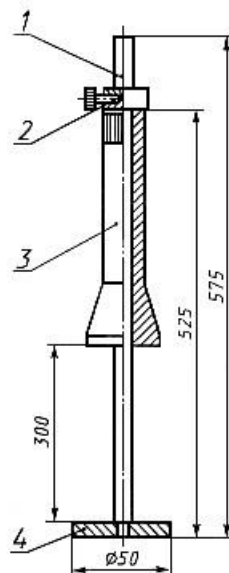
Градиент напора – отношение разности напора воды к длине пути фильтрации.

Оборудование

- прибор СОЮЗДОРНИИ для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов (рис. 3.1);
- трамбовка с массой падающего груза 0,5 кг (рис. 3.2);
- секундомер;
- термометр;
- весы с точностью 0,01 г.;
- сито с отверстиями диаметром 5 мм
- цилиндр мерный вместимостью 100 мл
- чашка фарфоровая
- емкость для воды вместимостью 8-10 л
- линейка металлическая длиной 300 мм
- нож.



1 - образец; 2 - пьезометр; 3 - трубка;
4 - стакан; 5 - сетка;
6 - перфорированное съемное дно;
7 - подставка; 8 - поддон



1 - направляющая; 2 - фиксатор;
3 - падающий груз; 4 - наковальня

Рис.3.1. Прибор для определения коэффициента фильтрации песчаных грунтов

Рис.3.2. Трамбовка

Ход работы

1. Песчаный грунт просеивают через сито с отверстиями 5 мм предварительно высушенный до воздушно-сухого состояния и определяют его гигроскопическую влажность W_g . Влажность определяют в соответствии с лабораторной работой №4.
2. Отбирают в фарфоровую чашку пробу грунта способом квартования массой не менее 450г.

3. Увлажняют с помощью мерного цилиндра отобранную пробу до оптимальной влажности. Необходимый для увлажнения объем воды Q , г, определяют по формуле

$$Q = \frac{m(W_0 - W_g)}{\rho_w(1 + W_g)},$$

где m – масса отобранной пробы грунта, г,

W_0 – оптимальная влажность грунта, д.е,

W_g – гигроскопическая влажность грунта, доли единицы;

ρ_w – плотность воды, принимаемая равной 1г/см³.

4. Из подготовленной пробы влажного грунта отбирают навеску массой m_1 для помещения в фильтрационную трубку прибора и навеску для контрольного определения фактической влажности грунта по ЛР4.
5. Массу навески m_1 г, определяют по формуле

$$m_1 = V \cdot \rho_{dmax}(1 + W_0),$$

где V – объем грунта в трубке, равный 200см³,

ρ_{dmax} – максимальная плотность сухого грунта, установленная по ЛР7.

6. Трубку прибора заполняют грунтом в следующем порядке:

- съемное перфорированное дно с латунной сеткой, покрытой кружком марли, смоченной водой, крепят к трубке и ставят ее на жесткое массивное основание;
- навеску влажного грунта массой m_1 делят на три порции и последовательно укладывают их в трубку, уплотняя каждую из них при помощи трамбовки, производя по 40 ударов груза с высоты 300 мм; перед укладкой каждой порции поверхность предыдущей уплотненной порции взрыхляют ножом на глубину 1-2 мм;
- измеряют линейкой расстояние от верхнего края трубки до поверхности уплотненного грунта; измерения проводят не менее чем в трех точках; в расчет принимают среднее значение.
- при высоте образца грунта в трубке более 100 мм проводят дополнительное уплотнение, которое заканчивают при высоте образца (100 ± 1) мм.
- укладывают на поверхность грунта слой гравия (фракция 2-5 мм) толщиной 5-10 мм.

7. Устанавливают трубку с грунтом на подставку и вместе с ней помещают в стакан, который постепенно наполняют водой до верха.
8. Помещают стакан с трубкой в емкость для воды и заполняют ее до уровня выше слоя гравия на 10-15 мм.
9. После появления воды в трубке над слоем гравия доливают воду в верхнюю часть трубки примерно на 1/3 ее высоты.
10. Извлекают стакан с трубкой из емкости и устанавливают его на поддон. В этом случае начальный градиент напора воды в образце грунта равен единице.
11. Испытание проводят в следующем порядке:

- доливают воду в трубку не менее чем на 5 мм выше нулевого деления;
- при вытекании воды через перфорированное дно определяют с помощью секундомера падение уровня воды в пьезометре от 0 до 50 мм.
- указанную операцию повторяют не менее четырех раз, каждый раз доливая воду в трубку на 5 мм выше нулевого деления. В расчет принимают среднее время падения уровня воды. В случае отклонений отдельных отсчетов от среднеарифметического значения более чем на 10 % следует увеличить число определений.
- при времени падения уровня воды в пьезометре более 2 мин допускается уменьшать высоту падения уровня.
- при времени падения более 10 мин допускается проводить испытание при начальном градиенте напора, равном двум. В этом случае трубку с подставкой извлекают из стакана и ставят непосредственно на поддон.

12. В течение всего испытания не допускается снижение уровня воды в трубке ниже слоя гравия.

13. Плотность сухого грунта в трубке ρ_{di} , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho_{di} = \frac{m_1}{V_i(1 + W_i)},$$

где V_i – фактический объем грунта в трубке, см³,

W_i – фактическая влажность грунта в трубке, доли единицы.

Обработка результатов

1) Коэффициент фильтрации песчаного грунта K_{10} м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10 °С, вычисляют по формуле:

$$K_{10} = \frac{864 \frac{h}{t} \cdot \varphi \left(\frac{S}{H_0} \right)}{T},$$

где h – высота образца грунта в трубке, см;

S – наблюдаемое падение уровня воды в пьезометре, отсчитанное от первоначального уровня, см;

H_0 – начальный напор, см;

$\varphi \left(\frac{S}{H_0} \right)$ – безразмерный коэффициент, определяемый по табл.8.1;

t – время падения уровня воды, с;

$T = (0,7 + 0,03T_{\phi})$ – поправка для приведения значения коэффициента фильтрации к условиям фильтрации воды при температуре 10 °С, где T_{ϕ} – фактическая температура воды при опыте, °С;

864 – переводной коэффициент (из см/с в м/сут).

2) Число частных определений коэффициента фильтрации должно быть не менее трех.

3) Занести полученные значения в таблицу 3.2 с округлением результатов до 0,1м/сут, если величина коэффициента фильтрации составляет менее 5м/сут, и округлением результатов до целых чисел, если коэффициент фильтрации более 5м/сут.

Таблица 3.1

Значения $\left(\frac{S}{H_0}\right)$ и $\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$

$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\left(\frac{S}{H_0}\right)$	$\varphi\left(\frac{S}{H_0}\right)$
0,01	0,010	0,21	0,236	0,41	0,527	0,61	0,941	0,81	1,661
0,02	0,020	0,22	0,248	0,42	0,545	0,62	0,967	0,82	1,715
0,03	0,030	0,23	0,261	0,43	0,562	0,63	0,994	0,83	1,771
0,04	0,040	0,24	0,274	0,44	0,580	0,64	1,022	0,84	1,833
0,05	0,051	0,25	0,288	0,45	0,598	0,65	1,050	0,85	1,897
0,06	0,062	0,26	0,301	0,46	0,616	0,66	1,079	0,86	1,966
0,07	0,073	0,27	0,315	0,47	0,635	0,67	1,109	0,87	2,040
0,08	0,083	0,28	0,329	0,48	0,654	0,68	1,139	0,88	2,120
0,09	0,094	0,29	0,346	0,49	0,673	0,69	1,172	0,89	2,207
0,10	0,105	0,30	0,357	0,50	0,693	0,70	1,204	0,90	2,303
0,11	0,117	0,31	0,371	0,51	0,713	0,71	1,238	0,91	2,408
0,12	0,128	0,32	0,385	0,52	0,734	0,72	1,273	0,92	2,526
0,13	0,139	0,33	0,400	0,53	0,755	0,73	1,309	0,93	2,659
0,14	0,151	0,34	0,416	0,54	0,777	0,74	1,347	0,94	2,813
0,15	0,163	0,35	0,431	0,55	0,799	0,75	1,386	0,95	2,996
0,16	0,174	0,36	0,446	0,56	0,821	0,76	1,427	0,96	3,219
0,17	0,186	0,37	0,462	0,57	0,844	0,77	1,470	0,97	3,507
0,18	0,196	0,38	0,478	0,58	0,868	0,78	1,514	0,98	3,912
0,19	0,210	0,39	0,494	0,59	0,892	0,79	1,561	0,99	4,605
0,20	0,223	0,40	0,510	0,60	0,916	0,80	1,609		

Таблица 3.2

Результаты определения коэффициента фильтрации.

№ п/п	Влажность грунта, w , %		Масса, гр.					Плотность, г/см ³				
	до испытания	после испытания	грунта с кольцом		кольца	грунта		частиц грунта ρ_s	грунта ρ		сухого грунта ρ_d	
			до испытания	после испытания		до испытания	после испытания		до испытания	после испытания	до испытания	после испытания
1												
2												
3												

№ п/п	Начальный напор H_0 , см	Градиент напора J	Время начала фильтрации и отдельных замеров, сек.	Падение уровня воды в трубке S , см.	Температура воды T_f , °C	Коэффициент фильтрации K_{10} , м/сут.	Среднее значение коэффициента фильтрации K_{10} , м/сут.
1							
2							
3							

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется коэффициентом фильтрации грунта, и какие факторы влияют на его величину?
2. Для решения каких практических задач служат характеристики водопроницаемости грунтов?
3. Что называется водопроницаемостью грунтов? От чего зависит водопроницаемость грунта?
4. Опишите способы определения коэффициента фильтрации песчаного грунта в лабораторных условиях.

Лабораторная работа №4

"Определение угла естественного откоса песчаных грунтов"

Цель работы

Определить угол естественного откоса песчаного грунта в лабораторных условиях в сухом состоянии и под водой с учетом требований РСН 51-84

Сущность метода

При изучении рыхлых песчаных грунтов некоторое представление о величине внутреннего трения можно получить путем определения угла естественного откоса.

Углом естественного откоса называется угол, образуемый поверхностью свободно насыпанного песка с горизонтом.

Частицы песчаного грунта на откосе под углом естественного откоса находятся в состоянии предельного равновесия, т.е. сдвигающие усилия по наклонной плоскости будут равны удерживающим силам трения.

Величина сил трения рыхлого песчаного грунта при отсутствии сил сцепления будет определяться величиной угла внутреннего трения, следовательно, условия предельного равновесия будут характеризоваться равенством углов откоса α и внутреннего трения φ .

Таким образом, для сыпучего грунта в рыхлом состоянии угол с горизонтом свободно отсыпанного откоса (угол естественного откоса) можно приравнять к углу внутреннего трения.

Угол естественного откоса зависит от окатанности зерен, гранулометрического состава песка и не зависит от высоты откоса. Следует отметить, что угол естественного откоса песчаных грунтов под водой значительно уменьшается, особенно характерно это проявляется для пылеватых песков. Поэтому в лабораторных условиях угол естественного откоса определяют в воздушно-сухом состоянии и под водой.

Необходимо знать, что равенство угла естественного откоса углу внутреннего трения верно лишь для грунтов рыхлых, лишенных связности и сцепления. Более крутые откосы у других грунтов, которые можно наблюдать на практике при отрывке котлованов, траншей и т.п. являются прямым следствием проявления сил сцепления и связности, и в этих условиях не правильно отождествлять угол естественного откоса с углом



Рис.4.1. Прибор УВТ-3М.

внутреннего трения, а понятие об угле естественного откоса теряет практический смысл. Поэтому нельзя определять угол внутреннего трения влажных песков по углу естественного откоса, т.к. при увлажнении песка проявляется слабое сцепление. Из-за наличия глинистых и пылеватых частиц на поверхности более крупных песчаных зёрен при увлажнении могут образоваться слабые связи между зёрнами грунта, дальнейшее увеличение влажности и появление свободной воды в порах способствует некоторому обжатию грунта капиллярно зацементированной влагой. Такие явления очень часто наблюдаются на практике при работе с песчаным грунтом.

Так если засыпать в конус сухой песок, то после поднятия конуса он рассыплется, образуя поверхность под углом естественного откоса к горизонту. Если же засыпать достаточно влажный песок в конус, то после его поднятия можно наблюдать лишь частичное обрушение песчаного конуса в верхней части, либо он останется без обрушения. При проектировании различных земляных сооружений и различных технологических отсыпок, угол естественного откоса является одной из основных характеристик. При этом в зависимости от положения действительного и прогнозируемого уровня грунтовых вод используют соответственно результаты определения угла естественного откоса грунта в воздушно-сухом состоянии или под водой.

В естественных условиях угол естественного откоса определяют прямым замером при отсыпке. В лабораторных условиях применяют различные приборы, отличающиеся по конструкции и способу удаления избыточных масс грунта с образующегося откоса. Для правильного определения угла естественного откоса это условие является решающим.

В настоящей работе рассмотрено определение угла естественного откоса песка в воздушно-сухом состоянии и под водой с помощью прибора для определения угла естественного откоса УВТ-3М.

Термины и определения

Угол естественного откоса α – это предельный угол свободного отсыпания песка, при котором грунтовая масса находится в устойчивом состоянии.

Оборудование

- прибор для определения угла естественного откоса УВТ-3М (рис. 4.1);
- сито с сеткой № 2;
- нож с прямым лезвием;
- мерный сосуд.

Ход работы

1. Песчаный грунт высушивают на воздухе и просеивают через сито с сеткой № 2.
2. Отбирают среднюю пробу грунта.

3. При проведении испытания на воздухе используют сухой прибор УВТ-3М, при проведении испытания под водой – прибор УВТ-3М наполняют водой.
4. Заполняют песком два отсека.
5. Отсеки устанавливаю в прибор УВТ-3М и опрокидываю отсеки.
6. При проведении испытания под водой прибор УВТ-3М заполняют водой. Заполненные песком отсеки устанавливают в прибор. Насыщение песка водой продолжают до потемнения поверхности песка. Опрокидывают отсеки.
7. Снимают показания катетов оставшейся части песка в отсеках для определения угла естественного откоса.
8. Данные заносят в табл. 4.1.

Обработка результатов

Таблица 4.1

Результаты определений угла естественного откоса

№ отсека	Показания по шкале, мм		$\text{tg}\alpha_i$ угла естественного откоса	Угол естественного откоса отдельной пробы α_i	Угол естественного откоса α
	Верт.	Гориз.			
грунт воздушно-сухом состоянии					
1					
2					
грунт в водонасыщенном состоянии					
1					
2					

Таблица 4.2

Значения угла внутреннего трения сыпучих (не связных) грунтов

Наименование песка	Угол внутреннего трения φ , град.	
	Рыхлый	Средней плотности
Пылеватый	26	28
Мелкий	26	30
Средней крупности	28	32
Крупный	30	34

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое угол естественного откоса?
2. Как проводят испытание грунта в воздушно-сухом состоянии?
3. Как проводят испытание грунта в водонасыщенном состоянии?

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Обозначение	Наименование характеристики грунта по настоящему стандарту	Международное наименование характеристики грунта
ρ	Плотность грунта	Soil density
ρ_d	Плотность сухого грунта	Dry soil density
ρ_s	Плотность частиц грунта	Solid particles density
ρ_w	Плотность воды	Water density
e	Коэффициент пористости	Void ratio
n	Пористость	Porosity
e_{max}	Коэффициент пористости песка в предельно-рыхлом состоянии	Maximum index void ratio
e_{min}	Коэффициент пористости песка в предельно-плотном состоянии	Minimum index void ratio
I_D	Степень плотности	Density index
w	Влажность	Water content
w_{opt}	Оптимальная влажность	Optimum water content
S_r	Коэффициент водонасыщения	Degree of saturation (saturation ratio)
w_L	Граница текучести	Liquid limit
w_P	Граница раскатывания	Plastic limit
I_P	Число пластичности	Plasticity index
I_L	Показатель текучести	Liquidity index
d	Диаметр частиц	Particle diameter
C_u	Степень неоднородности гранулометрического состава	Uniformity coefficient
k_ϕ	Коэффициент фильтрации	Coefficient of permeability
E	Модуль деформации	Modulus of deformation
φ	Угол внутреннего трения	Angle of internal friction
c	Удельное сцепление	Intercept cohesion
m_0	Сжимаемость грунта	Soil compressibility

m_v	Коэффициент относительной сжимаемости	Coefficient of relative compressibility
σ	Нормальное напряжение	Normal stress
σ_{str}	Структурная прочность	Structural strength
τ	Касательные напряжения	Shear stress
	Глина	Clay
	Гравий	Gravel
	Грунт	Soil
	~ водонасыщенный	Saturated soil
	~ дисперсный	Dispersion soil
	~ заторфованный	Peaty soil
	~ насыпной искусственный	Fill, made ground
	~ пылевато-глинистый	Silty soil
	~ связный	Cohesive soil
	~ скальный	Rock soil
	~ слабый	Soft, loose
	~ сыпучий	Granular
	Механика грунтов	Soil mechanics
	Песок	Sand
	Почвенно-растительный слой	Topsoil
	Суглинок	Clay-sand, loam
	Супесь	Sand-clay

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература:

1. Механика грунтов, основания и фундаменты. / С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский и др. / Под ред. С.Б. Ухова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2002. – 566 с.
2. Основы механики грунтов и инженерной геологии. / Н.Н. Маслов. / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1968. – 630 с.

Дополнительная литература:

3. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – Л., 1988. – 409 с.
4. Малышев М.В., Болдырев Г.Г. Механика грунтов. Основания и фундаменты (в вопросах и ответах): учебное пособие. – М.: АСВ, 2000. – 320 с.
5. ГОСТ 25100-2020. "Грунты. Классификация".
6. ГОСТ 12071-2014. "Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов".
7. ГОСТ 12536-2014. "Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава".
8. ГОСТ 5180-2015. "Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик".
9. ГОСТ 22733-2016. "Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности".
10. ГОСТ 25584-2016. "Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации (с Изменением N 1)".
11. ГОСТ 12248-2010. "Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости".
12. ГОСТ 20522-2012. "Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний".
13. РСН 51-84. "Инженерные изыскания для строительства. Производство лабораторных исследований физико-механических свойств грунтов".

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
на выполнение курсовой работы по дисциплине
«Механика грунтов, основания и фундаменты»

Методические указания

Составитель
СТЕПАНОВ Максим Андреевич

В авторской редакции

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.