

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова»

Е. И. Вяткина, И. В. Носков

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО ОСНОВАМ ГЕОТЕХНИКИ
(раздел «Механика грунтов»)**

*Рекомендовано Алтайским государственным техническим
университетом им. И.И. Ползунова в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
08.03.01 «Строительство»*

ISBN 978-5-7568-1334-0



Изд-во АлтГТУ
Барнаул – 2020

УДК 624.131.5(076.5)

Вяткина, Е. И. Лабораторный практикум по основам геотехники (раздел «Механика грунтов») [Электронный ресурс] / Е. И. Вяткина, И. В. Носков ; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1,92 МБ). – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2020. – Режим доступа : http://elilib.altstu.ru/uploads/open_mat/2020/mehan-grunt.pdf

ISBN 978-5-7568-1334-0

В лабораторном практикуме даны лабораторные методы определения показателей состояния и свойств грунтов, изложенные в виде инструктивных указаний, содержащих перечень действующих нормативных документов.

В практикуме приведены программы по обработке результатов, полученных при выполнении лабораторных работ, с использованием ЭВМ, разработанные на кафедре «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ.

Практикум подготовлен кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ им. И.И. Ползунова и рекомендован АлтГТУ им. И.И. Ползунова в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Рецензенты:

В. Н. Лютов, зав. кафедрой «Технология и механизация строительства» АлтГТУ, к.т.н., доцент;

Л. В. Нуждин, профессор кафедры «Инженерная геология, основания и фундаменты» Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин), к.т.н, профессор

ISBN 978-5-7568-1334-0

© Е. И. Вяткина, И. В. Носков, 2020

© Алтайский государственный технический университет
им. И.И.Ползунова, 2020

Содержание

Общие положения.....	4
I. Определение свойств песчаных грунтов.....	5
Лабораторная работа № 1. Определение гранулометрического (зернового) состава песка и степени его неоднородности (ГОСТ 12536-2014).....	5
Лабораторная работа № 2. Определение угла внутреннего трения песчаных грунтов по углу естественного откоса.....	9
Лабораторная работа № 3. Определение коэффициента фильтрации песков (ГОСТ 25584-2016).....	10
Выводы.....	13
II. Определение физико-механических свойств глинистых грунтов	14
Лабораторная работа № 4. Определение плотности грунта методом режущего кольца и природной влажности грунта весовым способом (ГОСТ 5180-2015).....	15
Лабораторная работа № 5. Определение пределов пластичности глинистых грунтов (ГОСТ 5180-2015). Вычисление производных физических характеристик грунта.....	17
Лабораторная работа № 6. Определение прочностных характеристик глинистых грунтов (ГОСТ 12248-2010).....	23
Лабораторная работа № 7. Сжимаемость грунтов. Определение относительной просадочности грунта (ГОСТ 12248-2010, ГОСТ 23161-2012).....	28
Выводы.....	37
III. Обработка результатов лабораторных испытаний грунтов на ЭВМ.....	38
3.1 Определение гранулометрического (зернового) состава песка и степени его неоднородности.....	38
3.2 Определение типа глинистого грунта.....	38
3.3 Обработка компрессионных испытаний грунта.....	40
3.4 Сопротивление грунта сдвигу.....	40
Приложения	
Приложение А. Выдержки из ГОСТ 25100-2011.....	42
Приложение Б. Выдержки из ГОСТ 5180-2015.....	69

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Лабораторный практикум по курсу основы геотехники (раздел Механика грунтов) выполняют студенты всех форм обучения по направлению «Строительство».

2. Целью работ является ознакомление студентов с современными методами лабораторных исследований физико-механических свойств горных пород.

3. Методики определений показателей изложены по действующим ГОСТам в виде инструктивных указаний.

4. В учебном пособии единицы измерения физических величин приведены в системе СИ и в соответствии с ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация».

5. Перед началом каждой работы студенты должны ознакомиться с ее содержанием, необходимым оборудованием, ходом работы.

6. Все записи делаются в журнале лабораторных работ четко и разборчиво.

7. Работа выполняется бригадой в 3-4 человека. Все виды записей и графики каждый студент делает в своем журнале.

8. В конце каждого занятия студент заносит все необходимые данные в журнал, делает необходимые выводы и оставляет журнал для просмотра преподавателю.

9. Перед началом лабораторных работ все студенты должны ознакомиться с правилами техники безопасности и расписаться в журнале.

10. На каждое занятие назначается дежурная бригада, которая получает и сдает все оборудование сотруднику кафедры.

11. Обработка результатов, полученных при выполнении лабораторных работ, может вестись на ЭВМ по программам, разработанным на кафедре «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия» АлтГТУ.

12. Перечень ГОСТов, в соответствии с которыми выполняются лабораторные исследования и обработка полученных результатов, приводится в конце каждой лабораторной работы.

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

В классе грунтов без жестких структурных связей в группе осадочных несцементированных выделена группа обломочных песчаных пород, среди которых разделение на типы проводится по гранулометрическому составу, согласно ГОСТ 25100-2011 /2/.

По степени неоднородности гранулометрического состава выделяют песок однородный и неоднородный.

Для ориентировочного представления о сопротивлении песчаных грунтов сдвигу по коэффициенту внутреннего трения определяют угол их естественного откоса в сухом состоянии.

Водопроницаемость песков численно характеризуется коэффициентом фильтрации.

После выполнения лабораторных работ № 1, 2 и 3 составляется сводная таблица свойств исследуемого песка.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО (ЗЕРНОВОГО) СОСТАВА ПЕСКА И СТЕПЕНИ ЕГО НЕОДНОРОДНОСТИ (ГОСТ 12536-2014) /1/

Под гранулометрическим или зерновым составом песка понимается относительное содержание в нем (по массе) частиц разной величины.

Определение гранулометрического состава необходимо для решения ряда практических вопросов, важнейшими из которых являются:

1. Классификация грунтов по зерновому составу согласно ГОСТ 25100-2011 /2/ (приложение А, таблица Б. 9).

2. Приближенное вычисление водопроницаемости по эмпирическим формулам.

3. Оценка пригодности грунтов для использования их как строительных материалов, в качестве насыпей и др.

Основным методом определения гранулометрического состава чистых песков является анализ на ситах без промывки водой (п. 4.2 ГОСТ 12536-2014 /1/).

Необходимое оборудование:

1. Комплект сит с отверстиями диаметром 5 мм, 4 мм, 3 мм, 2 мм, 1 мм, 0,5 мм, 0,25 мм.

2. Аналитические весы.
3. Ступка и пестик с резиновым наконечником.
4. Шпатель и кисточка.

Ход работы:

1. Берут среднюю навеску песка методом квартования. Для этого высушенный на воздухе образец тщательно перемешивают, выбирают гальку и гравий, распределяют ровным слоем на листе плотной бумаги, шпателем делят на квадраты, проведя борозды в продольном и поперечном направлениях, и с каждой четверти отбирают немного песка в состав средней пробы.

2. Из средней пробы взвешивают на весах навеску песка 100 г с точность 0,01 г.

3. Пробу пропускают через набор сит 5-0,25 мм. Предварительно сита собирают в колонку так, чтобы отверстия их уменьшались сверху вниз. Под нижнее сито подставляют поддон, а на верхнее сито, после высыпания пробы, надевают крышку (рисунок 1.1). Просеивание осуществляют с помощью легких боковых ударов ладонями рук до полной сортировки частиц грунта.



4. Содержимое каждого сита, начиная с крупного, переносят в ступку и дополнительно обрабатывают пестиком, после чего вновь просеивают сквозь то же сито. Оставшееся после повторного просеивания содержимое на каждом сите и из поддона взвешивают с точностью до 0,01 г и записывают в журнал ситового анализа по фракциям в % (таблица 1.1).

5. Для контроля складывают массы отдельных фракций. При расхождении веса более чем на 1% анализ повторяют. Потерю грунта при просеивании распределяют по всем фракциям пропорционально их весу. В журнал вносят поправки.

Рисунок 1.1 – Комплект сит для гранулометрического анализа

Таблица 1.1 – Журнал ситового анализа

Нименование грунта	Фракции грунта, %								Тип по ГОСТ 25100-2011
	>5 мм	5-4	4-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25	
Песок									

6. Степень неоднородности гранулометрического состава песчаных грунтов определяется по формуле А.13 /2/:

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

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

Степень неоднородности C_u не может быть меньше 1 и практически не бывает больше 200. Чем меньше величина C_u , тем однороднее грунт.

Если $C_u \leq 3$ – грунт однородный по грансоставу, при $C_u > 3$ – неоднородный по грансоставу (приложение А, таблица Б.10).

Величины d_{60} и d_{10} определяются графически по кривой неоднородности грансостава, построение которой выполняется в прямоугольной системе координат (рисунок 1.2): по оси абсцисс откладывают величины диаметров частиц в мм, а по оси ординат - суммы процентов фракций от меньшего диаметра к большему. Подсчет суммарного содержания фракций выполняется в таблице 1.2.

Исследованиями установлено, что на свойства грунта главным образом влияют частицы, приходящиеся на указанный участок кривой.

Пример заполнения таблицы 1.2 и построения кривой неоднородности грансостава приведены на рисунке 1.3.

Таблица 1.2 – Суммарное содержание фракций песчаного грунта

d, мм	% содержание	Сумма %
<0,25		
0,25		
0,5		
1,0		
2,0		
3,0		
4,0		
5,0		

7. В соответствии с ГОСТ 25100-2011/2/ по коэффициенту пористости e песчаные грунты подразделяют на плотные, средней плотности и рыхлые (приложение А, таблица Б.12); по коэффициенту водонасыщения S_r пески подразделяют на малой степени водонасыщенные, средней степени водонасыщенные и водонасыщенные (приложение А, таблица Б.11).

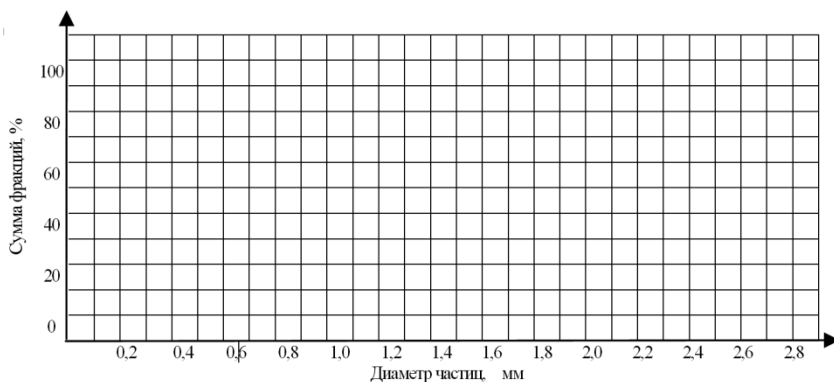


Рисунок 1.2 – Кривая неоднородности грансостава

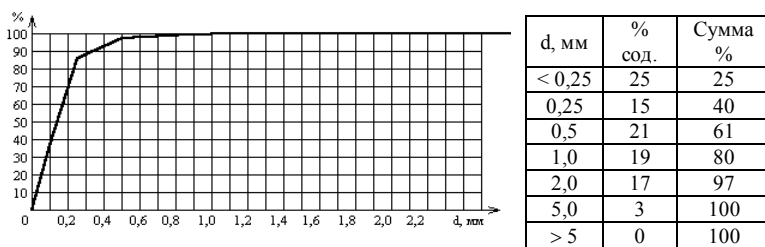


Рисунок 1.3 – Пример заполнения таблицы суммарного содержания фракций грунта и построения кривой неоднородности грансостава

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2015. – 22 с.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2013. – 38 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ ПО УГЛУ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА

Прочность грунта нарушается, если в нем возникают касательные напряжения, превышающие его предельное сопротивление сдвигу, в результате чего образуется опасная поверхность скольжения.

В песках сопротивление сдвигу обусловлено влиянием сил внутреннего трения грунта и коэффициент внутреннего трения равен тангенсу угла его предельного или естественного откоса.

Углом естественного откоса называют угол, при котором неукрепленный откос песчаного грунта сохраняет равновесие, или угол, под которым располагается свободно насыпанный песок.

Угол естественного откоса определяется в воздушно-сухом состоянии.

Необходимое оборудование:

1. Прибор УВТ-2.
2. Совочек для засыпки песка.

Ход работы:

1. Необходимыми порциями песок засыпают в собранный прибор (рисунок 1.4), установленный на горизонтальной площадке.

2. Придерживая основание прибора, осторожно снимают конус.

3. Берут отсчет по шкале, установленной в центре диска.

4. Опыт повторяют дважды. Записи делают в журнале (таблица 1.3).

За угол естественного откоса принимается среднее значение из двух определений.

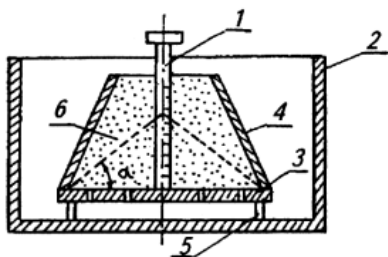


Рисунок 1.4 – Прибор УВТ-2
для определения угла естественного
откоса:

- 1 – шкала; 2 – резервуар;
- 3 – мерительный столик;
- 4 – обойма; 5 – опоры;
- 6 – образец песка

Таблица 1.3 – Журнал определения угла естественного откоса

	В воздушно-сухом состоянии
Определение 1	
Определение 2	
Среднее значение	
Коэффициент внутреннего трения $f = \operatorname{tg} \alpha$	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ФИЛЬТРАЦИИ ПЕСКОВ (ГОСТ 25584-2016) /2/

Коэффициент фильтрации является физической характеристикой водопроницаемости грунтов. Он представляет собой скорость фильтрации воды в грунтах при гидравлическом градиенте 1, равном единице, и имеет размерность см/сек. и м/сут. ($1 \text{ см/сек.} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/сут.}$). Коэффициент фильтрации для песков определяется в полевых условиях методом откачки или налива воды в шурфы, расчетными методами (по гранулометрическому составу) или в лабораторных условиях на приборах различных конструкций. Величина коэффициента фильтрации колеблется в больших пределах. Для песков обычно от 0,01 до 0,001 см/сек.

Значение коэффициента фильтрации используется при определении притока воды в строительные котлованы, при подсчете запасов подземных вод, при проектировании дренажных сооружений, насыпных фильтров и др.

Лабораторная работа № 3 предусматривает определение коэффициента фильтрации песчаного грунта в приборе «трубка СПЕЦГЕО» (рисунок 1.5) в соответствии с п. 4.2 /2/.

Необходимое оборудование:

1. Секундомер.
2. Сосуд с водой.
3. Трубка СПЕЦГЕО.
4. Термометр

Ход работы:

1. На фильтрационную трубку 6 (рисунок 1.5) надевают нижнюю крышку 7 и затем через верх слоями в 1-2 см с легкой трамбовкой наполняют ее песком. Затем на трубку надевают верхнюю крышку 5.

2. В наружный стакан 3 наливают воды примерно на 1/3 его высоты, измеряют ее температуру, и внутренний стакан 2 вывинчивают вверх до отказа. На дно стакана 2 устанавливают фильтрационную трубку и медленно, с остановками, его завинчивают, опуская в нижнее положение для насыщения породы водой, до появления пленки воды на ее поверхности.

3. Вывинчивают внутренний стакан 2 с фильтрационной трубкой вверх до отказа (напорный градиент $I = 1$).

4. Заполняют водой мерный цилиндр 4, зажимают его отверстие большим пальцем, и быстро опрокинув его, вставляют в крышку фильтрационной трубки так, чтобы его горлышко соприкасалось с латунной сеткой, плотно лежащей на породе.

5. В таком виде мерный сосуд работает как сосуд Бойля-Мариотта, автоматически поддерживая над породой постоянный уровень воды 1-2 мм. Как только этот уровень вследствие просачивания воды через породу понизится, в мерный цилиндр прорывается пузырек воздуха и вытекает соответствующее количество воды.

6. Если в мерный цилиндр прорываются крупные пузырьки воздуха, это свидетельствует о том, что горлышко трубки отстоит от поверхности породы на значительном расстоянии. В этом случае зарядку прибора повторяют.

7. Отмечают по шкале уровень воды в мерном цилиндре 4, пускают секундомер и через определенное время замечают второй уровень воды в мерном цилиндре, что дает возможность определить расход воды Q , профильтровавшейся за время T секунд.

8. Для определения среднего значения величины коэффициента фильтрации при напорном градиенте $I = 1$, замеры воды повторяют при различных положениях уровня воды в мерном сосуде за время T секунд - 3 раза. Данные записывают в журнал (таблица 1.4).

9. Опускают внутренний стакан 2 вниз до отметки на шкале 0,6 (напорный градиент равен $I = 0,6$) и проводят определение коэффициента фильтрации, согласно пунктам 7 и 8.

10. Коэффициент фильтрации грунта K_{10} , м/сут, приведенный к условиям фильтрации при температуре 10°C , вычисляют по формуле 4/2/:

$$K_{10} = \frac{864V_w}{t_m A T I}, \quad \text{м/сут,}$$

где V_w – объем профильтровавшейся воды, см^3 ;

t_m – средняя продолжительность фильтрации (по замерам при одинаковых расходах воды), сек;

A – площадь поперечного сечения цилиндра фильтрационной трубки, см^2 ,
 $A = 25 \text{ см}^2$;

I – градиент напора, $I = 1$ и $I = 0,6$;

$T = 0,7 + 0,03T_w$ – поправка для приведения значения коэффициента фильтрации воды при температуре 10°C , где T_w – фактическая температура воды, $^\circ\text{C}$, при испытании;

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

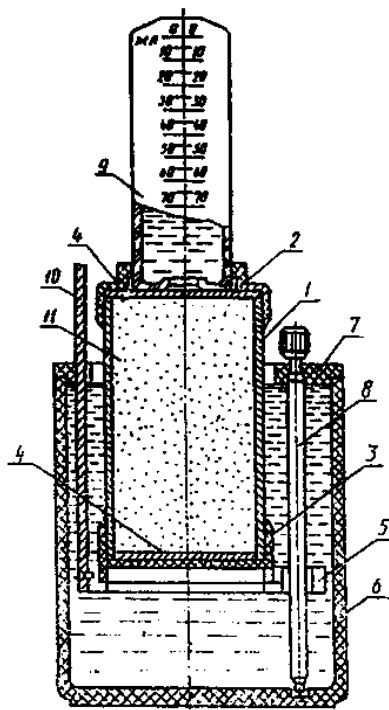


Рисунок 1.5 – Трубка СПЕЦТЕО:

- 1 – цилиндр; 2 – муфта;
- 3 – перфорированное дно;
- 4 – латунная сетка;
- 5 – подставка; 6 – корпус;
- 7 – крышка; 8 – подъемный винт; 9 – стеклянный баллон со шкалой объема фильтрующейся жидкости; 10 – планка со шкалой градиентов напора; 11 – образец грунта

Коэффициент фильтрации вычисляют до второй значащей цифры и для каждого значения напорного градиента подсчитывается среднее значение коэффициента фильтрации.

11. По величине коэффициента фильтрации, согласно ГОСТ 25100-2011 /1/, грунты подразделяются по степени водопроницаемости (приложение А, таблица Б.7).

Таблица 1.4 – Журнал определения коэффициента фильтрации

Напорный градиент	$I = 1$			$I = 0,6$		
Замеры	1	2	3	1	2	3
Время фильтрации, t_m , сек.						
Объем воды, V_w , см ³						
Температура воды, T_w , °C						
Коэффициент фильтрации K_{10} при $t = 10^\circ\text{C}$, м/сут.						
Среднее значение K_{10} , м/сут.						

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2013. – 38 с.

2. ГОСТ 25584-2016. Грунты. Метод лабораторного определения коэффициента фильтрации. М.: Стандартинформ, 2016. –19 с.

ВЫВОДЫ

Результаты определения свойств песчаного грунта заносятся в сводную таблицу 1.5 и могут быть использованы при курсовом или дипломном проектировании как характеристики песка определенной стройплощадки.

Таблица 1.5 – Сводная таблица свойств песка по данным лабораторных исследований

Грансостав, %								Угол естественного откоса	Коэффициент внутреннего трения f	K_{10} , м/сут		Однородность	
> 5 мм	5-4	4-3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	< 0,25			при $I = 1$	при $I = 0,6$	C_u	Определение

Классификация грунта по ГОСТ 25100-2011 (приложение А) _____

II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Свойства грунтов оцениваются их физическими и механическими характеристиками, которые зависят от качественного и количественного соотношения компонентов грунта. Физико-механические свойства грунтов характеризуют их физическое состояние, отношение к воде и закономерности изменения прочности и деформируемости.

Изучение физико-механических свойства глинистых грунтов в лабораторных условиях производится на образцах ненарушенной структуры (монолитах), отбор и хранение которых должны соответствовать ГОСТ 12071-2014 /2/.

Лабораторные работы №№ 4-7 предусматривают определение как основных, определяемых лабораторными методами, так и производных, устанавливаемых расчетом, характеристик физико-механических свойств глинистых грунтов.

Основными физическими характеристиками грунтов являются:

ρ – плотность грунта, г/см³;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³;

w – природная влажность, д. е.

Вычисляемыми (производными) характеристиками грунтов являются:

ρ_d – плотность сухого грунта (плотность скелета грунта), г/см³;

n – пористость, %;

e – коэффициент пористости, д. ед.;

J_p – число пластичности, д. ед.;

J_L – показатель текучести;

w_p – влажность на границе раскатывания, д. ед.;

w_l – влажность на границе текучести, д. ед. и др.

После выполнения лабораторных работ №№ 4-7 составляется сводная таблица свойств исследуемого глинистого грунта (таблица 2.10).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ГРУНТА МЕТОДОМ РЕЖУЩЕГО
КОЛЬЦА И ПРИРОДНОЙ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА ВЕСОВЫМ
СПОСОБОМ (ГОСТ 5180-2015) /1/

1. Определение плотности грунта методом режущего кольца (п. 9 ГОСТ 5180-2015 /1/).

Плотностью грунта называется отношение массы образца грунта к занимаемому им объему.

Необходимое оборудование:

1. Режущее кольцо.
2. Нож для зачистки грунта.
3. Аналитические весы.
4. Монолит грунта.

Ход работы:

1. Кольца-пробоотборники нумеруют, измеряют внутренний диаметр и высоту с погрешностью не более 0,1 мм и взвешивают. По результатам измерений вычисляют объем кольца с точностью до 0,1 см³.

2. Путем постепенного погружения кольца в монолит грунта, внутреннюю часть кольца заполняют грунтом. Торцы грунтового образца зачищают ножом вровень с краями кольца и накрывают фильтровальной бумагой.

3. Кольцо с грунтом взвешивают.

4. Плотность грунта вычисляют по формуле 2 приложения Б:

$$\rho = (m_1 - m_0)/V, \text{ г/см}^3,$$

где m_1 – масса грунта с кольцом, г;

m_0 – масса кольца, г;

V – внутренний объем кольца, см³.

5. Вычисляют удельный вес грунта по формуле:

$$\gamma = \rho \cdot g, \text{ кН/м}^3,$$

где g – ускорение свободного падения.

6. Результаты заносятся в журнал определения плотности породы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Журнал определения плотности породы

№ кольца	Параметры кольца				Масса грунта с кольцом m_1 , г	Плотность отдельного образца ρ , г/см ³	Среднее значение плотности ρ , г/см ³	Удельный вес γ , кН/м ³
	Площадь S , см ²	Высота h , см	Объем V , см ³	Масса m_0 , г				

2. Определение природной влажности грунта весовым способом (высушивание до постоянной массы) (п. 5 ГОСТ 5180-2015 /2/).

Влажностью грунта называется отношение массы воды, содержащейся в данном объеме грунта, к массе этого объема грунта, высушенного при температуре 100-105 °С до постоянной массы.

Необходимое оборудование:

1. Бюксы с крышками.
2. Аналитические весы.
3. Сушильный шкаф.
4. Эксикатор.

Ход работы:

1. Взвешивают бюксы с крышками, данные записывают в журнал (таблица 2.2).

2. Пробу исследуемого грунта, не менее чем по 15 г, помещают в бюксы, закрывают крышкой, каждый взвешивают, данные записывают в журнал (таблица 2.2).

3. Открывают крышки бюксов, надевают их на донышко и ставят бюксы в сушильный шкаф.

4. Выдерживают образцы в сушильном шкафу при температуре 100-105 °С до постоянного веса (не менее 6 часов).

5. Закрывают бюксы крышками, переносят в сухой эксикатор и дают остыть 30-40 минут.

6. Взвешивают охлажденные бюксы с грунтом, данные записывают в журнал (таблица 2.2).

7. Вычисляют влажность для каждого образца по формуле 1 приложения Б:

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m}, \text{ д. е.},$$

где m – масса бюкса с крышкой без грунта, г;

m_1 – масса бюкса с крышкой и с грунтом до высушивания, г;

m_0 – то же, после высушивания, г.

Все взвешивания выполняются на весах с точностью 0,01 г. Значение влажности берется как среднее из двух параллельных определений.

Таблица 2.2 – Журнал определения природной влажности весовым способом

Номера бюксов	Масса бюкса m , г	Масса бюкса с влажным грунтом m_1 , г	Масса бюк- са с сухим грунтом m_0 , г	Влажность грунта w , д. ед.	Среднее значение влажности $w_{ср}$, д. ед.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. - М. : Стандартиформ, 2016. –20 с.
2. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. - М. : Стандартиформ, 2015. –10 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ПЛАСТИЧНОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ (ГОСТ 5180-2015) /1/.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА (ГОСТ 25100-2011) /2/

При изменении влажности глинистых грунтов изменяются их состояние и свойства.

Глинистые грунты могут находиться в твердом, пластичном и текучем состояниях (ГОСТ 25100-2011 /2/).

Переход глинистой породы из одного состояния в другое совершается при определенных значениях влажности, которые называются пределами.

Влажность, выраженная в долях единицы, при которой грунт переходит из пластичного состояния в текучее, называется верхним пределом пластичности или *границей текучести* – W_L .

Влажность, выраженная в долях единицы, при которой грунт переходит из пластичного состояния в твердое, называется нижним пределом пластичности или *границей раскатывания* – W_p .

Разность между значениями влажности на границе текучести и на границе раскатывания называется числом пластичности I_p .

$$I_p = W_L - W_p.$$

В зависимости от числа пластичности, согласно ГОСТ 25100-2011 /2/, глинистые грунты подразделяются на супеси, суглинки и глины (приложение А, таблица Б.16 и таблица Б.17) .

Сравнение естественной влажности грунта с влажностью на границе раскатывания и текучести позволяет установить состояние его по текучести. Показатель текучести определяется по формуле:

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{w - w_p}{I_p}.$$

Необходимое оборудование:

1. Бюксы с крышками – 4 шт.
2. Аналитические весы.
3. Сушильный шкаф.
4. Эксикатор.
5. Сито с отверстиями 0,5 мм.
6. Металлическая или фарфоровая чашка.
7. Дистиллированная вода.
8. Шпатель.
9. Ступка и пестик с резиновым наконечником.
10. Балансирный конус (общая масса 76 г, угол при вершине 30°).
11. Стаканчик высотой не менее 4 см, диаметром не менее 2 см.
12. Пластика стеклянная или пластмассовая.
13. Технический вазелин.

1. Определение границы текучести - верхнего предела пластичности методом балансирного конуса по ГОСТ 5180-2015 /1/.

Методика определения границы текучести приведена в соответствии с ГОСТ 5180-2015 (приложение Б, п. 7).

Ход работы:

1. Взвешивают два бюкса с крышками и данные записывают в журнал (таблица 2.3).
2. Образец грунта естественной влажности разминают шпателем или размельчают пестиком, а затем протирают или просеивают (в зависимости от образца) сквозь сито с отверстиями 0,5 мм.
3. Переносят грунт, прошедший сквозь сито, в чашку, увлажняют его до состояния густого теста при одновременном перемешивании и

оставляют в закрытом стеклянном сосуде не менее чем на два часа.

4. Увлажненное грунтовое тесто тщательно перемешивают шпателем и без пустот заполняют им стаканчик (рисунок 2.1). Поверхность заравнивают шпателем вровень с краями стаканчика. Стаканчик ставят на подставку.

5. Подносят к поверхности грунтового теста острие конуса, смазанное тонким слоем вазелина, опускают конус, дают ему свободно погрузиться в тесто под влиянием собственной массы.

6. Если конус погрузится до круговой метки в 4-5 точках, т. е. на глубину 10 мм за 5 секунд, верхний предел считается достигнутым.

7. Погружение конуса в грунтовое тесто меньше 10 мм показывает, что влажность теста не достигла верхнего предела. Грунтовое тесто следует извлечь из стаканчика, добавить немного дистиллированной воды, тщательно перемешать и повторить операции по п. п. 5, 6.

8. Когда верхний предел пластичности достигнут, берут из стаканчика две пробы, каждая массой не менее 15 г и определяют ее влажность весовым способом, описанным в лабораторной работе № 4.

9. Все взвешивания производят на весах с точностью до 0,01г.

10. Расхождения в результатах параллельных определений допускается не более 2%.

11. Все результаты записывают в журнал определения влажности на границе текучести (таблица 2.3).

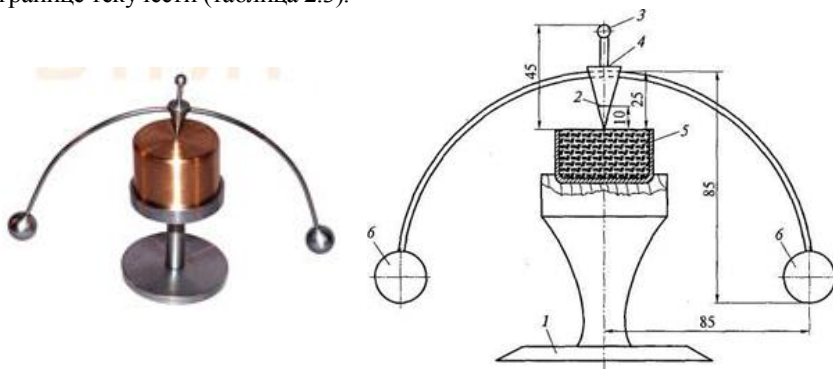


Рисунок 2.1 – Баласирный конус для определения предела текучести глинистых пород стандартным методом:

- 1 – подставка; 2 – круговая метка; 3 – ручка; 4 – баласирный конус;
- 5 – стаканчик с подготовленной для испытания породой;
- 6 – баласирный шар

Таблица 2.3 – Журнал определения влажности на границе текучести

Номера бюксов	Масса бюкса m , г	Масса бюкса с влажным грунтом m_1 , г	Масса бюкса с сухим грунтом m_0 , г	Влажность границы текучести w_L , д. ед.	Среднее значение влажности w_L

2. Определение границы раскатывания - нижнего предела пластичности по ГОСТ 5180-2015 /1/

Методика определения границы текучести приведена в соответствии с ГОСТ 5180-2015 (приложение Б, п. 8).

Ход работы:

1. Увлажненное грунтовое тесто тщательно перемешивают, берут из него небольшой кусочек и раскатывают руками на стеклянной или пластмассовой пластинке или на листе плотной бумаги до образования жгута диаметром около 3 мм при длине 3-10 см. Если при такой толщине жгут не крошится, его мнут, перемешивают и вновь раскатывают, пока при диаметре 3 мм жгутик не начнет делиться по всей длине поперечными трещинами на кусочки длиной 3-10 мм.

2. Собирают кусочки жгута в 2 заранее взвешенных бюкса (не менее 15 г в каждый) и определяют их весовую влажность, как указано в лабораторной работе № 4. Запись делают в журнале (таблица 2.4).

3. Взвешивание производят на весах с точностью 0,01г.

4. Расхождения в результатах параллельных определений не должны превышать 2%.

Таблица 2.4 – Журнал определения влажности на границе раскатывания

Номера бюксов	Масса бюкса m , г	Масса бюкса с влажными жгутами грунта m_1 , г	Масса бюкса с сухими жгутами грунта, m_0 , г	Влажность на границе рас- катывания w_p , д. ед.	Среднее значение влажности w_p

3. Вычисление производных физических характеристик грунта.

1. Пластичность глинистого грунта определяется расчетом по величине естественной влажности w (лабораторная работа № 4), влажности верхнего предела пластичности w_L и влажности нижнего предела пластичности w_p (лабораторная работа № 5, п. п. 2 и 3).

Вычисляют число пластичности I_p (формула А.17 приложения А):

$$I_p = W_L - W_p.$$

По числу пластичности определяют разновидность глинистого грунта по ГОСТ 25100-2011 /2/ (приложение А, таблица Б.17)

2. Выполняют расчет показателя текучести и определяют состояние глинистого грунта согласно ГОСТ 25100-2011 /2/.

Показатель текучести определяется по формуле А.9 приложения А:

$$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p} = \frac{w - w_p}{I_p}.$$

По показателю текучести определяют разновидность глинистого грунта по форме пластичности по ГОСТ 25100-2011 /2/ (приложение А, таблица Б.19).

3. Плотность сухого грунта ρ_d .

Плотностью сухого грунта ρ_d называется масса единицы объема грунта естественного сложения в абсолютно сухом состоянии.

Расчетная формула для определения плотности сухого грунта определяется по ГОСТ 5180-2015 /1/(формула 7 приложения Б):

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}, \quad \text{г/см}^3.$$

По плотности сухого грунта грунты подразделяют согласно ГОСТ 25100-2011 /2/ (приложение А, таблица Б. 2).

4. Пористость грунта n .

Пористостью n называется выраженное в процентах отношение объема пор в данном объеме грунта к объему грунта в целом. Пористость определяется по ГОСТ 25100-2011 /2/ (формула А.11 приложения А):

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} 100\%.$$

Плотность частиц грунта ρ_s приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Значение плотности частиц грунта

Гранулометрический тип	Среднее значение плотности частиц
Супеси	2,70
Суглинки	2,71
Глины	2,74

5. Коэффициент пористости e .

Коэффициентом пористости e называется выраженное в долях единицы отношение объема пор в данном объеме грунта к объему твердых частиц, содержащихся в этом же объеме грунта.

Коэффициент пористости определяется по ГОСТ 25100-2011 /2/ (формула А.5 приложения А):

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}.$$

По коэффициенту пористости пески подразделяют по плотности сложения согласно ГОСТ 25100-2011 /2/ (приложение А, таблица Б. 12).

6. Коэффициент водонасыщения S_r - показатель степени заполнения объема пор в грунте водой. Вычисляется как отношение массы воды, заключенной в порах некоторого объема грунта естественной влажности, к массе воды в этом же грунте при его полном водонасыщении. Определяется по ГОСТ 25100-2011 /2/ (формула А.1 приложения А):

$$S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w}, \text{ д. ед.,}$$

где ρ_w – плотность воды, равная 1 г/см³.

По коэффициенту водонасыщения S_r согласно ГОСТ 25100-2011 /2/ крупнообломочные грунты и пески подразделяются на разновидности (приложение А, таблица Б.11).

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. - М. : Стандартинформ, 2016. –20 с.
2. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М. : Стандартинформ, 2013. – 38 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ПО ГОСТ 12248-2010 /2/

Цель работы – определение параметров прочности грунта φ и C : φ – угол внутреннего трения (градусы); C – удельное сцепление глинистого грунта (МПа).

Общие сведения о требованиях ГОСТ 12248-2010 /2/

Правильный выбор показателей сопротивления сдвигу, как основных прочностных характеристик грунтов, имеет первостепенное значение для практики, т. к. они обуславливают точность инженерных расчетов по определению предельной нагрузки на грунт, устойчивости массивов грунта и давления грунтов на ограждения.

Сопротивление сдвигу одного и того же грунта непостоянно и зависит от физического состояния грунта - степени нарушенности естественной структуры, плотности, влажности, а также от условий производства испытаний (конструкция прибора, размеры образца, скорость сдвига и т. д.).

Для получения наиболее достоверных данных испытания на сдвиг должны всегда проводиться в условиях, максимально приближающихся к условиям работы грунта под сооружением или в самом сооружении.

Методика испытаний определяется ГОСТ 12248-2010 (п. 5 /2/). В зависимости от вида грунтов, их состояния, характера нагружений грунтовых оснований под зданиями и сооружениями сопротивление грунтов сдвигу может определяться двумя методами:

- 1) консолидированный срез;
- 2) неконсолидированный срез.

ГОСТ 12248-2010 /2/ требует проведения испытаний для грунтовых образцов, находящихся в двух состояниях: при естественной влажности и в водонасыщенном состоянии.

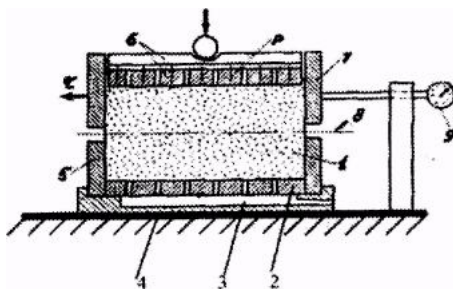
В нашем случае работа преследует цель дать лишь общее представление о методике испытаний. Условно считается, что за основу принята методика консолидированного сдвига грунтовых образцов при сохранении естественной влажности грунтов.

Определение сопротивления сдвигу глинистых грунтов

Настоящая лабораторная работа предусматривает определение сопротивления грунта сдвигу в одноплоскостном срезном приборе с верхней подвижной обоймой (рисунок 2.2).



а) общий вид прибора



б) принципиальная схема прибора

Рисунок 2.2 – Одноплоскостной срезной прибор прямого сдвига:
 1 – образец грунта; 2 – фильтр; 3 – поддон; 4 – станина; 5 – неподвижное кольцо-обойма; 6 – фильтр-штамп; 7 – подвижное кольцо-обойма;
 8 – плоскость сдвига; 9 - индикатор для замера деформаций сдвига

Лабораторные испытания грунтов для определения показателей трения и сцепления способом поперечного сдвига производятся путем последовательного среза 3-х образцов исследуемого грунта. Образцы предварительно не уплотняются или уплотняются в продолжение короткого времени, за которое не наступает полной консолидации. Сдвиг быстрый, т. е. увеличение сдвигающей силы производят быстро, не дожидаясь прекращения деформаций, для лессовидных грунтов - при полном водонасыщении грунта.

Срез производится при трех значениях нормального давления:

образец № 1 - $P_1 = 0,1$ МПа;

образец № 2 - $P_2 = 0,2$ МПа;

образец № 3 - $P_3 = 0,3$ МПа.

Такая схема (незавершенное уплотнение и быстрый сдвиг) характеризует возможное сопротивление сдвигу грунтов в начальные моменты приложения вертикальных (сжимающих) нагрузок от сооружения.

Согласно теории предельного напряженного состояния, связь между сопротивлением сдвигу и нормальным давлением в плоскости среза выражается уравнением:

Необходимое оборудование:

1. Сдвиговой прибор ГП-30. Основные характеристики прибора: высота кольца 35-50 мм; диаметр кольца – 71,4 мм; площадь поперечного сечения – 40 см².
2. Монолит образца грунта ненарушенной структуры и естественной влажности, отобранный согласно ГОСТ 12071-2014 /1/.
3. Нож с ровным краем.
4. Секундомер.
5. Технический вазелин.

Ход работы:

1. Подготавливают три образца. Для чего вскрывают монолит и на его поверхности выравнивают площадку. Поверхность металлической обоймы смазывают вазелином и устанавливают ее на монолит заостренным краем вниз. Обрезая грунт ножом вокруг обоймы, постепенно врезают ее в грунт. Ровным краем ножа срезают лишний грунт с торцов и покрывают их влажной фильтровальной бумагой. Подобным образом вырезают три образца.

2. Подготавливают прибор:

а) соединяют разъемное кольцо прибора и закрепляют его неподвижно стопорными винтами;

б) устанавливают индикатор часового типа с ценой делений 0,01 мм в гнездо горизонтально.

3. С помощью подвижной рычажной системы грунт из цельной обоймы переводят в разъемное кольцо сдвигового прибора.

4. Прикладывают первое заданное вертикальное давление, равное $P_{0,1} = 0,1$ МПа (при существующем состоянии рычагов 1:4 это соответствует приложению на отвес гири массой 4 кг) и выдерживают 5 мин.

5. Присоединяют тросик подвески приложения горизонтальной сдвигающей нагрузки и освобождают каретку стопорными винтами.

6. Боковыми вертикальными винтами устанавливают зазор в разъемном кольце прибора, равный 0,5-1 мм.

7. Устанавливают индикатор в рабочее положение, когда конец стрелки малого круга (отсчет, мм) остановится на нулевом показателе. Вращением головки подводят нулевое деление внешней шкалы к большой стрелке, отсчет 0,01 мм.

8. Прикладывают горизонтальную сдвиговую нагрузку с интервалом в 30 секунд:

- а) при $P_1 = 0,1$ МПа первая сдвигающая нагрузка 0,01 МПа (на подвес-

сносят положение предельной величины сдвигающего напряжения для каждого образца грунта – τ_u .

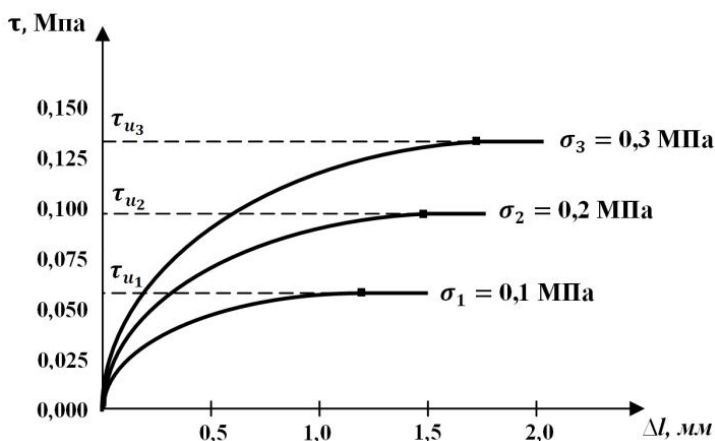


Рисунок 2.3 – График зависимости горизонтальных деформаций от сдвигающих напряжений $\Delta l = f(\tau)$

13. Строят графики зависимости сдвигающих напряжений от вертикального давления $\tau = f(P)$. На оси абсцисс откладывают величины вертикального давления, при котором проводили сдвиг – P_1 , P_2 , P_3 в МПа, а на оси ординат – соответствующие им сдвигающие напряжения τ_1 , τ_2 , τ_3 (пример построения графика приведен на рисунке 2.4).

Через полученные точки проводят среднюю прямую до пересечения с осью ординат. Отрезок прямой на оси ординат выражает величину удельного сцепления C (МПа). Тангенс угла наклона полученной прямой к оси абсцисс – есть угол внутреннего трения φ (град.). Значение C и φ заносят в журнал (таблица 2.7) как конечные результаты опыта.

14. При быстром сдвиге с прибором ГПП-30 работают три человека. Один из них укладывает грузы на подвеску, другой снимает показания индикатора, регистрирующего сдвиг, третий – записывает показания.

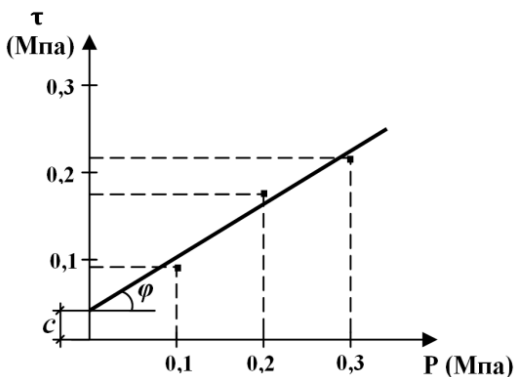


Рисунок 2.4 – График зависимости сдвигающих напряжений от вертикального давления
 $\tau = f(P)$

Таблица 2.7 – Журнал результатов сдвиговых испытаний

Вертикальное давление P, МПа	0,1	0,2	0,3	C =
Сдвигающие напряжения τ , МПа				$\varphi =$

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – М.: Стандартинформ, 2015. – 10 с.
- ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. - М.: Стандартинформ, 2011. – 78 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

СЖИМАЕМОСТЬ ГРУНТОВ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ПРОСАДОЧНОСТИ ГРУНТА (ГОСТ 12248-2010 /2/, ГОСТ 23161-2012 /3/)

1. Сжимаемость грунтов.

Цель работы: определение характеристик сжимаемости грунта a и E в условиях невозможности его бокового расширения; a – коэффициент уплотнения или сжимаемости, $1/\text{МПа}$; E – модуль общей деформации грунта, МПа.

Сжимаемостью грунтов называют способность их уменьшаться в объеме (давать осадку) под действием внешнего давления.

Сжимаемость глинистых пород зависит от их минералогического состава, степени дисперсности, состава обменных катионов, пористости, а также от состояния породы и условий сжатия.

Каждому сообщенному на грунт давлению соответствует определенная пористость и влажность.

Графически зависимость пористости от давления, при невозможности бокового расширения, изображают компрессионной кривой (пример построения кривой приведен на рисунке 10).

Для построения ее на

оси абсцисс откладывают вертикальные давления P_i , а по оси ординат – соответствующие им коэффициенты пористости e_i .

На небольшом отрезке компрессионную кривую можно заменить прямой. Тангенс угла наклона этой прямой характеризует компрессию (сжимаемость, деформируемость) грунта на данном интервале давлений и является коэффициентом компрессии a .

Кроме того, по результатам компрессионных испытаний рассчитывают модуль общей деформации E , играющий важную роль при расчете осадок фундаментов зданий и сооружений.

Общие сведения о требованиях ГОСТ 12248-2010 /2/.

Метод, принятый в ГОСТ 12248-2010 /2/, распространяется на глинистые грунты. Характеристики сжимаемости могут определяться для грунтов естественной влажности или полностью водонасыщенных. Условия проведения испытаний должны соответствовать тем условиям, в которых будет находиться грунт основания в период строительства, эксплуатации здания или сооружения, возводимого на этом основании (при сохранении естественной влажности, или при обводнении основания, закреплении грунта, его уплотнении, замене насыпным грунтом и др.).

Необходимое оборудование:

1. Компрессионный прибор КПр-1 «Гидропроект» с площадью кольца $S = 60 \text{ см}^2$, высотой кольца $h_0 = 25 \text{ мм}$ (рисунок 2.5).
2. Монолит образца грунта ненарушенной структуры и естественной влажности, согласно ГОСТ 12071-2014 /2/.
3. Индикатор деформаций часового типа с ценой деления шкалы 0,01 мм (для измерения вертикальных деформаций образца при действии уплотняющей грунт нагрузки).
4. Набор гирь массой по 3 кг.



Рисунок 2.5 – Общий вид
компрессионного прибора
КПр-1

Проведение эксперимента в лабораторных условиях по ускоренной схеме

Ход работы

1. Подготовка компрессионного прибора к работе (рисунок 2.6 а, б).

Прибор имеет две основные части – одометр и рычажный пресс. Рычажный пресс (рисунок 2.6 а) представляет собой стол 1, сваренный из металлических уголков, на который устанавливается одометр 2. Рычажное устройство расположено под панелью стола на подвеске 3. Давление на грунт передается через секторный рычаг 4 (с отношением длин плеч 1:10) грузом 5. Уравновешивается рычажная система противовесом 6.

Одометр (рисунок 2.6 б) представляет собой сборную конструкцию, включающую рабочее кольцо 8, вставленное в обойму 7, свинченную в свою очередь с перфорированной нижней частью корпуса одометра 9 и днищем 10. В обойму 7 сверху ввинчено направляющее кольцо одометра 12, в которое вставляется перфорированный штамп 13. Избыток воды, образующийся при сжатии грунта, удаляется сверху через отверстия штампа, снизу - через подобные отверстия в нижней части корпуса 9 и далее – через отвод наружу. Осадка грунта замеряется двумя индикаторами часового типа, расположенными на верхнем штампе одометра. Одометр в собранном виде устанавливается на панель стола 1.

2. Кольцо с образцом грунта покрывают с двух сторон кружками увлажненной фильтровальной бумагой, ставится острым краем вверх на нижнюю часть корпуса одометра 9, собранную с днищем корпуса 10, после чего верхняя и нижняя части корпуса свинчиваются.

3. В верхнюю обойму вворачивается направляющее кольцо одометра 12, сверху на грунт накладывается перфорированный штамп 13, в углубление которого кладут шарик. На перфорированный штамп устанавливаются держатели с индикаторами часового типа. Сверху на собранный стакан навинчивают кольцо-арретир, ограничивающий набухание образца при замачивании.

4. Собранный одометр устанавливают на панель стола 1 рычажного пресса так, чтобы шток пресса рычажного устройства находился над шариком.

5. Закрепляют индикаторы в рабочем положении на нулевой отсчет, соответствующий начальному положению поверхности образца до приложения нагрузки. После этого к штампу прикладывается первая ступень нагрузки.

6. Через каждые три минуты увеличивают нагрузку ступенями по 0,05 МПа до конечной нагрузки 0,3 МПа (на рычаге подвески 18 кг).

7. Все показания при проведении компрессионных испытаний заносят в журнал – таблица 2.8.

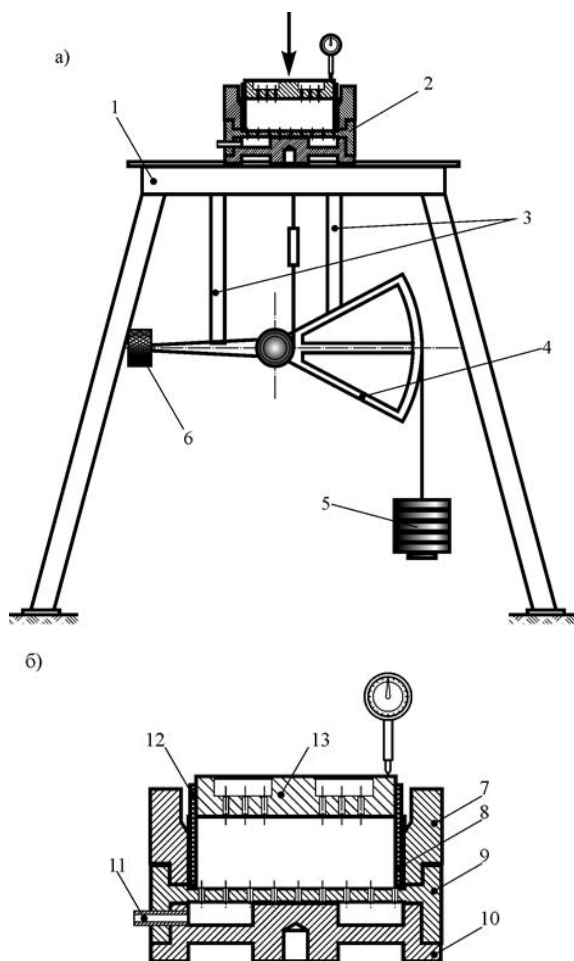
8. Опыт закончен или может быть продолжен при необходимости определения величины относительной просадочности испытываемого грунта.

9. Выполняют обработку полученных результатов в журнале компрессионных испытаний (таблица 2.8).

Исходные данные: h_0 – высота образца до начала испытаний ($h_0 = 25$ мм); e_0 – коэффициент пористости до начала испытаний, определенный в лабораторной работе № 5.

Таблица 2.8 – Журнал компрессионных испытаний

Груз на подвеске, N, кг	Давление P, МПа	Деформации			Относительная деформация ϵ_i	Изменение коэффициента пористости $\Delta e_i = e(1+e_0)$	Коэффициент пористости $e_i = e_0 - \Delta e_i$
		№ 1	№2	среднее Δh_i			
3	0,05						
6	0,10						
9	0,15						
12	0,20						
15	0,25						
18	0,30						
Замачивание							
18	0,30						
24	0,40						



а) рычажный пресс, б) одометр

Рисунок 2.6 – Схема компрессионного прибора КПр-1

Величина относительной деформации образца грунта:

$$\varepsilon_i = \Delta h_i / h_0.$$

Вычисляют коэффициенты пористости e_i , соответствующие давлению P_i , используя формулу 5.31 /2/:

$$e_i = e_0 - \Delta e_i; \quad \Delta e_i = \frac{\Delta h_i}{h_0} (1 + e_0) = \varepsilon_i (1 + e_0).$$

По известным значениям e_i и P_i (таблица 2.8) строят график зависимости $\Delta e_i = f(P_i)$ – компрессионную кривую. Пример построения компрессионной кривой приведен на рисунке 2.7.

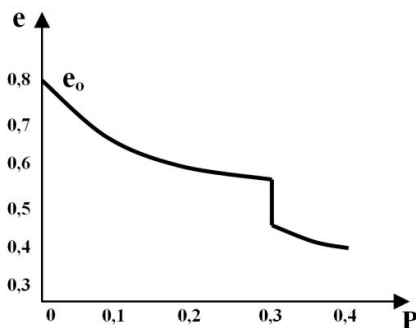


Рисунок 2.7 –
Пример построения
компрессионной кривой

Коэффициент уплотнения (сжимаемости) m в интервале давлений 0,1-0,3 МПа вычисляется по формуле 5.32 /2/:

$$m_{0,1-0,3} = \frac{e_{0,1} - e_{0,3}}{0,3 - 0,1}, \quad 1/\text{МПа},$$

где $e_{0,1}$ и $e_{0,3}$ – коэффициенты пористости, соответствующие давлениям 0,1-0,3 МПа.

Модуль деформации грунта E в интервале давлений 0,1-0,3 МПа вычисляются по формуле 5.35 /2/:

$$E_{0,1-0,3} = \frac{1 + e_0}{m_{0,1-0,3}} \beta, \quad \text{МПа},$$

где β – безразмерный коэффициент, зависящий от коэффициента бокового расширения грунта и принимаемый равным: 0,7 – для супесей, 0,6 – для суглинков, 0,40 – для лессовидных глин.

2. Определение относительной просадочности грунтов (ГОСТ 23161-2012) /3/

Выявление и определение просадочности грунтов имеет большое практическое значение при проектировании строительства различных сооруже-

ний на лессовых грунтах. Под просадочностью понимают уменьшение объема грунта при увлажнении под действием внешней нагрузки или собственного веса.

Основными характеристиками просадочных свойств грунтов являются:

- начальное просадочное давление P_{sl} ;
- начальная просадочная влажность w_{sl} .
- относительная просадочность ε_{sl} .

Характеристики просадочности w_{sl} и P_{sl} определяются по ГОСТ 23161-2012 /3/.

Относительной просадочностью ε_{sl} называется отношение приращения осадки в результате замачивания Δh_{sl} , вызванной воздействием заданной степени нагрузки на переувлажненный образец грунта, к первоначальной высоте h_0 этого образца при его естественной влажности и природном давлении. Рассчитывается по формуле 3 ГОСТ 23161-2012 /3/:

$$\varepsilon_{sl} = \frac{\Delta h_{sl}}{h_0} = \frac{h' - h_{sat,p}}{h_0},$$

где Δh_{sl} – дополнительное сжатие (просадка) грунта в результате замачивания, мм;

h_0 – первоначальная высота образца грунта, мм;

h' – высота образца грунта природной влажности при давлении 0,3 МПа, мм;

$h_{sat,p}$ – высота образца грунта после дополнительного сжатия (просадки) в результате замачивания при том же давлении.

При значении $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ – грунты просадочные, при $\varepsilon_{sl} < 0,01$ – грунты непросадочные по ГОСТ 25100-2011 /4/ (приложение А, таблица Б.21).

Начальным просадочным давлением P_{sl} считается такое давление, при котором возникает просадка, оцениваемая значением $\varepsilon_{sl} = 0,01$. При действии на грунт давлений $P < P_{sl}$ дополнительными осадками (просадками) за счет переувлажнения грунта пренебрегают; при этом условии грунт считается условно непросадочным.

Начальной просадочной влажностью w_{sl} считают такую влажность, при которой грунты, находящиеся в напряженном состоянии, вызванном внешней нагрузкой и собственным весом грунта (или только собственным весом), начинают проявлять просадочные свойства при значении $\varepsilon_{sl} = 0,01$.

Для определения величины относительной просадочности методом «одной кривой» при давлении $P = 0,3$ МПа продолжаем испытания на компрессионном приборе КПр-1.

Ход работы:

1. После относительной стабилизации осадки в компрессионном приборе при давлении $P = 0,3$ МПа в резервуар одометра заливают воду для замачивания образца и поддерживают уровень воды в резервуаре по верхнему торцу образца грунта до окончания испытания.

Для замачивания образцов грунта надлежит использовать воду питьевого качества температурой $10-25^\circ \text{C}$.

2. Через 10 минут берут отсчет по индикатору и записывают в журнал (таблица 2.8).

3. Прикладывают нагрузку $0,1$ МПа и через 3 минуты берут заключительный отсчет.

4. По результатам испытаний, используя данные таблицы 2.8, определяют:

а) величины деформации образца грунта после замачивания Δh_i в мм с точностью $0,01$, вычисленные как средние арифметические значения показателей индикаторов;

б) величины относительной деформации образцов грунта ε_i после замачивания с точностью $0,001$ при соответствующих значениях давления.

5. По величинам относительной деформации образцов ε_i строят график зависимости $\varepsilon_i = f(P)$ (рисунок 2.8) с отображением просадочных деформаций, предварительно заполнив журнал (таблица 2.9).

6. Затем подсчитывают относительную просадочность грунта ε_{sl} при давлении $P = 0,3$ МПа по результатам испытаний по схеме «одной кривой».



Рисунок 2.8 – График зависимости $\varepsilon_i = f(P)$

Таблица 2.9 – Журнал расчета величины относительного сжатия в зависимости от давления

Давление на образец Р, МПа	Величина деформации грунта Δh_i , мм	Относительная деформация грунта $\varepsilon_i = \frac{\Delta h_i}{h_0}$
0,1		
0,2		
0,3		
После замачивания		
0,3		
0,4		

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12071-2014. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – М. : Стандартиформ, 2015. – 10 с.
2. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. - М. : Стандартиформ, 2011. –78 с.
3. ГОСТ 23161-2012. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности. – М. : Стандартиформ, 2013. – 16 с.
4. ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация. – М. : Стандартиформ, 2013. – 38 с.

ВЫВОДЫ

Результаты определения свойств пылевато-глинистого грунта заносятся в сводную таблицу 2.10 и могут быть использованы при курсовом или дипломном проектировании как характеристики глинистого грунта определенной стройплощадки.

Таблица 2.10 – Сводная таблица физико-механических характеристик глинистых грунтов

№№ п/п	Классификация грунта по ГОСТ 25100-2011	Влажность, д. ед.			Плотность, г/см ³		
		при- род- ная, w	на границе теку- чести, w _L	на границе раска- тыва- ния, w _p	частиц грунта, ρ _s	грунта в есте- ствен- ном состоя- нии, ρ	сухого грунта, ρ _d
1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 2.10

Чис- ло пла- сти- чности, J _L	Пока- затель теку- чести, J _p	Угол внут- рен- него трения φ град.	Удель- ное сцепле- ние C, МПа	Коэф. порис- тости, e	Коэф. водо- насы- щения S _r , д. ед	Модуль общей деформа- ции E _{0,1-0,3} , МПа	Удель- ный вес грунта γ, кН/м ³	Относи- тельная проса- дочно- сть при P = 0,3 МПа, ε _{sl}
9	10	11	12	13	14	15	16	17

III ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ГРУНТОВ НА ЭВМ

3.1 Определение гранулометрического (зернового) состава песка и степени его неоднородности

Необходимы следующие исходные данные: процентное содержание фракций грунта в интервалах: > 5 мм, 5-4 мм, 4-3 мм, 3-2 мм, 2-1 мм, 1-0,5 мм, 0,5-0,25 мм, < 0,25 мм.

В результате строится график зависимости диаметра частиц песчаного грунта от процентного содержания фракций, определяется тип песчаного грунта и степень его неоднородности (рисунок 3.1).

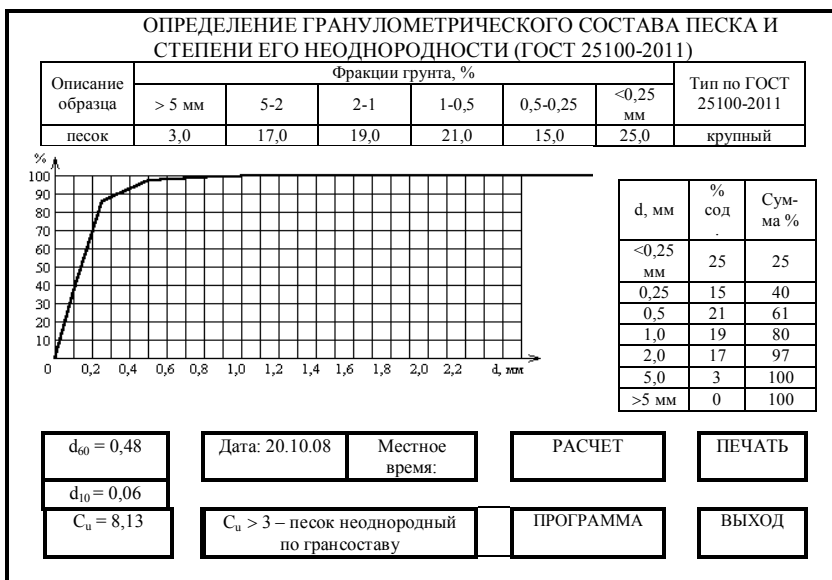


Рисунок 3.1 – Результаты определения гранулометрического (зернового) состава песка и степени его неоднородности

3.2. Определение типа глинистого грунта

Заполняются следующие журналы определения:

- плотности грунта;
- влажности границы текучести;
- влажности границы раскатывания;
- влажности весовым способом.

Для журнала плотности грунта необходимы данные: номер кольца; параметры кольца (площадь, высота, объем, масса); масса грунта с кольцом.

Для журналов влажности весовым способом, влажности границы текучести и влажности границы раскатывания необходимы данные: номер бюкса, масса бюкса, масса бюкса с влажным грунтом, масса бюкса с сухим грунтом.

В результате расчета выдаются таблицы (рисунок 3.2), определяются число пластичности и тип глинистого грунта.

ЖУРНАЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ПОРОДЫ					
Номер кольца	Параметры кольца				
	Площадь $S, \text{см}^2$	Высота $h, \text{см}$	Объем $V, \text{см}^3$	Масса $m_0, \text{г}$	
1	2	3	4	5	
1	60	2,5	150	180	
2	60	2,5	150	182	
Масса грунта с кольцом и пластинками $m_1, \text{г}$		Масса пластинок $m_2, \text{г}$	Плотность отдельного образца $\rho, \text{г/см}^3$	Среднее значение плотности $\rho, \text{г/см}^3$	
6		7	8	9	
356		0	1,777333	1,78666	
362		0	1,80000	1,78666	
ЖУРНАЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГРАНИЦЫ ТЕКУЧЕСТИ					
Номер бюкса	Масса бюкса $m, \text{г}$	Масса бюкса с влажным грунтом $m_1, \text{г}$	Масса бюкса с сухим грун- том $m_0, \text{г}$	Влажность границы текучести	Среднее значение w_1
123	31	46	41	0,50000	0,47726
132	31	47	42	0,45454	0,47726
ЖУРНАЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГРАНИЦЫ РАСКАТЫВАНИЯ					
Номер бюкса	Масса бюкса $m, \text{г}$	Масса бюкса с влажным грунтом $m_1, \text{г}$	Масса бюкса с сухим грун- том $m_0, \text{г}$	Влажность границы раскатывания	Среднее значение w_p
12	30	47	44	0,21428	0,17380
14	31	48	45	0,13333	0,17380
ЖУРНАЛ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВЕСОВЫМ СПОСОБОМ					
Номер бюкса	Масса бюкса $m, \text{г}$	Масса бюкса с влажным грунтом $m_1, \text{г}$	Масса бюкса с сухим грун- том $m_0, \text{г}$	Влажность грунта	Среднее значение w
11	31	52	47	0,3125	0,28782
145	30	54	49	0,26315	0,28782
РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА:					
Число пластичности - 7,355000. Тип глинистого грунта - суглинок.					

Рисунок 3.2 – Результирующие данные при определении типа глинистого грунта

3.3 Обработка компрессионных испытаний грунта

Необходимы следующие исходные данные:

- показания индикаторов № 1 и № 2 при определенной массе груза на подвеске (3 кг, 6 кг, 9 кг, 12 кг, 15 кг, 18 кг) и соответствующем давлении (0.05 МПа, 0.10 МПа, 0.15 МПа, 0.20 МПа, 0.25 МПа, 0.30 МПа, 0.40 МПа);
- высота образца грунта до начала испытаний;
- начальный коэффициент пористости;
- тип грунта: супесь, суглинок или глина.

В результате выдается таблица расчета коэффициента сжимаемости и модуля общей деформации; осуществляется расчет величины относительного сжатия и строится график зависимости величины коэффициента пористости от давления (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Скриншот результата компрессионных испытаний

4.4 Сопротивление грунта сдвигу

Необходимы следующие исходные данные:

- вид грунта: глинистый или песчаный;
- касательное напряжение.

В результате строится график зависимости напряжений и выдаются результаты сдвиговых испытаний: угол внутреннего трения и удельное сцепление грунта (рисунок 3.4).

Результаты сдвиговых испытаний

Исходные данные

P , МПа	0,10	0,20	0,30
τ , МПа	0,080	0,150	0,200

Вид грунта: Глинистый

Результаты эксперимента

$\tau = 30.96$ градусов

$C = 0.03$ МПа

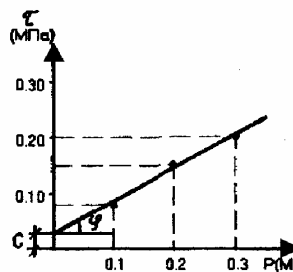


Рисунок 3.4 – Результаты сдвиговых испытаний

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ГОСТ 25100-2011 ГРУНТЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на все грунты и устанавливает их классификацию, применяемую при производстве инженерно-геологических изысканий, проектировании и строительстве.

К наименованиям грунтов и их характеристикам, предусмотренным настоящим стандартом, допускается вводить дополнительные наименования и характеристики, если это необходимо для более детального подразделения грунтов с учетом природных условий района строительства и специфики отдельных видов строительства.

Дополнительные наименования и характеристики грунтов не должны противоречить классификации, приведенной в настоящем стандарте, и должны основываться на частных классификациях отраслевого и регионального назначения, установленных соответствующими нормативными документами.

В настоящем стандарте грунт рассматривается как однородный по составу, строению и свойствам элемент грунтового массива/

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик;

ГОСТ 10650-72. Торф. Метод определения степени разложения;

ГОСТ 12248-2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) состава;

ГОСТ 23161- 78. Грунты. Метод лабораторного определения характеристик просадочности;

ГОСТ 23740-79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ;

ГОСТ 25584-90. Грунты. Метод лабораторного определения коэффициента фильтрации.

ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества.

ГОСТ 28622-90 Грунты. Метод лабораторного определения степени пучинистости

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 антропогенный грунт (синоним - антропогенно-образованный): Образовавшийся естественно-историческим образом (культурные слои) или созданный человеком разными способами грунт, представленный отходами или продуктами его производственной и/или хозяйственной деятельности, являющимися компонентами геологической среды.

3.2 блок: Совокупность скальных грунтов, отделенная от соседних блоков разрывами или трещинами (тектонический блок, оползневой блок, блок отдельности).

3.3 блок отдельности (отдельность): Часть массива скальных грунтов, ограниченная трещинами, свойства которой могут быть охарактеризованы лабораторными исследованиями образца скального грунта.

3.4 вещественный состав грунта: Химико-минеральный состав вещества твердых, жидких, газовых и биотических (живых) компонентов грунта.

3.5 водопроницаемость: Способность грунта фильтровать воду.

3.6 глинистый грунт: Связный грунт, состоящий в основном из пылеватых и глинистых (не менее 3 %) частиц, обладающий свойством пластичности ($I_p \geq 1\%$).

3.7 гранулометрический состав грунта: Процентное содержание первичных (не агрегированных) частиц различной крупности по фракциям, выраженное по отношению их массы к общей массе грунта.

3.8 грунт: Любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и как часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека.

3.9 дисперсный грунт: Грунт, состоящий из совокупности твердых частиц, зерен, обломков и др. элементов, между которыми есть физические, физико-химические или механические структурные связи.

3.10 засоленность: Характеристика, определяемая количеством водорастворимых солей в грунте.

3.11 заторфованный грунт: Песчаный или глинистый грунт, содержащий в своем составе от 3 % (для песка) и от 5 % (для глинистого грунта) до 50 % (по массе) торфа.

3.12 **ил:** Современный нелитифицированный морской или пресноводный органико-минеральный осадок, содержащий более 3 % (по массе) органического вещества, как правило, имеющий текучую консистенцию $I_L > 1$, коэффициент пористости $e \geq 0,9$ и содержание частиц размером менее 0,01 мм более 30 % по массе.

3.13 **криогенная текстура:** Совокупность признаков сложения мерзлого грунта, обусловленная ориентацией, относительным расположением и распределением различных по форме и размерам ледяных включений и льда-цемента.

3.14 **криогенные структурные связи грунта:** Связи, возникающие в дисперсных и трещиноватых скальных грунтах при отрицательной температуре в результате цементирования льдом.

3.15 **крупнообломочный грунт:** Несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером более 2 мм составляет более 50 %.

3.16 **ледогрунт:** Грунт, содержащий в своем составе более 90 % льда.

3.17 **липкость, прилипаемость (предел адгезионной прочности глинистых грунтов):** Способность грунта прилипнуть к различным материалам при соприкосновении.

3.18 **литифицированные глинистые грунты:** Глинистые грунты дочетвертичного возраста, прошедшие в своем развитии стадию позднего диагенеза и обладающие преимущественно контактами переходного типа.

3.19 **мерзлый грунт:** Грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характеризующийся криогенными структурными связями. Многолетнемерзлый грунт - грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет. Сезонномерзлый грунт - грунт, находящийся в мерзлом состоянии периодически в течение холодного сезона.

3.20 **минеральный грунт:** Грунт, состоящий из неорганических веществ.

3.21 **морозный грунт:** Скальный грунт, имеющий отрицательную температуру и не содержащий в своем составе лед и незамерзшую воду.

3.22 **набухающий грунт:** Грунт, увеличивающий свой объем при замачивании водой и имеющий относительную деформацию набухания $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$ (в условиях свободного набухания) или развивающий давление набухания (в условиях ограниченного

3.23 **несвязный грунт:** Дисперсный грунт, обладающий механическими структурными связями и сыпучестью в сухом состоянии.

3.24 органическое вещество: Органические соединения, входящие в состав грунта.

3.25 органо-минеральный грунт: Грунт, содержащий от 3 % до 50 % (по массе) органического вещества.

3.26 органический грунт: Грунт, содержащий 50 % (по массе) и более органического вещества.

3.27 охлажденный грунт: Засоленный грунт, отрицательная температура которого выше температуры начала его замерзания.

3.28 песчаный грунт (песок): Несвязный минеральный грунт с массой частиц размером 0,05–2 мм более 50 % и числом пластичности $I_p < 1$ %.

3.29 пластичномерзлый грунт: Дисперсный грунт, сцементированный льдом, обладающий вязко-пластичными свойствами и сжимаемостью под внешней нагрузкой.

3.30 потенциал разжижения грунта F_L : Показатель, имеющий смысл коэффициента запаса прочности грунта и представляющий собой отношение критического значения касательного напряжения, вызывающего разжижение грунта при данном уровне сжимающих напряжений и длительности воздействия, к значению максимальных касательных напряжений, возникающих в грунте при прогнозируемом землетрясении. Оценивается по данным полевых и лабораторных испытаний и зависит от свойств грунта и параметров сейсмического воздействия с заданным уровнем повторяемости.

3.31 почва: Поверхностный слой дисперсного грунта, состоящий из неорганического и органического веществ и обладающий плодородием.

3.32 промороженный грунт: Искусственно замороженный грунт.

3.33 просадочный грунт: Грунт, который под действием внешней нагрузки и (или) собственного веса при замачивании водой претерпевает вертикальную деформацию (просадку) и имеет относительную деформацию просадочности $\varepsilon_{sw} \geq 0,01$.

3.34 пучинистый грунт: Дисперсный грунт, который при переходе из талого состояния в мерзлое увеличивается в объеме вследствие образования льда.

3.35 разжижение: Переход водонасыщенного дисперсного грунта в текучее (пывунное) состояние под внешним воздействием (статическим, динамическим, фильтрационным). Процесс разжижения включает в себя стадии разрушения структурных связей, течения и последующего уплотнения грунта.

3.36 сапрпель: Современный нелитифицированный органо-

минеральный или органический осадок пресноводных застойных водоемов (или погребенный осадок), содержащий более 10% (по массе) органического вещества, имеющий, как правило, коэффициент пористости $e > 3$ и текучепластичную или текучую консистенцию.

3.37 связный грунт: Дисперсный грунт с физическими и физико-химическими структурными связями.

3.38 скальный грунт: Грунт, имеющий жесткие структурные связи кристаллизационного и/или цементационного типа.

3.39 структура грунта: Пространственная организация, определяемая размером, формой, характером поверхности, количественным соотношением структурных элементов грунта и характером связи между ними.

3.40 сыпучемерзлый грунт: Крупнообломочный и песчаный грунты, имеющие отрицательную температуру, но не сцементированные льдом.

3.41 твердомерзлый грунт: Дисперсный грунт, прочно сцементированный льдом, характеризующийся относительно хрупким разрушением, практически не сжимаемый под внешней нагрузкой.

3.42 текстура грунта: Строение, обусловленное ориентацией и пространственной организацией структурных элементов грунта.

3.43 температура начала замерзания T_{bf} : Температура, °С, при которой в порах грунта появляется лед.

3.44 техногенный грунт: Грунт, измененный, перемещенный или образованный в результате инженерно-хозяйственной деятельности человека.

3.45 техногенно измененный в условиях естественного залегания грунт: Природный грунт, подвергнутый различному по природе техногенному воздействию (химическому, физическому, физико-химическому, биологическому и т.п.) на месте его залегания.

3.46 техногенно перемещенный (переотложенный) грунт: Природный грунт, перемещенный тем или иным искусственным способом с места его естественного залегания и подвергнутый при этом частичному преобразованию.

3.47 торфяной грунт (торф): Органический грунт, содержащий в своем составе 50% (по массе) и более органического вещества, представленного растительными остатками и гумусом.

3.48 трещиноватость скального массива: Особенность строения скального массива, обусловленная наличием трещин разного происхождения, размера, формы, направления, с различными заполнителями.

4. Общие положения

4.1 Классификация грунтов включает в себя следующие таксономические единицы, выделяемые по группам признаков:

- класс (подкласс) - по природе структурных связей;
- тип (подтип) - по генезису;
- вид (подвид) - по вещественному, петрографическому или литологическому составу;
- разновидность - по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов.

4.2 Наименования грунтов должны содержать сведения об их геологическом возрасте в соответствии с местными стратиграфическими схемами, принятыми в установленном порядке.

4.3 В характеристики грунтов по разновидностям, предусмотренные настоящим стандартом, допускается вводить дополнения и изменения в случаях появления новых критериев выделения разновидностей грунтов по результатам научно-технических разработок.

5 Классификация

5.1 Грунты подразделяют на следующие классы: скальные (см. таблицу 1), дисперсные (см. таблицу 2) и мерзлые (см. таблицу 3).

Основные показатели свойств грунтов приведены в приложении А.

5.2 К классу скальных грунтов относят грунты, обладающие жесткими структурными связями (кристаллизационными и/или цементационными).

По генезису и вещественному составу в классе скальных грунтов выделяют соответственно: типы (подтипы), виды и подвиды, представленные в таблице 1. Разновидности скальных грунтов выделяют по количественным показателям их вещественного состава, строения, состояния и свойств (см. раздел Б.1 приложения Б и раздел В.1 приложения В). Классификация массивов скальных грунтов приведена в приложении Г.

5.3 К классу дисперсных грунтов относят грунты, обладающие физическими, физико-химическими или механическими структурными связями.

Грунты с механическими структурными связями выделяют в подкласс несвязных (сыпучих) грунтов, а грунты с физическими и физико-химическими структурными связями - в подкласс связных грунтов.

По генезису и вещественному составу в классе дисперсных грунтов выделяют соответственно типы и подтипы, виды и подвиды, представленные в таблице 2. Разновидности дисперсных грунтов выделяют

по количественным показателям их вещественного состава, строения, состояния и свойств (см. раздел Б.2 приложения Б и раздел В.2 приложения В).

5.4 К классу мерзлых грунтов относят грунты, обладающие наряду со структурными связями немерзлых грунтов криогенными связями (за счет льда).

Грунты с криогенными, кристаллизационными и цементационными структурными связями выделяют в подкласс скальных мерзлых грунтов; грунты с криогенными, физическими и физико-химическими структурными связями - в подкласс дисперсных мерзлых грунтов; грунты только с криогенными связями - в подкласс ледяных грунтов.

По генезису и вещественному составу в классе мерзлых грунтов выделяют соответственно типы и подтипы, виды и подвиды, представленные в таблице 3. Разновидности природных мерзлых грунтов выделяют по количественным показателям их вещественного состава, строения, состояния и свойств (см. раздел Б.3 приложения Б).

5.5 Сопоставление классификации дисперсных грунтов с международными классификациями, изложенными в [1] и [2], приведено в приложениях Д и Е.

Т а б л и ц а 1 – Скальные грунты

Класс	Тип (подтип)	Вид		Подвид *	Разновидности
Скальные	Магматические (интрузивные)	Силикатные	Ультраосновные Основные Средние Кислые	Перидотиты, дуниты, пироксениты и др. Габбро, нориты, анортозиты, диабазы, долериты и др. Диориты, сиениты и др. Граниты, гранодиоты, кварцевые, сиениты, порфиры и др.	Выделяют в соответствии с разделом Б.1 приложения Б, разделом В.1 приложения В и приложением Г
	Магматические (эффузивные)	Силикатные	Ультраосновные Основные Средние Кислые	Пикриты, коматииты и др. Базальты, долериты, порфириты и др. Андезиты, трахиты и др. Риолиты, дациты и др.	

Класс	Тип (подтип)	Вид	Подвид *	Разновидности
	Метаморфические	Силикатные	Гнейсы, сланцы, кварциты, роговики, скарны, грейзены, березиты, пропилиты, вторичные кварциты, гидротермально измененные грунты и др.	
		Карбонатные	Мраморы и др.	
		Железистые	Железные руды, джеспилиты и др.	
		Органо-минеральные	Горючие сланцы, антрациты и др.	
	Осадочные	Силикатные	Песчаники, конгломераты, аргиллиты, алевролиты, сцементированные глины и др.	
		Карбонатные	Известняки, доломиты, мел, мергели и др.	
		Кремнистые	Опоки, диатомиты и др.	
		Сульфатные	Гипсы, ангидриты и др.	
		Галоидные	Галиты и др.	
		Органо-минеральные	Бурые угли, битуминозные известняки и др.	
Вулканогенно-осадочные	Силикатные	Туфопесчаники, туфоалевролиты, туфоаргиллиты, туффиты, вулканические туфы, кластолавы, лавовые брекчии и др.		
	Хемогенно-силикатные	Туфопесчаники, туфоалевролиты, туфоаргиллиты, туффиты, вулканические туфы, кластолавы, лавовые брекчии и др.		
Элювиальные	Минеральные	Скальные грунты трещинных зон коры выветривания		
Техногенные	Все виды техногенно измененных природных и антропогенно образованных скальных грунтов и преобразованных дисперсных грунтов с приобретенными цементационными связями	Все подвиды техногенно измененных природных и антропогенно образованных скальных грунтов и преобразованных дисперсных грунтов с приобретенными цементационными связями		

* Приведены наименования наиболее распространенных грунтов.

Т а б л и ц а 2 – Дисперсные грунты

Класс	Под-класс	Тип	Подтип	Вид	Подвид	Разно-видности
Дис-перс-ные	Не-связ-ные	Осадо-чные	Флювиаль-ные, ледниковые, эоловые, скло-новые и др.	Минерал-ьные	Крупнообломочные грунты Пески	Выделя-ют в со-ответст-вии с разделом Б.2 при-ложения Б и разде-лом В.2 приложе-ния В
				Органо-минераль-ные	Заторфованные пески	
		Вулкано-генно-осадоч-ные	Вулканогенно-осадочные, осадочно-вулканоген-ные, пиропла-стические	Минера-льные	Вулканогенно-обломочные грунты. Вулканические пески, пеплы	
		Элюви-альные	Образованные в результате выветривания: физического, физико-химического, химического, биоло-гического	Минера-льные и ор-гано-минера-льные	Крупнообломочные грунты и пески обло-мочных и дисперсных зон коры выветривания и почвы	
	Техно-генные		Техногенно измененные в условиях есте-ственного за-легания при-родные грунты	Все виды техноген-но изме-ненных природ-ных не-связных грунтов	Все подвиды техноген-но измененных природ-ных несвязных грунтов	
			Техногенно перемещенные природные грунты	Все виды техноген-но изме-ненных природ-ных не-связных грунтов	Все подвиды техноген-но измененных природ-ных несвязных грунтов	
			Антропо-генно образован-ные грунты	Различные виды ан-тропо-генных грунтов	Различные подвиды ан-тропогенных грунтов	

Класс	Под-класс	Тип	Подтип	Вид	Подвид	Разно-видности
	Связ-ные	Осадо-чные	Флювиальные, ледниковые, эоловые, склоновые и др.	Минеральные	Глинистые грунты	
				Органо-минеральные	Илы. Сапропели. Заторфованные глинистые грунты и др.	
			Озерно-болотные, болотные, аллювиально-болотные и др.	Органические	Торфы. Сапропели и др.	
		Элюви-альные	Образованные в результате выветривания: физического, физико-химического, химического, биологического	Минеральные и органо-минеральные	Глинистые грунты дисперсных зон коры выветривания и почвы	
		Техно-генные	Техногенно измененные в условиях естественного залегания природные грунты	Все виды техногенно измененных природных связных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных связных грунтов	
			Техногенно перемещенные природные грунты	Все виды техногенно измененных природных связных грунтов	Все подвиды техногенно измененных природных связных грунтов	
			Антропогенно образованные грунты	Различные виды антропогенных грунтов	Различные подвиды антропогенных грунтов	

Таблица 3 – Мерзлые грунты

Класс	Под-класс	Тип	Подтип	Вид	Подвид	Разновидности
Мерз- лые	Скаль- ные мерзлые	Природ- ные про- мерз-шие	Интрузивные, эф- фузивные, мета- морфические, оса- дочные, вулкано- генно-осадочные, элювиальные	Все виды скальных грунтов	Все подвиды скальных грун- тов	Выделяют в соответст- вии с разде- лом Б.3 при ложения Б
		Техно- генные проморо- женные и мерзлые	Природные грунты, техногенно изме- ненные в условиях естественного зале- гания	Все виды техноген- но изме- ненных природ- ных скаль- ных грун- тов	Все подвиды техногенно из- мененных при- родных скаль- ных грунтов	
	Диспер- сные мерзлые	Природ- ные про- мерз-шие	Осадочные, вулка- ногенно-осадочные, элювиальные	Все виды дисперс- ных грун- тов	Все подвиды дисперсных грунтов	
		Техно- генные промо- рожен- ные и мерзлые	Природные грунты, техногенно изме- ненные в условиях естественного зале- гания. Техногенно пере- мещенные природ- ные мерзлые грун- ты. Антропогенные промороженные и мерзлые грунты	Все виды техногенно изменен- ных при- родных дисперс- ных грун- тов	Все подвиды техногенно из- мененных при- родных дис- персных грун- тов	
		Льды консти- туцион- ные: вну- тригрун- товые, погре- бенные, пещерно- жильные	Сегрегационные, инъекционные, ледниковые, налед- ные, речные, озер- ные, морские, дон- ные, инфильтраци- онные, жильные, повторно-жильные, пещерные	Льды. Ледогрун- ты	Льды разного состава. Ледогрунты разного состава	
	Ледяные	Техно- генные ледяные искус- ственные	Антропогенные на- мороженные льды	Все виды наморо- женных льдов	Все подвиды искусственных льдов разного состава	

Основные показатели свойств грунтов

А.1 Высота капиллярного поднятия h_c , м, - наибольшая (равновесная) высота подъема воды по порам грунта, отсчитываемая от зеркала грунтовых вод (равная мощности капиллярной каймы).

А.2 Коэффициент водонасыщения S_r , д. е.; определяют по формуле

$$S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_w}, \quad (\text{А. 1})$$

где w – природная влажность грунта, д. е. (см. ГОСТ 5180);

e – коэффициент пористости, д. е.;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

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

А.3 Коэффициент выветрелости K_{wr} , д. е.; определяют по формуле

$$K_{wr} = \frac{\rho_B}{\rho_{HB}}, \quad (\text{А. 2})$$

где ρ_B – плотность выветрелого грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_{HB} – плотность неветрелого грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180).

А.4 Коэффициент выветрелости крупнообломочного грунта K_{wr} , д. е.; определяют по формуле

$$K_{wr} = \frac{K_1 - K_0}{K_1}, \quad (\text{А. 3})$$

где K_1 – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм после испытания грунта на истирание в полочном барабане;

K_0 – отношение массы частиц размером менее 2 мм к массе частиц размером более 2 мм грунта в природном состоянии.

А.5 Коэффициент истираемости крупнообломочных грунтов K_{fr} , д. е.; определяют по формуле

$$K_{fr} = \frac{q_1}{q_0}, \quad (\text{А. 4})$$

где q_1 – масса частиц размером менее 2 мм после испытания крупнообломочных фракций грунта (частицы размером более 2 мм) на истирание в полочном барабане;

q_0 – начальная масса пробы крупнообломочных фракций (до испытания на истирание).

А.6 Коэффициент пористости e , д. е.; определяют по формуле

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}, \quad (\text{А. 5})$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_d – плотность сухого грунта, г/см³.

А.7 Коэффициент размягчаемости в воде K_{sof} , д. е.; определяют по формуле

$$K_{sof} = \frac{R_c}{R_{c,BC}}, \quad (A.6)$$

где R_c , $R_{c,BC}$ – предел прочности грунта на одноосное сжатие соответственно в водонасыщенном и в воздушно-сухом состояниях (см. ГОСТ 12248).

А.8 Коэффициент сжимаемости мерзлого грунта m_{vf} , МПа⁻¹, – параметр, характеризующий объемную деформируемость мерзлого грунта под нагрузкой.

А.9 Коэффициент трещинной пустотности КТП, %, – отношение суммарной площади трещин к площади породы.

А.10 Коэффициент фильтрации K_{ϕ} , см/с или м/сут, – скорость фильтрации воды через грунт при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации (см. ГОСТ 25584).

А.11 Липкость (прилипаемость) – адгезионная прочность глинистых грунтов L , кПа, – усилие, необходимое для отрыва плоского штампа из заданного материала от грунта после их контакта в течение заданного времени при заданном давлении.

А.12 Льдистость грунта за счет видимых ледяных включений i_i , д. е.; определяют по формуле

$$i_i = \frac{\rho_s(w_{tot} - w_m)}{\rho_i + \rho_s(w_{tot} - 0,1w_w)}, \quad (A.7)$$

где w_{tot} – суммарная влажность мерзлого грунта, д. е. (см. ГОСТ 5180);

w_m – влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями, д. е.;

w_w – влажность мерзлого грунта за счет содержащейся в нем при данной отрицательной температуре незамерзшей воды, д. е.;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_i – плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см³.

А.13 Относительная деформация набухания без нагрузки e_{sw} , д. е., – отношение увеличения высоты образца глинистого грунта при замачивании после свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения к начальной высоте образца природной влажности (см. ГОСТ 12248).

А.14 Относительная деформация просадочности e_{sl} , д. е., – отношение разности высот образца грунта природной влажности и образца после его замачивания при заданном давлении к высоте образца природной влажности (см. ГОСТ 23161).

А.15 Относительное содержание органического вещества I_r , д. е., –

отношение массы органического вещества к массе абсолютно сухого грунта (см. ГОСТ 23740 и ГОСТ 26213).

А.16 Плотность сухого грунта (скелета) ρ_d , г/см³; определяют по формуле

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}, \quad (\text{A. 8})$$

где ρ – плотность грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

w – естественная влажность грунта, % (см. ГОСТ 5180).

А.17 Показатель качества породы RQD , %, - отношение суммарной длины сохранных (неразрушившихся) кусков керна длиной более 10 см к длине пробуренного интервала в скважине.

А.18 Показатель текучести I_L , д. е., - показатель состояния (консистенции) глинистых грунтов; определяют по формуле

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p}, \quad (\text{A. 9})$$

где w – естественная влажность грунта, % (см. ГОСТ 5180);

w_p – влажность на границе раскатывания, % (см. ГОСТ 5180);

I_p – число пластичности, %, (см. А.31).

А.19 Показатель чувствительности грунта S_t , д. е., - отношение сопротивления недренированному сдвигу глинистых грунтов ненарушенного c_u и нарушенного сложения c_{ur} или отношение сопротивления грунта вращательному срезу $t_{\max}$ к его остаточному сопротивлению $t_{\min}$, определяют по формуле

$$S_t = \frac{C_u}{S_{ur}} \quad \text{или} \quad S_t = \frac{t_{\max}}{t_{\min}}, \quad (\text{A. 10})$$

А.20 Пористость грунта n , %; определяют по формуле

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} 100, \quad (\text{A. 11})$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

ρ_d – плотность сухого грунта, г/см³.

А.21 Предел прочности грунта на одноосное сжатие R_c , МПа, - отношение нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади его первоначального поперечного сечения (см. ГОСТ 12248).

А.22 Сопротивление недренированному сдвигу c_u , кПа, - прочность глинистых грунтов, определяемая по результатам недренированных лабораторных или полевых испытаний (трехосные испытания, вращательный срез и др.).

А.23 Степень засоленности грунта D_{sal} , %, - отношение массы водорастворимых солей в грунте к массе абсолютно сухого грунта.

А.24 Степень заполнения пор льдом и незамерзшей водой S_r , д. е.; определяют по формуле

$$S_r = \frac{(1,1w_{ic} + w_w)\rho_s}{e_f \rho_w}, \quad (\text{A. 12})$$

где w_{ic} – влажность мерзлого грунта, рассчитанная по содержанию порового льда, цементирующего минеральные частицы (лед-цемент), д. е., определяемая по формуле $w_{ic} = w_m - w_w$;

w_w – влажность мерзлого грунта, рассчитанная по содержанию незамерзшей воды при отрицательной температуре, д. е.;

w_m – влажность мерзлого грунта, расположенного между ледяными включениями, д. е.;

ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

e_f – коэффициент пористости мерзлого грунта;

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

A.25 Степень неоднородности гранулометрического состава C_u , д. е.; определяют по формуле

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (\text{A. 13})$$

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

A.26 Степень плотности песков I_D , д. е.; определяют по формуле

$$I_D = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}, \quad (\text{A. 14})$$

где e – коэффициент пористости при искусственном сложении, д. е.;

e_{min} – коэффициент пористости в предельно плотном сложении, д. е.;

e_{max} – коэффициент пористости в предельно рыхлом сложении, д. е.

A.27 Степень морозной пучинистости ε_{fn} , %; определяют по формуле (см. ГОСТ 28622)

$$\varepsilon_{fn} = \frac{h_{0,f} - h_0}{h_0} 100, \quad (\text{A. 15})$$

где $h_{0,f}$ – высота образца промерзшего грунта, см;

h_0 – начальная высота образца грунта, см.

A.28 Степень разложения торфа D_{dp} , д. е., - отношение массы бесструктурной (полностью разложившейся) части торфа к его общей массе (см. ГОСТ 10650).

A.29 Степень растворимости в воде q_{sr} , г/л, - величина, отражающая способность грунта растворяться в воде при нормальных условиях за счет растворения неорганических и органических веществ, определяемая при соотношении грунта и воды 1:5 и равная концентрации образующегося равновесного раствора.

А.30 Суммарная льдистость мерзлого грунта i_{tot} , д. е.; определяют по формуле

$$i_{tot} = i_i + i_{ic} = \frac{\rho_r(w_{tot} - w_w)}{\rho_i(1 + w_{tot})}, \quad (A.16)$$

где i_i – то же, что и в А.7;

i_{ic} – льдистость грунта за счет льда-цемента (порового льда), д. е.;

w_{tot} – суммарная влажность мерзлого грунта, д. е. (см. ГОСТ 5180);

ρ_i – плотность льда, принимаемая равной 0,9 г/см³;

ρ_f – плотность мерзлого грунта, г/см³ (см. ГОСТ 5180);

w_w – влажность мерзлого грунта за счет незамерзшей воды, д. е.

А.31 Число пластичности I_p , %; определяют по формуле

$$I_p = w_L - w_p, \quad (A.17)$$

где w_L – влажность на границе текучести, % (см. ГОСТ 5180);

w_p – влажность на границе раскатывания, % (см. ГОСТ 5180).

Приложение Б
(обязательное)

Разновидности грунтов (обязательные частные классификации)

Б.1 Разновидности скальных грунтов

Б.1.1 По пределу прочности на одноосное сжатие R_c в водонасыщенном состоянии (см. ГОСТ 12248) скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.1.

Таблица Б.1

Разновидность грунтов	Предел прочности на одноосное сжатие R_c , МПа
Скальные:	
- очень прочные	$R_c \geq 120$
- прочные	$120 > R_c \geq 50$
- средней прочности	$50 > R_c \geq 15$
- малопрочные	$15 > R_c \geq 5$
Полускальные:	
- пониженной прочности	$5 > R_c \geq 3$
- низкой прочности	$3 > R_c \geq 1$
- очень низкой прочности	$R_c < 1$

Б.1.2 По плотности сухого (скелета) грунта ρ_d скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.2.

Таблица Б.2

Разновидность грунтов	Плотность сухого грунта ρ_d , г/см ³
Очень плотный	$\rho_d \geq 2,50$
Плотный	$2,50 > \rho_d \geq 2,10$
Средней плотности	$2,10 > \rho_d \geq 1,20$
Низкой плотности	$\rho_d < 1,20$

Б.1.3 По пористости n скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.3.

Таблица Б.3

Разновидность грунтов	Пористость n , %
Непористый	$n \leq 3$
Слабопористый	$3 < n \leq 10$
Среднепористый	$10 < n \leq 30$
Сильнопористый	$n > 30$

Б.1.4 По коэффициенту выветрелости K_{wr} скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.4.

Таблица Б.4

Разновидность грунтов	Коэффициент выветрелости скальных грунтов K_{wr} , д. е.
Слабовыветрелый	$0,9 \leq K_{wr} < 1$
Средневыветрелый	$0,8 \leq K_{wr} < 0,9$
Сильновыветрелый	$K_{wr} < 0,80$

Б.1.5 По коэффициенту размягчаемости в воде K_{sof} скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.5.

Таблица Б.5

Разновидность грунтов	Коэффициент размягчаемости K_{sof} , д. е.
Неразмягчаемый	$K_{sof} \geq 0,75$
Размягчаемый	$K_{sof} < 0,75$

Б.1.6 По степени растворимости в воде q_{sr} скальные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.6.

Таблица Б.6

Разновидность грунтов	Степень растворимости q_{sr} , г/л
Нерастворимый	$q_{sr} \leq 0,01$
Труднорастворимый	$0,01 < q_{sr} \leq 1$
Среднерастворимый	$1 < q_{sr} \leq 10$
Легкорастворимый	$10 < q_{sr} \leq 100$
Сильно растворимый	$q_{sr} > 100$

Б.1.7 По водопроницаемости скальные грунты в зависимости от коэффициента фильтрации подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.7

Таблица Б.7

Разновидность грунтов	Коэффициент фильтрации K_{ϕ} , м/сут
Водонепроницаемый	$K_{\phi} \leq 0,005$
Слабоводопроницаемый	$0,005 < K_{\phi} \leq 0,3$
Водопроницаемый	$0,3 < K_{\phi} \leq 3$
Сильноводопроницаемый	$3 < K_{\phi} \leq 30$
Очень сильноводопроницаемый	$K_{\phi} > 30$

Б.2 Разновидности дисперсных грунтов

Б.2.1 По размерам слагающие дисперсный грунт элементы и их фракции подразделяют в соответствии с таблицей Б.8.

Таблица Б.8

Элементы грунта	Фракции	Размер фракций, мм
Валуны (глыбы)	Крупные	> 800
	Средние	$400 - 800$
	Мелкие	$200 - 400$
Галька (щебень)	Крупные	$100 - 200$
	Средние	$60 - 100$
	Мелкие	$10 - 60$
Гравий (дресва)	Крупные	$5 - 10$
	Мелкие	$2 - 5$
Песчаные частицы	Грубые	$1 - 2$
	Крупные	$0,5 - 1$
	Средние	$0,25 - 0,5$
	Мелкие	$0,10 - 0,25$
	Тонкие	$0,05 - 0,10$
Пылеватые частицы	Крупные	$0,01 - 0,05$
	Мелкие	$0,002 - 0,01$
Глинистые частицы	-	$< 0,002$

Б.2.2 По гранулометрическому составу (см. ГОСТ 12536) крупнообломочные грунты и пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.9.

Т а б л и ц а Б.9

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Размер частиц d , мм	Содержание частиц, % по массе
Крупнообломочные:		
- валунный (при преобладании неокатанных частиц - глыбовый)	> 200	> 50
- галечниковый (при неокатанных гранях - щебенистый)	> 10	> 50
- гравийный (при неокатанных гранях - дресвяный)	> 2	> 50
Пески:		
- гравелистый	> 2	> 25
- крупный	> 0,50	> 50
- средней крупности	> 0,25	> 50
- мелкий	> 0,10	≥ 75
- пылеватый	> 0,10	< 75
Примечание - При наличии в крупнообломочных грунтах песчаного заполнителя более 40 % или глинистого заполнителя более 30 % от общей массы воздушно-сухого грунта в наименование крупнообломочного грунта включают наименование вида заполнителя и указывают характеристики его состояния (влажность, плотность, показатель текучести). Вид заполнителя устанавливают после удаления из крупнообломочного грунта частиц крупнее 2 мм. Если обломочный материал представлен ракушкой в количестве 50 % и более, грунт называют ракушечным, если от 25 % до 50 %, то к наименованию грунта добавляют слова «с ракушкой».		

Б.2.3 По степени неоднородности гранулометрического состава C_u крупнообломочные грунты и пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.10.

Т а б л и ц а Б.10

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

Б.2.4 По коэффициенту водонасыщения S_r крупнообломочные грунты и пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.11.

Таблица Б.11

Разновидность крупнообломочных грунтов и песков	Коэффициент водонасыщения S_r , д. е.
Малой степени водонасыщения (мало-влажные)	$0 < S_r \leq 0,5$
Средней степени водонасыщения (влажные)	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Водонасыщенные	$0,8 < S_r \leq 1$

Б.2.5 По коэффициенту пористости e пески подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.12.

Таблица Б.12

Разновидность песков	Коэффициент пористости e , д. е		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$e \leq 0,55$	$e \leq 0,60$	$e \leq 0,60$
Средней плотности	$0,55 < e \leq 0,70$	$0,60 < e \leq 0,75$	$0,60 < e \leq 0,80$
Рыхлый	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

Б.2.6 По степени плотности I_D пески искусственного сложения подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.13.

Таблица Б.13

Разновидность песков	Степень плотности I_D , д. е.
Слабоуплотненный	$0 < I_D \leq 0,33$
Среднеуплотненный	$0,33 < I_D \leq 0,66$
Сильноуплотненный	$0,66 < I_D \leq 1,00$

Б.2.7 По коэффициенту выветрелости крупных обломков K_{wrt} крупнообломочные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.14.

Таблица Б.14

Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wrt} , д. е.
Слабовыветрелый	$0 < K_{wrt} \leq 0,50$
Средневыветрелый	$0,50 < K_{wrt} \leq 0,75$
Сильновыветрелый	$0,75 < K_{wrt} \leq 1,00$

Б.2.8 По коэффициенту истираемости крупных обломков K_{fr} крупнообломочные грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.15.

Таблица Б.15

Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент истираемости K_{fr} д. е.
Очень прочный	$K_{fr} \leq 0,05$
Прочный	$0,05 < K_{fr} \leq 0,20$
Средней прочности	$0,20 < K_{fr} \leq 0,30$
Малопрочный	$0,30 < K_{fr} \leq 0,40$
Пониженной прочности	$K_{fr} > 0,40$

Б.2.9 По числу пластичности I_p глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.16.

Таблица Б.16

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p , %
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

Примечание - Илы подразделяют по значениям числа пластичности, указанным в таблице, на супесчаные, суглинистые и глинистые.

Б.2.10 По числу пластичности I_p и содержанию песчаных частиц глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.17.

Таблица Б.17

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p , %	Содержание песчаных частиц (2 - 0,05 мм), % по массе
Супесь:		
- песчанистая	$1 \leq I_p \leq 7$	≥ 50
- пылеватая	$1 \leq I_p \leq 7$	< 50
Суглинок:		
- легкий песчанистый	$7 < I_p \leq 12$	≥ 40
- легкий пылеватый	$7 < I_p \leq 12$	< 40
- тяжелый песчанистый	$12 < I_p \leq 17$	≥ 40
- тяжелый пылеватый	$12 < I_p \leq 17$	< 40
Глина:		
- легкая песчанистая	$17 < I_p \leq 27$	≥ 40
- легкая пылеватая	$17 < I_p \leq 27$	< 40
- тяжелая	$I_p > 27$	Не регламентируется

Б.2.11 При наличии частиц размером более 2 мм глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.18.

Т а б л и ц а Б.18

Разновидность глинистых грунтов	Содержание частиц размером более 2 мм, % по массе
Супесь, суглинок, глина с галькой (щебнем), с гравием (дресвой) или с ракушкой	От 15 до 25 включ.
Супесь, суглинок, глина галечниковые (щебенистые), гравелистые (дресвяные) или ракушечные	Св. 25 до 50 включ.

Б.2.12 По показателю текучести I_L глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.19.

Т а б л и ц а Б.19

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести I_L , д. е.
Супесь: - твердая - пластичная - текучая	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 1,00$ $I_L > 1,00$
Суглинки и глины: - твердые - полутвердые - тугопластичные - мягкопластичные - текучепластичные - текучие	$I_L < 0$ $0 \leq I_L \leq 0,25$ $0,25 < I_L \leq 0,50$ $0,50 < I_L \leq 0,75$ $0,75 < I_L \leq 1,00$ $I_L > 1,00$

Б.2.13 По относительной деформации набухания без нагрузки ϵ_{sw} (см. ГОСТ 12248) глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.20.

Т а б л и ц а Б.20

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки ϵ_{sw} , д. е.
Ненабухающий	$\epsilon_{sw} < 0,04$
Слабонабухающий	$0,04 \leq \epsilon_{sw} \leq 0,08$
Средненабухающий	$0,08 < \epsilon_{sw} \leq 0,12$
Сильнонабухающий	$\epsilon_{sw} > 0,12$

Б.2.14 По относительной деформации просадочности ε_{sl} (см. ГОСТ 23161) глинистые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.21.

Т а б л и ц а Б.21

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация просадочности ε_{sl} , д. е.
Непросадочный	$\varepsilon_{sl} < 0,01$
Слабопросадочный	$0,01 < \varepsilon_{sl} \leq 0,03$
Среднепросадочный	$0,03 < \varepsilon_{sl} \leq 0,07$
Сильнопросадочный	$0,07 < \varepsilon_{sl} \leq 0,12$
Чрезвычайно просадочный	$\varepsilon_{sl} > 0,12$

Б.2.15 По относительному содержанию органического вещества I_r (см. ГОСТ 23740и ГОСТ 26213) грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.22.

Т а б л и ц а Б.22

Разновидность грунтов	Относительное содержание органического вещества I_r , д. е.
Минеральные	$I_r \leq 0,03$
Органо-минеральные:	
- с примесью органического вещества	$0,03 < I_r \leq 0,10$
- с низким содержанием органического вещества	$0,10 < I_r \leq 0,30$
- с высоким содержанием органического вещества	$0,30 < I_r < 0,50$
Органические	$I_r \geq 0,50$

Б.2.16 По относительному содержанию органического вещества I_r (см. ГОСТ 23740и ГОСТ 26213) торфосодержащие грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.23.

Т а б л и ц а Б.23

Разновидность торфосодержащего грунта	Относительное содержание органического вещества I_r , д. е.	
	Пески	Глинистые грунты
С примесью торфа	$0,03 \leq I_r \leq 0,10$	$0,05 < I_r \leq 0,10$
Слаботорфованный	$0,10 < I_r \leq 0,25$	
Среднеторфованный	$0,25 < I_r \leq 0,40$	
Сильнеторфованный	$0,40 < I_r < 0,50$	
Торф	$I_r \geq 0,50$	

Б.2.17 По степени разложения D_{dp} (см. ГОСТ 10650) торфы подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.24.

Т а б л и ц а Б.24

Разновидность торфа	Степень разложения D_{dp} , %
Слаборазложившийся	$D_{dp} \leq 20$
Среднеразложившийся	$20 < D_{dp} \leq 45$
Сильноразложившийся	$D_{dp} > 45$

Б.2.18 По степени засоленности D_{sal} легкорастворимыми солями грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.25, а среднерастворимыми - в соответствии с таблицей Б.26.

Т а б л и ц а Б.25

Разновидность грунтов	Степень засоленности грунтов легкорастворимыми солями D_{sal} , %	
	Хлоридное, сульфатно-хлоридное засоление	Сульфатное, хлоридно-сульфатное засоление
Незасоленный	$D_{sal} < 0,5$	$D_{sal} < 0,5$
Слабозасоленный	$0,5 \leq D_{sal} < 2,0$	$0,5 \leq D_{sal} < 1,0$
Среднезасоленный	$2,0 \leq D_{sal} < 5,0$	$1,0 \leq D_{sal} < 3,0$
Сильнозасоленный	$5,0 \leq D_{sal} \leq 10,0$	$3,0 \leq D_{sal} \leq 8,0$
Избыточно засоленный	$D_{sal} > 10,0$	$D_{sal} > 8,0$

Т а б л и ц а Б.26

Разновидность грунтов	Степень засоленности грунтов среднерастворимыми (гипс, ангидрит) солями D_{sal} , %		
	Суглинок	Супесь	Песок
Незасоленный	$D_{sal} \leq 5$	$D_{sal} \leq 5$	$D_{sal} \leq 3$
Слабозасоленный	$5 < D_{sal} \leq 10$	$5 < D_{sal} \leq 10$	$3 < D_{sal} \leq 7$
Среднезасоленный	$10 < D_{sal} \leq 20$	$10 < D_{sal} \leq 20$	$7 < D_{sal} \leq 10$
Сильнозасоленный	$20 < D_{sal} \leq 35$	$20 < D_{sal} \leq 30$	$10 < D_{sal} \leq 15$
Избыточно засоленный	$D_{sal} > 35$	$D_{sal} > 30$	$D_{sal} > 15$

Б.2.19 По степени морозной пучинистости ϵ_{fh} (см. ГОСТ 28622) дисперсные грунты подразделяют в соответствии с таблицей Б.27*.

Таблица Б.27

Разновидность грунтов	Степень пучинистости ε_{fh} , %
Непучинистый	$\varepsilon_{fh} < 1,0$
Слабопучинистый	$1,0 < \varepsilon_{fh} \leq 3,5$
Среднепучинистый	$3,5 < \varepsilon_{fh} \leq 10,0$
Сильнопучинистый	$7,0 < \varepsilon_{fh} \leq 10,0$
Чрезмерно пучинистый	$\varepsilon_{fh} > 10,0$
* Применяют также для класса мерзлых грунтов.	

Б.3 Разновидности мерзлых грунтов

Б.3.1 По температуре T грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.28.

Таблица Б.28

Разновидность грунтов	Температура грунтов T , °C
Немерзлый (талый)	$T \geq 0$
Охлажденный	$0 > T \geq T_{bf}$
Мерзлый	$T < T_{bf}$
Морозный	$T < 0$
Сыпучемерзлый*	$T < 0$
* Для грунтов с суммарной влажностью $w_{tot} \leq 3\%$.	

Б.3.2 По льдистости скальные, полускальные и дисперсные мерзлые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицами Б.29 - Б.31.

Таблица Б.29

Разновидность скальных и полускальных мерзлых грунтов	Льдистость за счет видимых ледяных включений i_l , д. е.
Слабольшедистый	$i_l \leq 0,01$
Льдистый	$0,01 < i_l \leq 0,05$
Сильнольдистый	$i_l > 0,05$

Таблица Б.30

Разновидность дисперсных мерзлых грунтов	Льдистость за счет видимых ледяных включений i_l , д. е.
Нельдистый	$i_l \leq 0,03$
Слабольшедистый	$0,03 < i_l \leq 0,20$
Льдистый	$0,20 < i_l \leq 0,40$
Сильнольдистый	$0,40 < i_l \leq 0,60$
Очень сильнольдистый	$0,60 < i_l \leq 0,90$

Таблица Б.31

Разновидность песчаных грунтов	Суммарная льдистость, i_{tot} , д. е.
Слабольшедистые	$i_{tot} \leq 0,40$
Льдистые	$0,40 < i_{tot} \leq 0,60$
Сильнольдистые	$i_{tot} > 0,60$

Б.3.3 По состоянию незаселенные мерзлые грунты подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.32.

Таблица Б.32

Грунты	Разновидность грунта		
	Твердомерзлый ($m_{vf} \leq 0,01 \text{ МПа}^{-1}$) при $T < T_h$, °C	Пластичномерзлый ($m_{vf} > 0,01 \text{ МПа}^{-1}$) при T , °C	Сыпучемерзлый при $T < 0$ °C
Скальные и полускальные	$T_h = 0$	-	-
Крупнообломочные	$T_h = 0$	$T_h < T < T_{bf}$ при $S_r < 0,8$	При $S_r \leq 0,15$
Пески гравелистые, крупные и средней крупности	$T_h = -0,1$		
Пески мелкие и пылеватые	$T_h = -0,3$		
Глинистые грунты: - супесь - суглинок - глина	$T_h = -0,6$ $T_h = -1,0$ $T_h = -1,5$	$T_h < T < T_{bf}$	При $S_r \leq 0,15$
Примечание - T_h - температурная граница твердомерзлого состояния грунта; T - температура грунта.			

Б.3.4 Мерзлые грунты с континентальным типом засоления (сульфатный тип засоления) относят к засоленным при степени засоленности D_{sal} , %:

- для песков $\geq 0,10$ %;
- для супесей $\geq 0,15$ %;
- для суглинков $\geq 0,20$ %;
- для глин $\geq 0,25$ %.

Б.3.5 По степени засоленности D_{sal} , %, мерзлые грунты с морским типом засоления легкорастворимыми солями (хлоридный тип засоления) подразделяют на разновидности в соответствии с таблицей Б.33.

Таблица Б.33

Разновидность грунтов	Степень засоленности легкорастворимыми солями D_{sal} , %		
	Пески	Супеси	Суглинки и глины
Незасоленные	$D_{sal} < 0,05$	$D_{sal} < 0,15$	$D_{sal} < 0,20$
Слабозасоленные	$0,05 \leq D_{sal} < 0,15$	$0,15 \leq D_{sal} < 0,35$	$0,20 \leq D_{sal} < 0,40$
Среднезасоленные	$0,15 \leq D_{sal} < 0,30$	$0,35 \leq D_{sal} < 0,60$	$0,40 \leq D_{sal} < 0,80$
Сильнозасоленные	$D_{sal} \geq 0,30$	$D_{sal} \geq 0,60$	$D_{sal} \geq 0,80$

Б.3.6 По типам криогенных текстур мерзлые грунты подразделяют в соответствии с таблицей Б.34.

Таблица Б.34

Грунты	Тип криогенной текстуры
Скальные и полускальные	Трещинная, пластовая, полостная, жильная, массивная
Крупнообломочные	Массивная, порфировидная, корковая, базальная
Песчаные	Массивная, слоистая, порфировидная, сетчатая, базальная
Глинистые	Массивная, сетчатая, слоистая, атакситовая, порфировидная, линзовидная
Заторфованные	Порфировидная, слоистая, сетчатая, атакситовая, линзовидная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ВЫДЕРЖКИ ИЗ ГОСТ 5180-2015 ГРУНТЫ. МЕТОДЫ ЛАБОРАТОРНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на дисперсные песчаные и глинистые грунты, устанавливает методы лабораторного определения физических характеристик, применяемые при лабораторных испытаниях грунтов в процессе инженерно-геологических изысканий для строительства.

Настоящий стандарт не распространяется на крупнообломочные грунты.

Основные термины, применяемые в настоящем стандарте, и их пояснения приведены в справочном приложении 1.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты:

ГОСТ 166-89 (ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия.

ГОСТ 1770-74 (ИСО 1042-83, ИСО 4788-80) Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия.

ГОСТ 6709-72 Вода. Дистиллированная. Технические условия.

ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний.

ГОСТ 8984-75 Силикагель-индикатор. Технические условия.

ГОСТ 9147-80 Посуда и оборудование лабораторные фарфоровые. Технические условия.

ГОСТ 10778-83 Шпатели. Технические условия.

ГОСТ 12071-2013 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов.

ГОСТ 18481-81 Ареометры и цилиндры стеклянные. Общие технические условия.

ГОСТ 22524-77 Пикнометры стеклянные. Технические условия.

ГОСТ 24104-2001* Весы лабораторные. Общие технические требования.

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация.

ГОСТ 25336-82 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры.

ГОСТ 28498-90 Термометры жидкостные стеклянные. Общие технические требования. Методы испытаний.

ГОСТ 30416-2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 25100 и ГОСТ 30416, а также следующий термин с соответствующим определением:

3.1 суммарная влажность мерзлого грунта w_{tot} : Отношение массы всех видов воды (ледяных включений, прослоев, линз, порового льда и незамерзшей воды) в мерзлом грунте к массе этого грунта, высушенного до постоянной массы.

4 Общие положения

4.1 Отбор, упаковку, транспортирование и хранение образцов грунта ненарушенного (монолитов) и нарушенного сложения следует проводить в соответствии с ГОСТ 12071.

4.2 Подготовку к испытаниям и определение плотности мерзлых грунтов следует проводить в помещении с отрицательной температурой на не подвергавшихся оттаиванию образцах.

4.3 Физические характеристики следует определять не менее чем для двух параллельных проб, отбираемых из исследуемого образца грунта.

4.4 Значение характеристик вычисляют как среднее арифметическое результатов параллельных определений. Разница между параллельными определениями не должна превышать значений по приложению А. Если разница превышает допустимую, количество определений следует увеличить.

4.5 При обработке результатов испытаний плотность и влажность вычисляют с точностью согласно ГОСТ 30416.

4.6 Погрешность измерения массы (взвешивания) не должна превышать: при массе от 10 до 1000 г - 0,02 г, при массе свыше 1000 г - 5 г.

4.7 Метод определения характеристики грунта выбирается в зависимости от его свойств в соответствии с приложением А ГОСТ 30416. Определение нижнего предела пластичности допускается определять методом прессования согласно приложению И. Определение плотности частиц засоленных грунтов возможно определять, используя метод двух пикнометров (приложение Л).

5 Определение влажности (в т. ч. гигроскопической) грунта методом высушивания до постоянной массы

5.1 Необходимое оборудование:

- сушильный шкаф;
- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- металлические или стеклянные бюксы по ГОСТ 25336;
- шпатель по ГОСТ 10778.

5.2 Подготовка к испытанию

5.2.1 Пробу грунта для определения влажности отбирают массой 15-50 г, помещают в заранее высушенный, взвешенный (m) и пронумерованный бюкс и плотно закрывают крышкой. При отборе пробы из образца нарушенной структуры грунт нужно тщательно перемешать, чтобы влажность распределилась по образцу равномерно. Если в исследуемом грунте присутствуют включения, то при отборе пробы на влажность нужно удалить все видимые включения.

5.2.2 Пробу грунта для определения гигроскопической влажности w_g грунта массой 15 - 20 г следует отбирать методом квартования по ГОСТ 8735 из грунта в воздушно-сухом состоянии, растертого, просеянного сквозь сито с сеткой 1 мм и выдержанного открытым не менее 2 часа при данных температуре и влажности воздуха.

5.3 Проведение испытания

5.3.1 Пробу грунта в закрытом бюксе взвешивают.

5.3.2 Открытый бюкс помещают в нагретый сушильный шкаф. Грунт высушивают до постоянной массы при температуре $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Загипсованные грунты высушивают при температуре $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

5.3.3 Песчаные грунты высушивают в течение 3 ч, а остальные – в течение 5 ч.

Последующие высушивания песчаных грунтов производят в течение 1 ч, а остальных - в течение 2 ч.

5.3.4 Загипсованные грунты высушивают в течение 8 ч. Последующие высушивания проводят в течение 2 ч.

5.3.5 После каждого высушивания закрытый бюкс охлаждают до температуры помещения и взвешивают.

Высушивание проводят до получения разности масс грунта с бюксом при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г.

5.3.6 Если при повторном взвешивании грунта, содержащего органические вещества, наблюдается увеличение массы, то за результат взвешивания принимают наименьшую массу.

5.4 Обработка результатов

Влажность грунта w , %, вычисляют по формуле:

$$w = \frac{m_1 - m_o}{m_o - m}, \quad (1)$$

где m_1 – масса влажного грунта с бюксом, г;
 m_o – масса высушенного грунта с бюксом, г;
 m – масса пустого бюкса, г.

Допускается выражать влажность грунта в долях единицы.

Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение Б).

6 Определение суммарной влажности мерзлого грунта

6.1 Необходимое оборудование

Используют оборудование по 5.1.

6.2 Подготовка к испытаниям

6.2.1 Образец мерзлого грунта массой 0,5 - 2 кг (в зависимости от криогенной текстуры грунта) помещают в полиэтиленовый пакет, плотно завязывают; для предотвращения вытекания из пакета влаги пакет с грунтом поместить в предварительно высушенную чашку.

6.2.2 Дают грунту оттаять.

6.2.3 Весь образец грунта перемешивают, доводят до однородного состояния.

- лабораторные весы по ГОСТ 24104; 6.2.4 Пробу грунта отбирают согласно 5.2.1.

6.3 Проведение испытаний

Пробу грунта в бюксе взвешивают и высушивают в соответствии с требованиями 5.3.

6.4 Обработка результатов

Суммарную влажность мерзлого грунта w_{tot} рассчитывают согласно 5.4 по формуле (1).

7 Определение верхнего предела пластичности - влажности грунта на границе текучести методом балансирующего конуса

7.1 Границу текучести следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирующий конус погружается под действием собственной массы за 5 с на глубину 10 мм.

7.2 Необходимое оборудование:

- сушильный шкаф;
- металлические или стеклянные бюксы по ГОСТ 25336;
- балансирующий конус Васильева с цилиндрической чашкой;
- фарфоровая по ГОСТ 9147 или металлическая чашка диаметром

7-8 см;

- шпатель по ГОСТ 10778;
- ступка с пестиком по ГОСТ 9147;
- сито с отверстием 1 мм по действующей нормативной документации*;
- мелкая терка;
- вазелин.

* На территории Российской Федерации действует ГОСТ 51568-99 «Сита лабораторные из металлической проволочной сетки. Технические условия».

Примечание - Балансирный конус представляет собой металлический пенетрационный конус (угол при вершине 30°) с двумя противовесами, жестко закрепленными на нем так, что центр тяжести устройства в рабочем положении опущен ниже вершины конуса для устойчивости при измерениях. Конус имеет кольцевую риску - 10 мм от вершины и общую массу ($76 \pm 0,2$) г. Комплектуется чашкой для грунтовой пасты и подставкой.

7.3 Подготовка к испытаниям

7.3.1 Для определения границы текучести используют монолиты или образцы нарушенного сложения, для которых требуется сохранение природной влажности.

Для грунтов, содержащих органические вещества и илы, границу текучести определяют сразу после вскрытия образца, не допускается использование данных грунтов в воздушно-сухом состоянии.

Для грунтов, не содержащих органических веществ, возможно использование образцов грунтов в воздушно-сухом состоянии.

7.3.2 Образец грунта природной влажности разминают шпателем в чашке или натирают на мелкой терке с добавкой дистиллированной воды (вода должна соответствовать ГОСТ 6709 по показателям pH и удельной электропроводности (УЭП), если это требуется, удалив из него растительные остатки крупнее 1 мм, отбирают из размельченного грунта методом квартования по ГОСТ 8735 пробу массой около 100 г. При наличии в грунтовой пасте включений размером более 1 мм требуется пропустить грунтовую пасту сквозь сито с сеткой № 1.

Пробу выдерживают в закрытом стеклянном сосуде не менее 2 ч. Для тяжелых суглинков и глин время выдержки увеличить до 6 ч.

7.3.3 При проведении испытания с использованием образца грунта в воздушно-сухом состоянии его растирают в фарфоровой ступке или в растирочной машине, не допуская дробления частиц грунта и одновременно удаляя из него растительные остатки крупнее 1 мм, просеивают сквозь сито с сеткой 1 мм. Прошедший сквозь сито грунт увлажняют дистиллированной водой (вода должна соответствовать ГОСТ 6709 по показателям pH и УЭП) до состояния густой пасты, перемешивая шпателем, и выдерживают в закрытом стеклянном сосуде согласно 7.3.2.

7.3.4 Для удаления избытка влаги из образцов илов производят обжатие грунтовой пасты, помещенной в хлопчатобумажную ткань между листами фильтровальной бумаги, под давлением (пресс, груз). Грунтовую пасту из илов не допускается выдерживать в закрытом стеклянном сосуде.

7.3.5 Добавлять сухой грунт в грунтовую пасту не допускается.

7.4 Проведение испытаний

7.4.1 Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают шпателем и небольшими порциями плотно (без воздушных полостей) укладывают в цилиндрическую чашку. Поверхность пасты заглаживают шпателем вровень с краями чашки.

7.4.2 Балансирный конус, смазанный тонким слоем вазелина, подводят к поверхности грунтовой пасты так, чтобы его острие касалось пасты. Затем плавно отпускают конус, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса.

7.4.3 Погружение конуса в пасту в течение 5 с на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.

7.4.4 При погружении конуса в течение 5 с на глубину менее 10 мм, грунтовую пасту извлекают из чашки, присоединяют к оставшейся пасте, добавляют немного дистиллированной воды (вода должна соответствовать ГОСТ 6709 по показателям pH и УЭП), тщательно перемешивают ее и повторяют операции, указанные в 7.4.1 - 7.4.3.

7.4.5 При погружении конуса за 5 с на глубину более 10 мм грунтовую пасту из чашки перекладывают в фарфоровую чашку, слегка подсушивают на воздухе, непрерывно перемешивая шпателем и повторяют операции, указанные в 7.4.1 - 7.4.3.

7.4.6 По достижении границы текучести (7.4.3) из пасты отбирают пробы массой 15 - 30 г для определения влажности в соответствии с требованиями 5.2 - 5.3.

7.5 Обработка результатов

Влажность грунта на границе текучести w_L рассчитывают в соответствии с требованием 5.4.

Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение В).

8 Определение нижнего предела пластичности - влажности грунта на границе раскатывания

8.1 Границу раскатывания (пластичности) следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3 - 10 мм.

8.2 Необходимое оборудование

- сушильный шкаф;
- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- металлические или стеклянные бюксы по ГОСТ 25336;
- балансный конус Васильева с цилиндрической чашкой;
- фарфоровая по ГОСТ 9147 или металлическая чашка диаметром 7-8 см;
- шпатель по ГОСТ 10778;
- ступка с пестиком по ГОСТ 9147;
- сито с отверстием 1 мм по действующей нормативной документации;
- мелкая терка;
- вазелин.

8.3 Подготовка к испытаниям

Подготовку грунта производят в соответствии с 7.3 или используют часть грунта (40 - 50 г), подготовленного для определения текучести.

8.4 Проведение испытаний

8.4.1 Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают, берут небольшой кусочек и раскатывают ладонью на стеклянной или пластмассовой пластинке до образования жгута диаметром около 3 мм. Также допускается раскатывание жгута пальцами одной руки по ладони другой. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, его собирают в комок и вновь раскатывают до образования жгута диаметром около 3 мм. Раскатывать следует, слегка нажимая на жгут, длина жгута не должна превышать ширины ладони. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут не начинает распадаться по поперечным трещинам на кусочки длиной 3 - 10 мм.

8.4.2 Кусочки распадающегося жгута собирают в бюксы, накрываемые крышками. Когда масса грунта в стаканчиках достигнет 10 - 15 г, определяют влажность в соответствии с требованиями 5.2- 5.3.

8.5 Обработка результатов

Влажность грунта на границе раскатывания w_p рассчитывают в соответствии с требованиями 5.4.

Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение В).

9 Определение плотности грунта (в т. ч. мерзлого) методом режущего кольца

9.1 Необходимое оборудование

- кольцо-пробоотборник;
- кольцо-насадка;
- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- штангенциркуль по ГОСТ 166;

- нож;
- винтовой пресс;
- пластинки с гладкой поверхностью (из стекла, металла и т. д.);
- плоская лопатка;
- вазелин или консистентная смазка.

9.2 Подготовка к испытаниям

9.2.1 Согласно требованиям таблицы 1 выбирают режущее кольцо-пробоотборник.

Таблица 1 - Размеры кольца-пробоотборника

Наименование и состояние грунтов	Размеры кольца-пробоотборника			
	Толщина стенки, мм	Диаметр внутренний d , мм	Высота h	Угол заточки наружного режущего края
Немерзлые глинистые грунты	1,5 - 2,0	≥ 50	$0,8 d \geq h > 0,3 d$	Не более 30°
Немерзлые и сыпуче-мерзлые песчаные грунты	2,0 - 4,0	≥ 70	$d \geq h > 0,3 d$	Не более 30°
Мерзлые глинистые грунты	3,0 - 4,0	≥ 80	$h = d$	45°

9.2.2 Кольца-пробоотборники изготавливают из стали с антикоррозионным покрытием или из других материалов, не уступающих по твердости и коррозионной стойкости.

9.2.3 Кольца нумеруют, штангенциркулем измеряют внутренний диаметр и высоту с погрешностью не более 0,1 мм и взвешивают. По результатам измерений вычисляют объем кольца с точностью до $0,1 \text{ см}^3$.

9.2.4 Пластинки с гладкой поверхностью (из стекла, металла и т. д.) нумеруют и взвешивают.

9.3 Проведение испытания

9.3.1 Кольцо-пробоотборник смазывают с внутренней стороны тонким слоем вазелина или консистентной смазки.

9.3.2 Верхнюю зачищенную плоскость образца грунта выравнивают, срезая излишки грунта ножом, устанавливают на ней режущий край кольца и винтовым прессом или вручную через насадку слегка вдавливают кольцо в грунт, фиксируя границу образца для испытаний. Затем грунт снаружи кольца обрезают на глубину 5-10 мм ниже режущего края кольца, формируя столбик диаметром на 1-2 мм больше наружного диаметра кольца. Периодически, по мере срезания грунта, легким нажимом пресса или насадки насаживают кольцо на столбик грунта, не

допуская перекосов. После заполнения кольца грунт подрезают на 8-10 мм ниже режущего края кольца и отделяют его.

Грунт, выступающий за края кольца, срезают ножом, зачищают поверхность грунта вровень с краями кольца и закрывают торцы пластинками.

9.3.3 При пластичном или сыпучем грунте кольцо плавно, без перекосов вдавливают в него и удаляют грунт вокруг кольца. Затем зачищают поверхность грунта, накрывают кольцо пластинкой и подхватывают его снизу плоской лопаткой.

9.3.4 Кольцо с грунтом и пластинками взвешивают.

9.4 Обработка результатов

Плотность грунта ρ , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{(m_1 - m_0 - m_2)}{V}, \quad (2)$$

где m_1 – масса грунта с кольцом и пластинками, г;

m_0 – масса кольца, г;

m_2 – масса пластинок, г;

V – внутренний объем кольца, см³.

Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение Г).

10 Определение плотности грунта методом взвешивания в воде

10.1 Необходимое оборудование

- нож;
- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- нить;
- парафин;
- песчаная баня;
- штатив.

10.2 Подготовка к испытаниям

10.2.1 Вырезают образец грунта объемом не менее 50 см³ и придают ему округлую форму, срезая острые выступающие части.

10.2.2 Образец обвязывают тонкой прочной нитью со свободным концом длиной 15-20 см, имеющим петлю для подвешивания к серье весов.

10.2.3 Парафин, не содержащий примесей, нагревают до температуры 57 °С - 60 °С.

10.3 Проведение испытания

10.3.1 Обязанный нитью образец грунта взвешивают.

10.3.2 Образец грунта покрывают парафиновой оболочкой, погружая его на 2 - 3 с в нагретый парафин. При этом пузырьки воздуха, обнаруженные в застывшей парафиновой оболочке, удаляют, прокалывая

их и заглаживая места проколов нагретой иглой. Эту операцию повторяют до образования плотной парафиновой оболочки.

10.3.3 Охлажденный парафинированный образец взвешивают.

10.3.4 Затем парафинированный образец взвешивают в сосуде с водой. Для этого над чашей весов устанавливают подставку для сосуда с водой так, чтобы исключить ее касание к чаше весов (или снимают подвес с чашей с серьги, уравновесив весы дополнительным грузом). К серьге коромысла подвешивают образец и опускают в сосуд с водой. Объем сосуда и длина нити должны обеспечить полное погружение образца в воду. При этом образец не должен касаться дна и стенок сосуда.

Примечание: Допускается применять метод обратного взвешивания. На чашу циферблатных весов устанавливают сосуд с водой и взвешивают его. Затем в жидкость догружают образец, подвешенный к штативу, и вновь взвешивают сосуд с водой и погруженным в нее образцом.

10.3.5 Взвешенный образец вынимают из воды, промокают фильтровальной бумагой и взвешивают для проверки герметичности оболочки. Если масса образца увеличилась более чем на 0,02 г по сравнению с первоначальной, образец следует забраковать и повторить испытание с другим образцом.

10.4 Обработка результатов

10.4.1 Плотность грунта ρ , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m\rho_p\rho_w}{\rho_p(m_1 - m_2) - \rho_w(m_1 - m)}, \quad (3)$$

где m – масса образца грунта до парафинирования, г;

m_1 – масса парафинированного образца грунта, г;

m_2 – результат взвешивания образца в воде - разность масс парафинированного образца и вытесненной им воды, г;

ρ_p – плотность парафина, принимаемая равной 0,900 г/см³;

ρ_w – плотность воды при температуре испытаний, г/см³.

Примечание - Плотность парафина следует уточнять для каждой партии парафина. Плотность воды, в зависимости от температуры, следует принимать по справочному приложению И.

10.4.2 При применении метода обратного взвешивания плотность грунта вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m\rho_p\rho_w}{\rho_p(m_4 - m_3) - \rho_w(m_1 - m)}, \quad (4)$$

где m , ρ_p , ρ_w – то же, что и в формуле (3);

m_3 – масса сосуда с водой, г;

m_4 – масса сосуда с водой и погруженным в нее парафинированным образцом, г.

Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение Д).

11 Определение плотности мерзлого грунта методом взвешивания в нейтральной жидкости

11.1 Необходимое оборудование

- нейтральная жидкость (керосин, лигроин и др.);
- ареометр по ГОСТ 18481;
- нить;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- штатив.

11.2 Подготовка к испытаниям

11.2.1 Образец грунта и нейтральная жидкость (керосин, лигроин и др.) должны иметь отрицательную температуру.

11.2.2 Образец грунта отбирают округлой формы массой 100-150 г и обвязывают нитью (10.2.2). Для грунтов с немассивной криогенной текстурой масса образца может быть увеличена.

11.2.3 Определяют плотность нейтральной жидкости ареометром при температуре испытания.

11.3 Проведение испытаний

11.3.1 Обязанный нитью образец грунта взвешивают.

11.3.2 Затем образец взвешивают, погрузив его в нейтральную жидкость. Взвешивание производят в соответствии с указаниями 10.3.4.

11.4 Обработка результатов

Плотность грунта ρ , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho = \rho_{nl}m/(m - m_1), \quad (5)$$

где m – масса образца (до погружения), г;

m_1 – результат взвешивания образца в нейтральной жидкости - разность масс образца и вытесненной им жидкости, г;

ρ_{nl} – плотность нейтральной жидкости при температуре испытаний, г/см³.

При применении метода обратного взвешивания плотность грунта вычисляют по формуле

$$\rho = \rho_{nl}m/(m_4 - m_3), \quad (6)$$

где m и ρ_{nl} – то же, что и в формуле (5);

m_3 – масса сосуда с нейтральной жидкостью, г;

m_4 – масса сосуда с нейтральной жидкостью и погруженным в нее образцом, г.

Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение Е).

12 Определение плотности скелета (сухого) грунта расчетным методом

12.1 Для определения плотности сухого грунта предварительно

определяют влажность грунта и его плотность при этой влажности в соответствии с требованиями разделов 5 - 6 и 9 - 11 настоящего стандарта.

12.2 Плотность сухого грунта ρ_d , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho_d = \rho / (1 - 0,01w), \quad (7)$$

где ρ – плотность грунта, г/см³;

w – влажность грунта, %.

13 Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом

Примечание - Плотность частиц грунта определяется отношением массы частиц грунта к их объему.

13.1 Необходимое оборудование

- пикнометры емкостью 100, 200 см³ по ГОСТ 22524;
- сушильный шкаф;
- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- металлические или стеклянные бюксы по ГОСТ 25336;
- термометр по ГОСТ 28498;
- песчаная баня;
- дистиллированная вода по ГОСТ 6709;
- ступка с пестиком по ГОСТ 9147;
- сито с отверстием 2 мм по действующей нормативной документации.

13.2 Подготовка к испытаниям

13.2.1 Образец грунта в воздушно-сухом состоянии размельчают в фарфоровой ступке, отбирают методом квартования по ГОСТ 8735 среднюю пробу массой 100 - 200 г и просеивают сквозь сито с сеткой 2 мм, остаток на сите растирают в ступке и просеивают сквозь то же сито.

13.2.2 Из перемешанной средней пробы берут навеску грунта из расчета 15 г на каждые 100 мл емкости пикнометра и высушивают до постоянной массы в соответствии с требованиями 5.2 - 5.3. Навеску заторфованного грунта или торфа следует отбирать из средней пробы из расчета 5 г сухого грунта на каждые 100 мл емкости пикнометра, которая в этом случае должна быть не менее 200 мл.

Допускается использовать грунт в воздушно-сухом состоянии, определив его гигроскопическую влажность.

13.2.3 Дистиллированную воду следует прокипятить в течение 1 ч и хранить в закупоренной бутылки.

13.3 Проведение испытаний

13.3.1 Пикнометр, наполненный на $\frac{1}{3}$ дистиллированной водой, взвешивают. Затем через воронку всыпают в него высушенную пробу грунта и снова взвешивают.

13.3.2 Пикнометр с водой и грунтом взбалтывают и ставят кипятить на песчаную баню. Продолжительность спокойного кипячения (с момента начала кипения) должна составлять: для песков и супесей - 30 мин, для суглинков и глин - 1 ч.

13.3.3 После кипячения пикнометр следует охладить и долить дистиллированной водой до мерной риски на горлышке, а если пикнометр с капилляром в пробке - до шейки пикнометра.

Пикнометр охлаждают до комнатной температуры в ванне с водой. Температуру пикнометра определяют по температуре воды в ванне, измеряемой с точностью до $\pm 0,5$ °С термометром, расположенным в средней части ванны между пикнометрами.

13.3.4 После охлаждения пикнометра следует поправить положение мениска воды в нем, добавляя из капельницы дистиллированную воду. В пикнометре с мерной риской низ мениска должен совпадать с ней. Возможные капли воды выше риски удаляют фильтровальной бумагой. Пикнометр с капилляром доливают примерно до середины шейки пикнометра, закрывают пробку и удаляют выступившую из капилляра воду фильтровальной бумагой. Проверяют отсутствие пузырьков воздуха под пробкой и при их наличии вновь доливают воду.

Пикнометр вытирают снаружи и взвешивают.

13.3.5 Далее выливают содержимое пикнометра, ополаскивают его, наливают в него дистиллированную воду и выдерживают в ванне с водой при той же температуре. Затем выполняют операции, указанные в 13.3.4, и взвешивают пикнометр водой.

Примечание: При большом количестве испытаний следует заранее определить объемы пикнометров (до мерной риски) и их массы с водой при различных температурах, находящихся в интервале температур испытаний.

Объем пикнометра $V_{\text{п}}, \text{см}^3$, вычисляют по формуле

$$V_{\text{п}} = (m'_2 - m_{\text{п}}) / \rho_{\text{w}}, \quad (8)$$

где m'_2 – масса пикнометра с дистиллированной водой (или нейтральной жидкостью) - при температуре тарировки, г;

$m_{\text{п}}$ – масса пустого пикнометра, г;

ρ_{w} – плотность воды (или нейтральной жидкости) при той же температуре, г/см³, (см. приложение **И** -для дистиллированной воды).

Массу пикнометра с дистиллированной водой или нейтральной жидкостью m_2 , г, при температуре испытаний вычисляют по формуле 9:

$$m_2 = m_{\text{п}} + \rho_{\text{w}} V_{\text{п}}, \quad (9)$$

где ρ_{w} - плотность воды (или нейтральной жидкости) при температуре испытаний.

13.4 Обработка результатов

Плотность частиц грунта ρ_{s} , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho_s = \rho_w m_o / (m_o + m_2 - m_1), \quad (10)$$

где m_o – масса сухого грунта, г;

m_1 – масса пикнометра с водой и грунтом после кипячения при температуре испытания, г;

m_2 – масса пикнометра с водой при той же температуре, г;

ρ_w – плотность воды при той же температуре, г/см³.

Примечание: Массу сухого грунта то определяют как разность результатов двух взвешиваний, выполненных 13.3.1.

В случае использования грунта в воздушно-сухом состоянии m_o вычисляют по формуле

$$m_o = m / (1 + 1,01w_g), \quad (11)$$

где m – масса пробы воздушно-сухого грунта, г;

w_g – гигроскопическая влажность грунта, %.

Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение Ж).

14 Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом с нейтральной жидкостью

14.1 Необходимое оборудование

- пикнометры емкостью 100, 200 см³ по ГОСТ 22524;
- сушильный шкаф;
- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- металлические или стеклянные бюксы по ГОСТ 25336;
- термометр по ГОСТ 28498;
- муфельная печь;
- нейтральная жидкость;
- ареометр для нейтральной жидкости по ГОСТ 18481;
- силикагель-индикатор ГОСТ 8984;
- фарфоровые ступка с пестиком по ГОСТ 9147;
- сито с отверстием 2 мм по действующей нормативной документации.

14.2 Подготовка к испытаниям

14.2.1 Подготовку пробы грунта производят в соответствии с указаниями 13.2.1 и 13.2.2.

14.2.2 Нейтральная жидкость (например, керосин) должна быть обезвожена и профильтрована. Керосин обезвоживают путем взбалтывания его с силикагелем, прокаленным в муфельной печи при температуре 500 °С в течение 4 ч. Силикагель берут из расчета 250 г на 1 л керосина.

Плотность керосина после обезвоживания и очистки должна быть установлена с помощью ареометра.

14.3 Проведение испытаний

Испытания проводят в соответствии с указаниями 13.3.1 - 13.3.5, применяя обезвоженный керосин вместо дистиллированной воды и вакуумирование вместо кипячения: степень разряжения при вакуумировании следует определять по началу выделения пузырьков воздуха; вакуумирование следует продолжать до прекращения выделения пузырьков, но не менее 1 ч. При всех взвешиваниях температура керосина должна быть постоянной, в пределах ± 1 °С.

14.4 Обработка результатов

Плотность частиц грунта ρ_s , г/см³, определенную с помощью нейтральной жидкости, вычисляют по формуле

$$\rho_s = \rho_{nl} m_o / (m_o + m_2 - m_1), \quad (12)$$

где m_o – масса сухого грунта, г;

m_1 – масса пикнометра с керосином и грунтом, г;

m_2 – масса пикнометра с керосином, г;

ρ_{nl} – плотность керосина при температуре испытания, г/см³. Результаты испытаний следует внести в журнал (приложение Ж).

Приложение А
(обязательное)

Допустимая разница г результатов параллельных определений

	Влажность грунта w , %				
	до 5	> 5	> 10	> 50	> 100
r , %	0,2	0,6	2,0	4,0	5,0
	Влажность грунта на границе текучести w_L , %				
	до 80			80 и более	
r , %	2,0			4,0	
	Влажность грунта на границе раскатывания w_p , %				
	до 40			40 и более	
r , %	2,0			4,0	
	Плотность грунта ρ , г/см ³				
	Песчаные грунты			Глинистые грунты	
r , г/см ³	0,04			0,03	
	Плотность частиц грунта ρ_s , г/см ³				
	До 2,75			2,75 и более	
r , г/см ³	0,02			0,03	

Приложение Б
(рекомендуемое)

Журнал определения влажности грунта

№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Номер бюкса	Масса бюкса m , г	Масса влажного грунта с бюксом m_0 , г	Масса высушенного грунта с бюксом и крышкой m_0 , г		Влажность w , %	
								1-е взвешивание	2-е взвешивание	Отдельной пробы	Средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Приложение В
(рекомендуемое)

**Журнал определения границ текучести и раскатывания
глинистых грунтов**

№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Номер бюкса	Масса бюкса m , г	Граница текучести				
							Масса влажного грунта с бюксом m_1 , г	Масса высушенного грунта с бюксом m_0 , г		Граница текучести w_L , %	
								1-е взвешивание	2-е взвешивание	отдельной пробы	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Продолжение «Журнал определения границ текучести и раскатывания глинистых грунтов»

Граница раскатывания							Число пластично- сти I_p , %, $I_p = w_L - w_p$	Примечания
Но- мер бюк- са	Масса бюк- са m , г	Масса влажно- го грунта бюк- сом m_1 ,г	Масса высушенно- го грунта с бюк- сом m_0 , г		Граница раска- тывания w_p , %			
			1-е взве- шивание	2-е взве- шивание	Отдель- ной пробы	Сред- няя		
13	14	15	16	17	18	19	20	21

Приложение Г
(рекомендуемое)

Журнал определения плотности грунта методом режущего кольца

№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Номер кольца	Номер пластинок		Масса кольца с грунтом и пластинками m_1 , г	Масса кольца m_0 , г	Масса пластинок, г		Масса грунта, г	Объем грунта V , см ³	Плотность грунта ρ , г/см ³	
						верхней	нижней			верхней	нижней			образца	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Приложение Д
(рекомендуемое)

Журнал определения плотности грунта методом взвешивания в воде парафинированных образцов

№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца грунта	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Масса, г				Плотность ρ , г/см ³	
					грунта до парафинирования	парафинированного грунта	парафинированного грунта в воде	Контрольное взвешивание парафинированного грунта	образца	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Приложение Е
(рекомендуемое)

Журнал определения плотности грунта методом взвешивания образца в нейтральной жидкости

№ п/п	Дата	Лабораторный номер образца	Номер выработки	Глубина отбора образца грунта, м	Масса, г		Температура жидкости, °С	Плотность нейтральной жидкости ρ_{nb} , г/см ³	Плотность ρ , г/см ³	
					образца в воздухе	образца в нейтральной жидкости			образца	средняя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Приложение Ж
(рекомендуемое)

**Журнал определения плотности частиц грунта
пикнометрическим методом**

№ п/п	Да- та	Ла- бора- тор- ный но- мер об- разца	Но- мер выра- ботки	Глу- бина от- бора об- раз- ца, м	Номер пик- номет- ра	Масса, г					Темпе- ратура воды (кери- сина), °С	Плот- ность частиц грунта ρ_s , г/см ³	
						пикно- метра, запол- ненно- го водой (кери- сином) на $\frac{1}{3}$ его ем- кости и грун- том	пикно- метра, запол- ненно- го водой (кери- сином) на $\frac{1}{3}$ его ем- кости и грун- том	пикно- метра с во- дой (кери- сином) и грун- том	пикно- метра с во- дой (кери- сином)	су- хо- го грун- та		об- раз- ца	сред- няя
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	и	12	13	14

Приложение И
(справочное)

Плотность воды при различных температурах

Температура, °С	Плотность, г/см ³	Температура, °С	Плотность, г/см ³
0 - 12	1,000	24 - 27	0,997
12 - 18	0,999	29 - 30	0,996
19 - 23	0,998	31 - 33	0,995

Приложение К
(рекомендуемое)

**Определение границы раскатывания (пластичности)
методом прессования**

К.1 Границу раскатывания допускается определять как влажность грунтовой пасты, устанавливающуюся после прессования ее в контакте с целлюлозой (фильтровальной бумагой) под давлением 2 МПа (20 кг/см²) до завершения водоотдачи грунта.

К.2 Необходимое оборудование

- сушильный шкаф;

- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- металлические или стеклянные бюксы по ГОСТ 25336;
- фарфоровая по ГОСТ 9147 или металлическая чашка диаметром 7-8 см;
- шпатель по ГОСТ 10778;
- фарфоровые ступка с пестиком по ГОСТ 9147;
- сито с отверстием 1 мм по действующей нормативной документации;
- фильтровальная бумага;
- деревянные или металлические пластинки;
- пресс.

К.3 Подготовка к испытанию

Подготовку грунта проводят в соответствии с 7.3 или используют часть грунта (40 - 50 г), подготовленного для определения текучести.

К.4 Проведение испытаний

К.4.1 Шаблон толщиной 2 мм с отверстием 5 см укладывают на хлопчатобумажную ткань и заполняют грунтовой пастой, подготовленной по 7.3 настоящего стандарта. Избыток пасты срезают ножом вровень с поверхностью шаблона. Шаблон удаляют, а полученный образец покрывают сверху такой же тканью.

К.4.2 Снизу и сверху подготовленного образца укладывают по 20 листов фильтровальной бумаги размерами 9×9 см. Подготовленный образец помещают между деревянными или металлическими пластинками и создают с помощью прессы давление на образец 2 МПа (20 кг/см²) в течение 10 мин.

К.4.3 Затем проводят контроль завершения водоотдачи грунта. Для этого снимают давление прессы, вынимают образец и, удалив фильтровальную бумагу и ткань, сгибают образец пополам. Границу раскатывания считают достигнутой, если образец на сгибе дает трещину.

К.4.4 При отсутствии трещины определение повторяют на новой порции пасты, увеличив длительность прессования на 10 мин по сравнению с длительностью предыдущего испытания. Повторные прессования повторяют до тех пор, пока не будет достигнута граница раскатывания грунта в соответствии с п. К.4.3 настоящего приложения.

К.4.5 По достижении границы раскатывания сразу определяют влажность образца в соответствии с указаниями раздела 5 настоящего стандарта.

К.4.6 Для контроля применимости метода для грунтов, поступающих в лабораторию, не менее 20 % общего числа образцов из каждого инженерно-геологического элемента следует испытывать параллельно

методом раскатывания согласно указаниям раздела 8 настоящего стандарта. Метод прессования допускается применять только при получении сопоставимых результатов контрольных определений.

Приложение Л
(рекомендуемое)

**Определение плотности частиц засоленных грунтов в воде
методом двух пикнометров**

Л.1 Необходимое оборудование

- пикнометры емкостью 100, 200 см³ по ГОСТ 22524;
- сушильный шкаф;
- лабораторные весы по ГОСТ 24104;
- металлические или стеклянные бюксы по ГОСТ 25336;
- термометр по ГОСТ 28498;
- песчаная баня;
- дистиллированная вода по ГОСТ 6709;
- фарфоровые ступка с пестиком по ГОСТ 9147;
- сито с отверстием 2 мм по действующей нормативной документации.

Л.2 Подготовка к испытанию

Подготовку образцов грунта к испытаниям следует проводить в соответствии с указаниями 13.2 настоящего стандарта.

Л.3 Проведение испытаний

Л.3.1 Выполняют операции, указанные в 13.3.1 - 13.3.3 настоящего стандарта.

Л.3.2 С помощью резиновой груши следуют осторожно отсасывать осветленную жидкость из верхней части пикнометра в малый пикнометр, объем которого не должен превышать 60 % - 80 % объема основного пикнометра. Положение мениска в малом пикнометре устанавливают согласно 13.3.4 настоящего стандарта, добавляя в него по каплям осветленный солевой раствор из большого пикнометра, при этом, не допуская взмучивания осадка в большом пикнометре.

Малый пикнометр с жидкостью следует вытереть насухо и взвесить.

Л.3.3 Солевой раствор из малого пикнометра и суспензию из большого пикнометра выливают, прополаскивают их дистиллированной водой, наливают дистиллированную воду и выдерживают в ванне с водой.

Л.3.4 Далее выполняют операции, указанные в 13.3.4 настоящего стандарта, и взвешивают пикнометры с водой.

Л.4 Обработка результатов

Л.4.1 Плотность частиц засоленного грунта ρ_{sz} , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho_{sz} = M_o / \left(\frac{M_3 + M_0 - M_2}{\rho_w} + \frac{(m_4 - m_3)(M_3 - M_1)}{\rho_z(m_3 - m_1)} \right), \quad (\text{Л. 1})$$

где M_0 – масса грунта в пикнометре, г;

M_1 – масса большого пикнометра (пустого), г;

M_2 – масса большого пикнометра с водой и грунтом, г;

M_3 – масса большого пикнометра с водой, г;

m_1 – масса малого пикнометра (пустого), г;

m_3 – масса малого пикнометра с водой, г;

m_4 – масса малого пикнометра с солевым раствором, г;

ρ_z – плотность растворимых солей (допускается принимать $\rho_z = 2,20$ г/см³);

ρ_w – плотность воды при температуре испытания, г/см³.