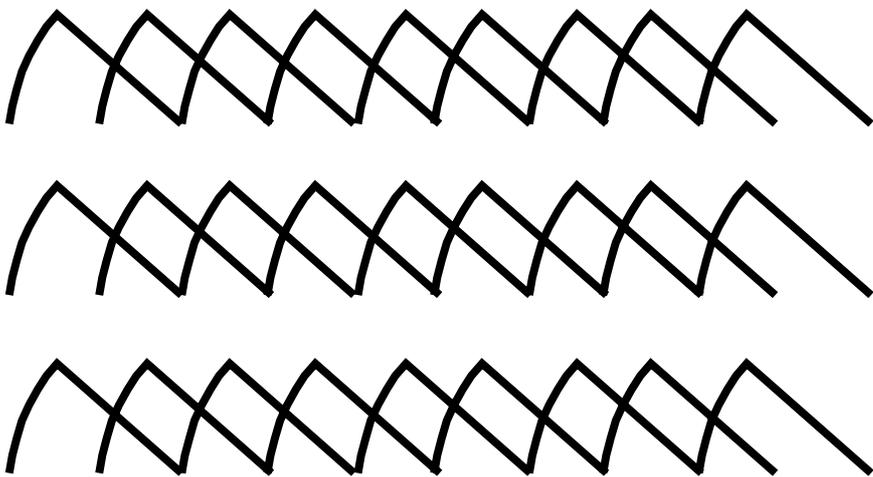


МЕХАНИКА ГРУНТОВ



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Тамбовский государственный технический университет"

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Лабораторные работы
для студентов 3 и 4 курсов дневной и заочной формы обучения
специальностей 270102, 270105, 270205



Тамбов
Издательство ТГТУ
2005

УДК 624.131(07)
ББК Н581.1я73-5
А72

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Доктор технических наук, профессор
В.В. Леденев

С о с т а в и т е л и:

В.М. Антонов, О.В. Евдокимцев

A72 Механика грунтов: Лаб. раб. / Сост.: В.М. Антонов, О.В. Евдокимцев. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 32 с.

Даны сведения по лабораторным работам, в которых излагается цель, приводится описание лабораторного оборудования, дается порядок выполнения работы.

Предназначены для студентов 3 и 4 курсов дневной и заочной формы обучения, обучающихся по специальностям 270102, 270105, 270205.

УДК 624.131(07)
ББК Н581.1я73-5

© Тамбовский государственный
технический университет
(ТГТУ), 2005

Учебное издание

МЕХАНИКА ГРУНТОВ

Лабораторные работы

С о с т а в и т е л и:

АНТОНОВ Василий Михайлович,
ЕВДОКИМЦЕВ Олег Владимирович

Редактор З.Г. Чернова

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано к печати 28.10.2005.

Формат 60 × 84/16. Бумага газетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Объем: 1,86 усл. печ. л.; 1,9 уч.-изд. л.

Тираж 100 экз. С. 731

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО (ЗЕРНОВОГО) СОСТАВА ГРУНТА

Цель работы: определить вид и степень неоднородности грунта

Приборы и оборудование: набор сит (с поддоном); сита с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм; весы лабораторные по ГОСТ 19491; ступка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; пестик по ГОСТ 9147–73 с резиновым наконечником; чашка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; шкаф сушильный.

Порядок выполнения работы

Гранулометрический (зерновой) состав грунта следует определять по весовому содержанию в нем частиц различной крупности, выраженному в процентах по отношению к весу сухой пробы грунта, взятой для анализа. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 12536–79.

Зерновой состав – один из квалификационных показателей грунта. Для фракций больших 0,1 мм он определяется просеиванием пробы через комплект сит, для более мелких (диаметром менее 0,1 мм) применяют методы, основанные на определении размеров частиц по скорости их выпадения из суспензии (метод седиментации). Чем мельче частицы, тем медленнее они оседают в спокойной жидкости. Скорость выпадения частиц оценивают по уменьшению плотности раствора, обычно с помощью ареометров.

Зная процентное содержание каждой фракции, строят кривые однородности (в координатах $\ln d$ – содержание фракции, %). Чем более крутыми получаются кривые, тем более однородным является грунт. Для характеристики неоднородности используют коэффициент – степень неоднородности

$$C_u = d_{60} / d_{10},$$

где d_{60} – контролирующий диаметр, меньше которого в данном грунте содержится 60 % частиц по массе; d_{10} – эффективный диаметр, меньше которого содержится 10 % частиц.

При $C_u \leq 3$ грунт считается однородным.

Гранулометрический (зерновой) и микроагрегатный состав грунтов следует определять методами, предусмотренными табл. 1.

Пробы грунта при разделении их на фракции подготавливают для выделения частиц размером:

- более 0,1 мм – растиранием грунта;
- менее 0,1 мм – размачиванием, кипячением в воде с добавлением аммиака и растиранием грунта.

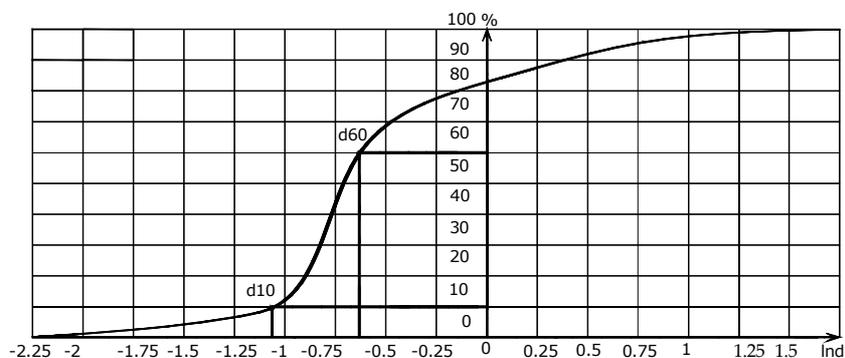
Таблица 1

Наименование грунтов	Состав грунта	Метод определения
Песчаные крупностью: 10...0,5 мм 10...0,1 мм	Гранулометрический (зерновой)	Ситовой: без промывки водой с промывкой водой
Глинистые		Ареометрический

При определении гранулометрического (зернового) состава песчаных грунтов ситовым методом с промывкой водой применяют водопроводную или профильтрованную дождевую (речную) воду, а при определении гранулометрического (зернового) состава глинистых грунтов – дистиллированную воду.

Взвешивание проб грунта на технических весах должно производиться с погрешностью до 0,01 г, а при весе проб грунта 1000 г и более взвешивание допускается производить с погрешностью до 1 г. Взвешивание на аналитических весах должно производиться с погрешностью до 0,001 г.

Результаты вычисления гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава грунтов должны определяться с погрешностью до 0,1 %.



**Рис. 1 Кривая гранулометрического состава
Обработка результатов**

Содержание в грунте каждой фракции A , % вычисляют по формуле

$$A = (g_{\phi} / g) 100,$$

где g_{ϕ} – вес данной фракции грунта, г; g – вес средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

Результаты анализа регистрируют в журнале лабораторного определения гранулометрического (зернового) состава грунта (табл. 2).

По окончании заполнения таблицы определяется вид грунта строится кривая зернового состава грунта (рис. 1) и делается вывод о его однородности.

Лабораторная работа 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА

Цель работы: определить основные и производные физические характеристики грунта.

Приборы и оборудование: весы лабораторные по ГОСТ 19491; ступка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; пестик по ГОСТ 9147–73 с резиновым наконечником; чашка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; пикнометры по ГОСТ 22524–77; шкаф сушильный; шпатель; режущее кольцо-пробоотборник; парафин; дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы

Грунт представляет собой природное образование, состоящее из минеральной части (скелета) и пор, заполненных водой и газом. В состав отдельных грунтов входят также органо-минеральные и органические соединения.

Твердая, жидкая и газообразная составляющие определяют фазовое состояние грунта.

Лабораторным путем определяются в соответствии с ГОСТ 5180–84 три основные фазовые характеристики: плотность, плотность частиц грунта и его влажность.

Определение плотности грунта методом режущего кольца

Плотность грунта ρ определяется отношением массы образца грунта к его объему:

$$\rho = m / V,$$

где $m = m_s + m_w$; $V = V_s + V_p$, $V_p = V_w + V_g$; здесь m , m_s , m_w – соответственно масса грунта, масса твердых частиц и воды; V , V_s , V_p , V_w , V_g – соответственно объем грунта, объем твердых частиц, пор, воды и газа.

Таблица 3

Наименование и состояние грунтов	Размеры кольца-пробоотборника			
	толщина	диаметр внутренний	высота h	угол заточки наружного

	стенки, мм	ний d , мм		режущего края
Немерзлые пыле- вато-глинистые грунты	1,5...2, 0	≥ 50	$0,8d \geq h >$ $0,3d$	Не более 30°
Немерзлые и сы- пуче-мерзлые пес- чаные грунты	2,0...4, 0	≥ 70	$d \geq h > 0,3d$	То же

Согласно требованиям ГОСТ 5180–84 по табл. 3 выбирают режущее кольцо-пробоотборник.

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

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.

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. Кольцо с грунтом и пластинками взвешивают.

Наиболее часто встречаемые в строительной практике грунты имеют плотность $1,3...2,2 \text{ г/см}^3$.

Определение плотности грунта методом взвешивания в воде

Вырезают образец грунта объемом не менее 50 см^3 и придают ему округлую форму, срезая острые выступающие части.

Образец обвязывают тонкой прочной нитью со свободным концом длиной 15...20 см, имеющим петлю для подвешивания к серьге весов, и взвешивают.

Парафин, не содержащий примесей, нагревают до температуры $57...60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Образец грунта покрывают парафиновой оболочкой, погружая его на 2...3 с в нагретый парафин. Охлажденный парафинированный образец взвешивают на воздухе и 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. Взвешенный образец вынимают из воды, промокают фильтровальной бумагой и взвешивают для проверки герметичности оболочки. Если масса образца увеличилась более чем на $0,02 \text{ г}$ по сравнению с первоначальной, образец следует забраковать и повторить испытание с другим образцом.

Плотность грунта вычисляют по формуле

$$\rho = \frac{m\rho_p\rho_w}{\rho_p(m_1 - m_2) - \rho_w(m_1 - m)}, \text{ г/см}^3,$$

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 $0,900 \text{ г/см}^3$; ρ_w – плотность воды при температуре испытаний, г/см^3 .

Определение влажности грунта

Влажность грунта – отношение массы воды в объеме грунта к массе этого грунта, высушенного до постоянной массы

$$w = m_w / m_s .$$

Пробу грунта для определения влажности отбирают массой 15...50 г, помещают в заранее высушенный, взвешенный и пронумерованный стаканчик и плотно закрывают крышкой. Пробу грунта в закрытом стаканчике взвешивают.

Стаканчик открывают и вместе с крышкой помещают в нагретый сушильный шкаф. Грунт высушивают до постоянной массы при температуре $(105 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Загипсованные грунты высушивают при температуре $(80 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Песчаные грунты высушивают в течение трех часов, а остальные – в течение пяти часов. Последующие высушивания песчаных грунтов производят в течение одного часа, остальных – в течение двух часов. Загипсованные грунты высушивают в течение восьми часов. Последующие высушивания производят в течение двух часов. После каждого высушивания грунт в стаканчике охлаждают и взвешивают.

Высушивание производят до получения разности масс грунта со стаканчиком при двух последующих взвешиваниях не более 0,02 г.

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

Влажность грунта вычисляют по формуле

$$w = 100(m_1 - m_0)/(m_0 - m) , \%$$

где m – масса пустого стаканчика с крышкой, г; m_1 – масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой, г; m_0 – масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой, г.

Допускается выражать влажность грунта в долях единицы.

Влажность меняется в пределах 0,01...0,6; но встречаются грунты (например, илы) для которых влажность составляет единицу.

Определение плотности частиц грунта пикнометрическим методом

Плотность частиц грунта ρ_s – масса единицы объема твердых (скелетных) частиц грунта.

Плотность частиц грунта определяется отношением массы частиц грунта к их объему

$$\rho_s = m_s / V_s .$$

Образец грунта в воздушно-сухом состоянии размельчают в фарфоровой ступке, отбирают пробу массой 100...200 г и просеивают сквозь сито с сеткой с диаметром отверстий 0,25 мм, остаток на сите растирают в ступке и просеивают сквозь то же сито.

Из перемешанной средней пробы берут навеску грунта из расчета 15 г на каждые 100 мл емкости пикнометра и высушивают до постоянной массы.

Пикнометр, наполненный дистиллированной водой, взвешивают. Затем отливают воду на 2/3 и через воронку всыпают в него высушенную пробу грунта и снова взвешивают.

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 – 0,5 ч, для суглинков и глин – 1 ч.

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

Плотность частиц грунта вычисляют по формуле

$$\rho_s = \rho_w m_0 / (m_0 + m_2 - m_1) , \text{ г/см}^3 ,$$

где m_0 – 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.

Плотность частиц грунта для большинства грунтов изменяется в пределах 2,4...2,8 г/см³.

Определение производных характеристик

К производным физическим характеристикам относят плотность сухого грунта (плотность скелета), пористость, коэффициент пористости, коэффициент водонасыщения.

Плотность сухого грунта ρ_d – отношение массы грунта за вычетом массы воды и льда в его порах к его первоначальному объему.

Плотность сухого грунта вычисляют по формуле

$$\rho_d = m_s / V = \rho / (1 + 0,01w), \text{ г/см}^3,$$

где ρ – плотность грунта, г/см³; w – влажность грунта, %; m_s, V – масса твердых частиц и объем грунта.

Пористость грунта – это объем пор в единице объема грунта:

$$n = V_p / V_1 = 1 - \rho_d / \rho_s = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s.$$

Пористость обычно колеблется от 30 до 50 % (но может для лессов составлять 60 %).

Коэффициент пористости – это отношение объема пор к полному объему грунта:

$$e = V_p / V = n / m = n / (1 - n) = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d.$$

Коэффициент пористости меняется в пределах 0,2...1,5; для органоминеральных – до 10.

Коэффициент водонасыщения – степень заполнения объема пор водой, определяется по формуле

$$S_r = w\rho_s / e\rho_w,$$

где w – природная влажность грунта; e – коэффициент пористости; ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³; ρ_w – плотность воды, принимаемая равной 1 г/см³.

Коэффициент водонасыщения меняется от 0 до 1.

По окончании работы определяется вид и состояние несвязного грунта.

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСИСТЕНЦИИ СВЯЗНОГО ГРУНТА

Цель работы: определить вид и состояние глинистого грунта.

Приборы и оборудование: весы лабораторные по ГОСТ 19491; ступка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; пестик по ГОСТ 9147–73 с резиновым наконечником; чашка фарфоровая по ГОСТ 9147–73; пикнометры по ГОСТ 22524–77; балансирующий конус; шкаф сушильный; шпатель; дистиллированная вода.

Порядок выполнения работы

Под консистенцией понимают густоту и вязкость грунтов, которые обуславливают способность их сопротивления пластическому изменению формы.

Консистенция зависит от количественного содержания твердых частиц и воды в единице объема грунта, а также от сил взаимодействия между частицами.

Показателем консистенции или текучести служит выражение

$$I_L = (w - w_p) / (w_L - w_p),$$

где w_p – влажность, при которой грунт переходит из твердого в пластичное состояние (нижний предел пластичности или предел раскатывания); w_L – влажность на границе пластичной и текучей консистенции (верхний предел пластичности или предел текучести).

С увеличением содержания в грунте глинистых фракций растет разность числовых значений влажности на границе текучести и пластичности – *число пластичности*:

$$I_p = w_L - w_p.$$

Это число положено в основу строительной классификации глинистых грунтов (прил. А).

Определение границы текучести

Границу текучести следует определять как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус погружается под действием собственного веса за пять секунд на глубину 10 мм.

Для определения границы текучести используют монолиты или образцы нарушенного сложения.

Для грунтов, содержащих органические вещества, границу текучести определяют сразу после вскрытия образца. Для грунтов, не содержащих органических веществ, допускается использование образцов грунтов в воздушно-сухом состоянии.

Образец грунта природной влажности разминают шпателем в фарфоровой чашке или нарезают ножом в виде тонкой стружки (с добавкой дистиллированной воды, если это требуется). Удалив из него растительные остатки крупнее 1 мм, отбирают из размельченного грунта методом квартования пробу массой около 300 г и протирают сквозь сито с сеткой № 1. Пробу выдерживают в закрытом стеклянном сосуде не менее двух часов.

Образец грунта в воздушно-сухом состоянии 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 с диаметром отверстий 0,1 мм, увлажняют дистиллированной водой до состояния густой пасты, перемешивая шпателем, и выдерживают в закрытом стеклянном сосуде.

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

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.

Погружение конуса в пасту в течение пяти секунд на глубину 10 мм показывает, что грунт имеет влажность, соответствующую границе текучести.

При погружении конуса в течение пяти секунд на глубину менее 10 мм, грунтовую пасту извлекают из чашки, присоединяют к оставшейся пасте, добавляют немного дистиллированной воды, тщательно перемешивают ее и повторяют операции.

При погружении конуса за пять секунд на глубину более 10 мм грунтовую пасту из чашки перекладывают в фарфоровую чашку, слегка подсушивают на воздухе, непрерывно перемешивая шпателем, и повторяют операции.

По достижении границы текучести из пасты отбирают пробы массой 15...20 г для определения влажности.

Определение границы раскатывания

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.

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

Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают, берут небольшой кусочек и раскатывают ладонью на стеклянной или пластмассовой пластинке до образования жгута диаметром 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, его собирают в комок и вновь раскатывают до образования жгута диаметром 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.

Кусочки распадающегося жгута собирают в стаканчики, накрываемые крышками. Когда масса грунта в стаканчиках достигнет 10...15 г, определяют влажность.

По окончании работы следует сделать вывод по виду и состоянию связного грунта.

Лабораторная работа 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА

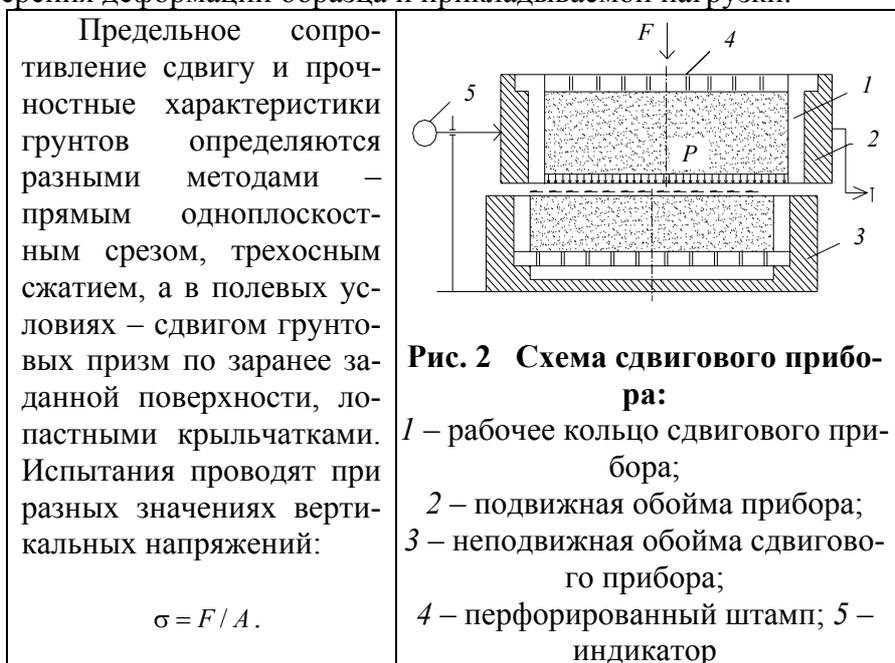
Цель работы: освоить методику испытания грунта методом одноплоскостного среза для определения прочностных характеристик грунтов (сопротивления грунта срезу; угла внутреннего трения и удельного сцепления).

Приборы и оборудование: установка для испытания грунта методом одноплоскостного среза; режущее кольцо (цилиндрическая форма с режущим краем, рабочее кольцо прибора для испытаний); гладкие пластинки (стекло, металл и т.п.); винтовой пресс; насадка для вдавливания колец; выталкиватель для извлечения образца из кольца; штангенциркуль по ГОСТ 166; плоская лопатка; нож с прямым лезвием; лабораторные весы по ГОСТ 24104 с гирями по ГОСТ 7328.

Порядок выполнения работы

Сопротивление грунта срезу определяют как предельное среднее касательное напряжение, при котором образец грунта срезается по фиксированной плоскости при заданном нормальном напряжении. Для определения c и φ необходимо провести не менее трех испытаний при различных значениях нормального напряжения (ГОСТ 12248–96).

В состав установки для испытания грунта методом одноплоскостного среза входит: срезная коробка (рис. 2), состоящая из подвижной и неподвижной частей и включающая рабочее кольцо и жесткие штампы; механизм для вертикального нагружения образца; механизм создания касательной нагрузки; устройства для измерения деформаций образца и прикладываемой нагрузки.



Чем больше σ , тем больше сопротивление грунта сдвигу.

Предельное сопротивление сыпучих грунтов сдвигу прямо пропорционально нормальному напряжению – закон Кулона для несвязных грунтов:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi.$$

Предельное сопротивление связных грунтов сдвигу при завершённой их консолидации есть функция первой степени нормальных напряжений – закон Кулона для связных грунтов:

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c,$$

где $c = \sigma_c \operatorname{tg} \varphi$, σ_c – напряжение связности.

Для не полностью консолидированных грунтов

$$\tau = (\sigma - u) \operatorname{tg} \varphi + c,$$

где u – поровое давление, соответствующее данной степени консолидации.

Испытания проводят по следующим схемам:

- консолидированно-дренированное испытание – для песков и глинистых грунтов независимо от их степени влажности в стабилизированном состоянии;
- неконсолидированно-недренированное испытание – для водонасыщенных глинистых и органоминеральных грунтов в нестабилизированном состоянии и просадочных грунтов, приведенных в водонасыщенное состояние замачиванием без приложения нагрузки.

Для испытаний используют образцы грунта ненарушенной структуры с природной влажностью или в водонасыщенном состоянии, или образцы нарушенной структуры с заданными значениями плотности и влажности (в том числе при полном водонасыщении). При этом образцы просадочных грунтов испытывают в водонасыщенном состоянии, а набухающих – при природной влажности. Образцы должны иметь форму цилиндра диаметром не менее 70 мм и высотой $1/2 \dots 1/3$ диаметра.

Изготовленный образец взвешивают и в зависимости от схемы испытания и вида грунта приступают или к его предварительному уплотнению, или сразу к испытанию на срез. Предварительное уплотнение образца при консолидированно-дренированном испытании проводят непосредственно в рабочем кольце срезного прибора или в уплотнителе. Для испытаний образцов грунта в условиях полного водонасыщения необходимо предварительно замочить образцы, заполнив ванну уплотнителя водой.

Проведение консолидированно-дренированного испытания

Предварительное уплотнение образца, за исключением образцов просадочных грунтов, испытываемых в водонасыщенном состоянии, производят при нормальных давлениях p , при которых определяют сопротивление срезу τ . Нормальные давления передают на образец грунта ступенями Δp . Значения p и Δp приведены в табл. 4.

Каждую ступень давления при предварительном уплотнении выдерживают в течение времени, указанного в табл. 5, а конечную ступень – до достижения условной стабилизации деформаций сжатия образца грунта.

Таблица 4

Грунты	Нормальное давление при предварительном уплотнении p , МПа	Ступени давления Δp , МПа
Пески средней крупности плотные; глины с $I_L < 0$	0,1; 0,3; 0,5	0,1
Пески средней крупности и средней плотности; пески мелкие плотные и средней плотности; супеси и суглинки с $I_L \leq 0,5$; глины с $0 < I_L \leq 0,5$	0,1; 0,2; 0,3	0,05
Пески средней крупности и мелкие рыхлые; пески пылеватые независимо от плотности; супеси, суглинки и глины с $I_L > 0,5$	0,1; 0,15; 0,2	0,025 до $p = 0,1$ и далее 0,05

Таблица 5

Грунты	Время выдерживания ступеней,	Время условной стабилизации деформаций сжатия на конечной
--------	------------------------------	---

	не менее	ступени, не менее
Пески	5 мин	20 мин
Глинистые (непросадочные и ненабухающие):	30 мин	
– супеси		2 ч
– суглинки с $I_p < 12$		6 ч
– суглинки с $I_p \geq 12$		12 ч
– глины с $I_p < 22$		12 ч
– глины с $I_p \geq 22$	12 ч	
Просадочные	30 мин	3 ч
Набухающие	30 мин	Как для ненабухающих

За критерий условной стабилизации деформации принимают ее приращение, не превышающее 0,01 мм за время, указанное в табл. 5.

В процессе предварительного уплотнения образцов грунта, а при их испытаниях в водонасыщенном состоянии и в период замачивания регистрируют в журнале испытаний вертикальные деформации образцов. В конце каждой ступени нагружения записывают показания приборов для измерения деформаций, а на последней ступени так, чтобы зафиксировать наступление условной стабилизации деформации сжатия образца грунта.

После предварительного уплотнения, если оно проводилось в уплотнителе, следует быстро разгрузить образец и перенести рабочее кольцо с образцом в срезную коробку. Далее закрепляют рабочее кольцо в срезной коробке, устанавливая перфорированный штамп, производят регулировку механизма нагрузки, устанавливая зазор 0,5...1 мм между подвижной и неподвижной частями срезной коробки, устанавливают измерительную аппаратуру для регистрации вертикальных деформаций образца и записывают ее начальное показание в журнале испытаний (табл. 7). На образец грунта передают то же нормальное давление, при котором происходило предварительное уплотнение грунта, за исключением образцов просадочного грунта, испытываемых в водонасыщенном состоянии. В этом случае нормальное давление при срезе должно составлять 0,1; 0,2; 0,3 МПа.

Нормальную нагрузку следует передать на образец в одну ступень и выдержать ее не менее: для песков – 5 мин; для супесей – 15 мин; для суглинков и глин – 30 мин.

При передаче касательной нагрузки ступенями их значения должны составлять 5 % от значения нормальной нагрузки, при которой производят срез. На каждой ступени нагружения записывают показания приборов для измерения деформаций среза через каждые 2 мин, уменьшая интервал между измерениями до 1 мин в период затухания деформации до ее условной стабилизации. За критерий условной стабилизации деформации среза принимают скорость деформации, не превышающую 0,01 мм/мин.

Испытание следует считать законченным, если при приложении очередной ступени касательной нагрузки происходит мгновенный срез (срыв) одной части образца по отношению к другой или общая деформация среза превысит 5 мм.

Проведение неконсолидированно-недренированного испытания

Рабочее кольцо с образцом грунта помещают в срезную коробку и закрепляют в ней. Далее устанавливают сплошной штамп, производят регулировку механизма нагрузки, устанавливая зазор 0,5...1 мм между подвижной и неподвижной частями срезной коробки, устанавливают приборы для измерения деформации среза и записывают начальные показания.

Таблица 6

Грунты	Нормальное давление p , МПа
--------	-------------------------------

Глинистые и органо-минеральные грунты с показателем текучести: $I_L < 0,5$ $0,5 \leq I_L < 1$ $I_L \geq 1$	0,1; 0,15; 0,2 0,05; 0,1; 0,15 0,025; 0,075; 0,125
---	--

На образец грунта передают сразу в одну ступень нормальное давление p , при котором будет производиться срез образца. Значения p принимают по табл. 6. Если при давлениях 0,125 и 0,15 МПа происходит выдавливание грунта в зазор между подвижной и неподвижной частями срезной коробки, необходимо их уменьшить на 0,025 МПа.

Сразу после передачи нормальной нагрузки приводят в действие механизм для создания касательной нагрузки и производят срез образца грунта не более чем за 2 мин с момента приложения нормальной нагрузки.

При передаче касательной нагрузки ступенями их значения не должны превышать 10 % значения нормального давления, при котором производится срез, и приложение ступеней должно следовать через каждые 10...15 с.

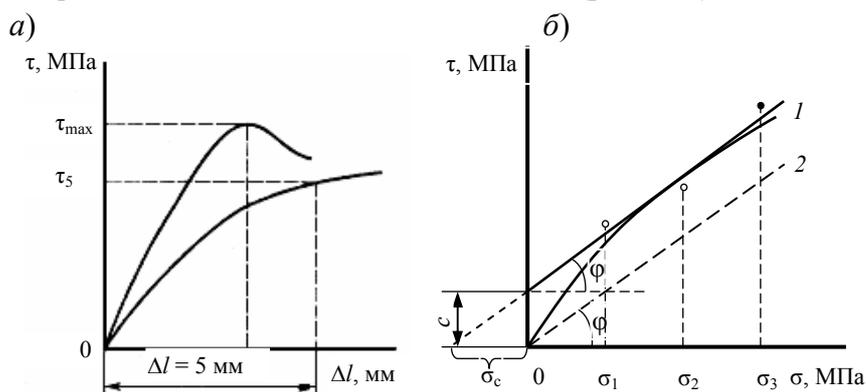
Момент окончания испытания устанавливают так же как и при консолидированно-дренированном испытании.

По измеренным в процессе испытания значениям касательной и нормальной нагрузок вычисляют касательные и нормальные напряжения τ и σ МПа, по формулам:

$$\tau = 10 \frac{Q}{A}; \quad \sigma = 10 \frac{F}{A},$$

где Q и F – соответственно касательная и нормальная силы к плоскости среза, кН; A – площадь среза, см².

По измеренным в процессе испытания значениям деформаций среза Δl , соответствующим различным напряжениям τ , строят график зависимости $\Delta l = f(\tau)$ (рис. 3, а). За сопротивление грунта срезу принимают максимальное значение τ , полученное по графику $\Delta l = f(\tau)$ или по диаграмме среза на отрезке Δl , не превышающем 5 мм. Если τ возрастает монотонно, то за сопротивление грунта срезу следует принимать τ при $\Delta l = 5$ мм. Угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c определяют как параметры линейной зависимости $\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi + c$ (рис. 3, б).



по горизонтали 10 мм – 1 мм
для Δl
по вертикали 20 мм – 0,1
МПа для τ

по горизонтали 20 мм – 0,1
МПа для σ
по вертикали 20 мм – 0,1
МПа для τ

Рис. 3 Зависимости касательного напряжения от деформаций среза (а) и нормального напряжения (б)

Угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c , МПа, вычисляют по формулам:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{n \sum \tau_i \sigma_i - \sum \tau_i \sum \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2}; \quad c = \frac{\sum \tau_i \sum \sigma_i^2 - \sum \sigma_i \sum \tau_i \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2},$$

где τ_i – опытные значения сопротивления срезу, определенные при различных значениях σ_i и относящиеся к одному инженерно-геологическому элементу или отдельному монолиту грунта (при $n \geq 3$); n – число испытаний.

Таблица 7

Давление на образец грунта P , МПа	Касательная нагрузка Q , кН	Касательное напряжение τ , МПа	Показания индикатора деформаций сдвига	Абсолютная деформация среза l , мм	Приращение деформации среза Δl , мм	Примечание

Лабораторная работа 5

КОМПРЕССИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ГРУНТОВ

Цель работы: освоить методику испытания грунта методом компрессионного сжатия для определения коэффициента сжимаемости m_0 , модуля деформации E , структурной прочности на сжатие p_{str} .

Приборы и оборудование: компрессионный прибор (одеметр), состоящий из (рис. 4) рабочего кольца, цилиндрической обоймы, перфорированного вкладыша под рабочее кольцо и поддона с емкостью для воды; механизм для вертикального нагружения образца грунта; устройства для измерения вертикальных деформаций образца грунта.

Порядок выполнения работы

Коэффициент сжимаемости m_0 , модуль деформации E , структурную прочность на сжатие p_{str} определяют по результатам испытаний образцов грунта в компрессионных приборах (одеметрах), исключающих возможность бокового расширения образца грунта при его нагружении вертикальной нагрузкой по ГОСТ 12248–96; по результатам измерения бокового давления при испытаниях в приборах трехосного сжатия, по моменту возникновения давления в поровой воде в водонасыщенных грунтах.

Структурная прочность обусловлена хрупкими кристаллизационными связями и водно-коллоидными, создающимися в процессе длительного существования грунтов.

Диапазон давлений, при которых проводят испытания, определяется в программе испытаний или принимается в пределах полуторного значения проектного давления на грунт. Образец должен иметь форму цилиндра диаметром не менее 71 мм, с отношением высоты к диаметру 1/3,5.

Для испытаний используют образцы грунта ненарушенного сложения с природной влажностью или водонасыщенные или образцы нарушенного сложения с заданными значениями плотности и влажности.

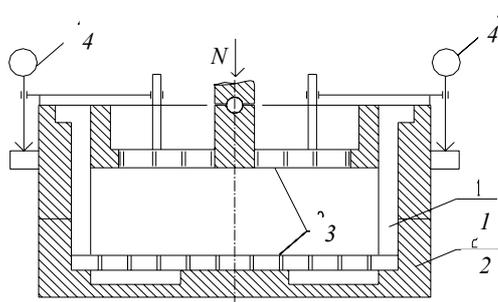


Рис. 4 Схема
1 – компрессионное
2 – корпус прибора;
3 – перфорированные

компрессионного прибора (одеметра):
кольцо;
штампы;

Образец грунта в рабочем кольце взвешивают, покрывают с торцов влажными фильтрами и помещают в компрессионный прибор.

После помещения образца проводят следующие операции: устанавливают образец на перфорированный штамп; регулируют механизм нагружения образца; устанавливают приборы для измерения вертикальных деформаций образца; записывают начальные показания приборов.

При необходимости водонасыщение образца проводят путем фильтрации воды снизу вверх под арретиром. Для этого заполняют поддон водой. Водонасыщение проводят для глинистых грунтов в течение 2...5 сут., для песков – до момента появления воды над штампом.

Нагружение испытуемого образца проводят равномерно, без ударов, ступенями нагрузки.

Первую ступень давления p_1 при испытании песков, в том числе заторфованных, принимают в зависимости от коэффициента пористости e по табл. 8, а последующие ступени давления p_1 принимают равными 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1 МПа и далее с интервалом 0,1 МПа до заданного значения нагрузки.

Таблица 8

Коэффициент пористости e	$e \geq 0,75$	$0,75 > e > 0,6$	$e \leq 0,6$
Первая ступень давления p_1 , МПа	0,0125	0,025	0,05

При испытании глинистых грунтов, в том числе органо-минеральных, для определения их структурной прочности на сжатие p_{str} первую и последующие ступени давления принимают равными 0,0025 МПа до момента начала сжатия образца грунта. Начало сжатия следует считать при относительной вертикальной деформации образца грунта $\varepsilon > 0,005$. При дальнейшем нагружении за очередную ступень давления принимают ближайшее большее значение 0,0125; 0,025; 0,05; 0,1 МПа и далее с интервалом 0,1 МПа.

На каждой ступени нагружения образца грунта снимают отсчеты по приборам для измерения вертикальных деформаций в следующей последовательности: первый отсчет – сразу после приложения нагрузки, затем через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30 мин и далее с интервалом один час в течение рабочего дня, а затем – в начале и конце рабочего дня до условной стабилизации деформации образца. За критерий условной стабилизации деформации принимают скорость деформации образца, не превышающую 0,01 мм за последние 4 ч наблюдений для песков, 16 ч – для глинистых и 24 ч – для органо-минеральных и органических грунтов.

В процессе испытания полученные данные заносят в табл. 9.

Таблица 9

Время снятия отсчета t_i , ч	Номер ступени нагружения	Масса груза на подвеске рычага прибора, кг	Давление на образец грунта p_i , МПа	Показания индикаторов деформаций		
				n_1	n_2	среднее
1	2	3	4	5	6	7
Абсолютная деформация образца Δh_i , мм	Относительная деформация образца ε	Коэффициент пористости e	Коэффициент сжимаемости m_0 , МПа ⁻¹	Модуль деформации E , МПа		
8	9	10	11	12		

Для определения характеристик m_0 , E и p_{str} по результатам испытания для каждой ступени нагружения вычисляют:

– абсолютную вертикальную стабилизированную деформацию образца грунта Δh , мм, как среднее арифметическое показаний измерительных;

– относительную вертикальную деформацию образца грунта (модуль осадки) по формуле $\varepsilon_1 = \Delta h / h$, где h – начальная высота образца.

По вычисленным значениям строят график зависимости $\varepsilon = f(p)$ (рис. 5) и $e = f(p)$ (рис. 6). Через точки графика проводят осредняющую плавную кривую или аппроксимируют эти точки монотонной зависимостью.

Значение давления, соответствующее точке пересечения кривой (см. рис. 5, а) с осью давления p равно значению структурной прочности на сжатие p_{str} .

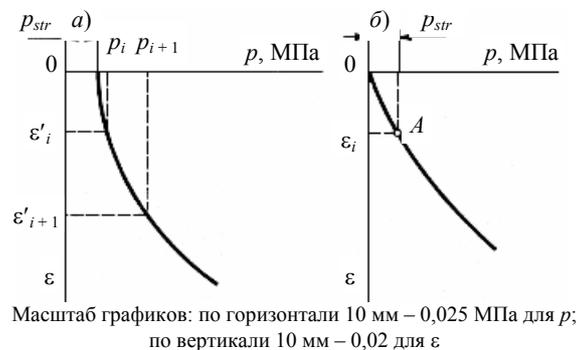


Рис. 5 Графики $\varepsilon = f(p)$:

а – относительное сжатие водонасыщенного грунта в зависимости от давления p ; б – относительное сжатие глинистого грунта при частичном разуплотнении в зависимости от давления p

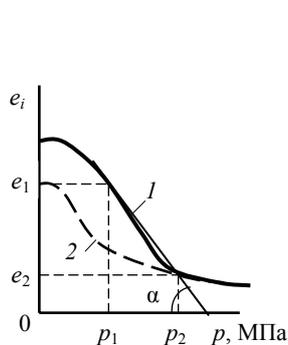


Рис. 6 Компрессионная кривая:

1 – ветвь уплотнения;
2 – ветвь набухания

В случае частичного разуплотнения грунта (рис. 5, б) за p_{str} принимают абсциссу точки A графика $\varepsilon = f(p)$ с ординатой $\varepsilon_1 = \Delta h_H / h$.

Вычисляют коэффициенты пористости e_i грунта при давлениях p_i по формуле

$$e_i = e_0 - \varepsilon_i(1 + e_0).$$

Это уравнение компрессионной кривой. Чем больше изменение e при увеличении p , тем большей сжимаемостью будет обладать грунт.

Сжимаемость грунта характеризуется коэффициентом сжимаемости в заданном интервале давлений p_i и p_{i+1} , который вычисляют с точностью $0,001 \text{ МПа}^{-1}$ по формуле

$$m_0 = \frac{e_i - e_{i+1}}{p_{i+1} - p_i}, \text{ МПа}^{-1},$$

где e_i и e_{i+1} – коэффициенты пористости, соответствующие давлениям p_i и p_{i+1} .

При расчете осадок уплотнения используют коэффициент относительной сжимаемости

$$m_v = m_0 / (1 + e_0).$$

Если выделить прямолинейный участок на компрессионной кривой (рис. 6), то

$$e_i = e_0 - \text{tg} \alpha p = e_0 - m_0 dp.$$

Продифференцировав уравнение, получим закон сжимаемости

$$de = -m_0 dp.$$

Бесконечно малое изменение коэффициента пористости (объема пор) прямо пропорционально бесконечно малому изменению давления.

Основные характеристики сжимаемости

Модуль общей деформации в интервале давлений p_i и p_{i+1} вычисляют с точностью 0,1 МПа по формулам:

$$E = \frac{p_{i+1} - p_i}{e_i - e_{i+1}} \beta \quad \text{или} \quad E = \frac{1 + e_0}{m_0}, \text{ МПа,}$$

где e_i и e_{i+1} – коэффициенты пористости, соответствующие давлениям p_i и p_{i+1} ; m_0 – коэффициент сжимаемости, соответствующий интервалу давления от p_i до p_{i+1} ; β – коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта (коэффициент стеснения поперечных деформаций) в компрессионном приборе и вычисляемый по формуле

$$\beta = 1 - \frac{2\nu^2}{1 - \nu},$$

где ν – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона):

$$\nu = e_x / e_z = \xi / (1 + \xi),$$

здесь e_x – горизонтальная; e_z – вертикальная деформация; ξ – коэффициент бокового давления, определяется в приборах трехосного сжатия соотношением приращения горизонтального давления к вертикальному $\xi = \sigma_x / \sigma_z$.

При отсутствии экспериментальных данных допускается принимать ν равным: 0,30...0,35 – для песков и супесей; 0,35...0,37 – для суглинков; 0,2...0,3 при $I_L < 0$; 0,3...0,38 при $0 \leq I_L \leq 0,25$; 0,38...0,45 при $0,25 < I_L \leq 1,0$ – для глин. При этом меньшие значения ν принимают при большей плотности грунта.

В полевых условиях модуль деформации определяют по результатам динамического и статического зондирования, по результатам штамповых испытаний:

$$E = \omega d (1 - \nu^2) \Delta p / \Delta s,$$

где d – диаметр штампа; ω – коэффициент учитывающий форму штампа, для круглых равен 0,8; Δs – приращение осадки при изменении давления Δp ; или прессиометрических:

$$E = k r_0 \Delta p / \Delta r,$$

где r_0 – начальный радиус скважины; Δr – приращение радиуса при давлении Δp .

Сущность прессиометрического метода испытаний заключается в обжати буровой скважины боковым давлением с замером деформаций.

Список рекомендуемой литературы

- 1 ГОСТ 12248–96. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. Официальное издание, МНТКС. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997.
- 2 ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. Официальное издание. М.: Изд-во стандартов, 1993.
- 3 ГОСТ 30416–96. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. Официальное издание, МНТКС. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997.
- 4 ГОСТ 12536–79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. Официальное издание, Госстрой СССР. М.: Изд-во стандартов, 1980.
- 5 ГОСТ 20522–96. Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Официальное издание, МНТКС. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997.
- 6 ГОСТ 25100–95. Грунты. Классификация. Официальное издание. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997.
- 7 ГОСТ 12071–2000. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. Официальное издание, Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2001.

Приложение А

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ

Грунт дисперсный – грунт, состоящий из отдельных минеральных частиц (зерен) разного размера, слабосвязанных друг с другом; образуется в результате выветривания скальных грунтов с последующей транспортировкой продуктов выветривания водным или эоловым путем и их отложения.

Грунт глинистый – связный минеральный грунт, обладающий числом пластичности $I_p \geq 1$.

Песок – несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50 % ($I_p = 0$).

Грунт крупнообломочный – несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером крупнее 2 мм составляет более 50 %.

Ил – водонасыщенный современный осадок преимущественно морских акваторий, содержащий органическое вещество в виде растительных остатков и гумуса. Обычно верхние слои ила имеют коэффициент пористости $e \geq 0,9$, текучую консистенцию $I_L > 1$, содержание частиц меньше 0,01 мм составляет 30...50 % по массе.

Сапропель – пресноводный ил, образовавшийся на дне застойных водоемов из продуктов распада растительных и животных организмов и содержащий более 10 % (по массе) органического вещества в виде гумуса и растительных остатков. Сапропель имеет коэффициент пористости $e > 3$, как правило, текучую консистенцию $I_L > 1$, высокую дисперсность – содержание частиц крупнее 0,25 мм обычно не превышает 5 % по массе.

Торф – органический грунт, образовавшийся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода и содержащий 50 % (по массе) и более органических веществ.

Грунт заторфованный – песок и глинистый грунт, содержащий в своем составе в сухой навеске от 10 до 50 % (по массе) торфа.

Почва – поверхностный плодородный слой дисперсного грунта, образованный под влиянием биогенного и атмосферного факторов.

Грунт набухающий – грунт, который при замачивании водой или другой жидкостью увеличивается в объеме и имеет относительную деформацию набухания (в условиях свободного набухания) $\varepsilon_{sw} \geq 0,04$.

Грунт просадочный – грунт, который под действием внешней нагрузки и собственного веса или только от собственного веса при замачивании водой или другой жидкостью претерпевает вертикальную деформацию (просадку) и имеет относительную деформацию просадки $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$.

Грунт пучинистый – дисперсный грунт, который при переходе из талого в мерзлое состояние увеличивается в объеме вследствие образования кристаллов льда и имеет относительную деформацию морозного пучения $\varepsilon_{\mu} \geq 0,01$.

Таблица А2

Классификация крупнообломочных грунтов и песков по гранулометрическому составу

Разновидность грунтов	Размер зерен, частиц d , мм	Содержание зерен, 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
-------------	--------	------

По степени неоднородности гранулометрического состава C_u , крупнообломочные грунты и пески подразделяют на:

- однородный грунт $C_u \leq 3$;
- неоднородный грунт $C_u > 3$.

Таблица А3

Классификация глинистых грунтов по числу пластичности I_p

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности
Супесь	1...7
Суглинок	7...17
Глина	> 17

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

Таблица А4

Классификация глинистых грунтов по гранулометрическому составу и числу пластичности I_p

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности I_p	Содержание песчаных частиц (2...0,5 мм), % по массе
Супесь:		
– песчанистая	1...7	≥ 50
– пылеватая	1...7	< 50
Суглинок:		
– легкий песчанистый	7...12	≥ 40
– легкий пылеватый	7...12	< 40
– тяжелый песчанистый	12...17	≥ 40
– тяжелый пылеватый	12...17	< 40
Глина:		
– легкая песчанистая	17...27	≥ 40
– легкая пылеватая	17...27	< 40
–тяжелая	> 27	Не регламентируется

Таблица А5

Классификация глинистых грунтов по показателю текучести I_L

Разновидность глинистых	Показатель текучести I_L
-------------------------	----------------------------

грунтов	
Супесь:	
– твердая	< 0
– пластичная	0...1
–текучая	> 1
Суглинки и глины:	
– твердые	< 0
– полутвердые	0...0,25
– тугопластичные	0,25...0,50
– мягкопластичные	0,50...0,75
– текучепластичные	0,75...1,00
– текучие	> 1,00

Таблица А6

**Классификация глинистых грунтов
по относительной деформации набухания без нагрузки ϵ_{sw}**

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

Таблица А7

Классификация глинистых грунтов по относительной деформации просадочности ϵ_{sl}

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация просадочности ϵ_{sl} , д.е.
Непросадочный	< 0,01
Просадочный	$\geq 0,01$

Таблица А8

**Классификация крупнообломочных грунтов и песков
по коэффициенту водонасыщения S_r**

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения S_r , д.е.
Малой степени водонасыщения	0...0,50
Средней степени водонасыщения	0,50...0,80
Насыщенные водой	0,80...1,00

Таблица А9

**Классификация крупнообломочных грунтов и песков
по коэффициенту пористости e**

Разновидность песков	Коэффициент пористости e		
	пески гравелистые, крупные и средней крупности	пески мелкие	пески пылеватые
Плотный	$< 0,55$	$< 0,60$	$< 0,60$
Средней плотности	$0,55 \dots 0,70$	$0,60 \dots 0,75$	$0,60 \dots 0,80$
Рыхлый	$> 0,70$	$> 0,75$	$> 0,80$

Таблица А10

Классификация песков по степени плотности I_D

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

Таблица А11

Классификация крупнообломочных грунтов по коэффициенту выветрелости K_{wr}

Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент выветрелости K_{wr} , д.е.
Невыветрелый	$0 \dots 0,50$
Слабовыветрелый	$0,50 \dots 0,75$
Сильновыветрелый	$0,75 \dots 1,00$

Таблица А12

Классификация крупнообломочных грунтов по коэффициенту истираемости K_{fr}

Разновидность крупнообломочных грунтов	Коэффициент истираемости K_{fr} , д.е.
Очень прочный	$< 0,10$
Прочный	$0,10 \dots 0,20$
Средней прочности	$0,20 \dots 0,30$
Малопрочный	$0,30 \dots 0,40$
Пониженной прочности	$> 0,40$

Таблица А13

Классификация глинистых грунтов по относительному содержанию органического вещества I_r

Разновидность грунтов	Относительное содержание органического вещества I_r , д.е.	
	глинистые грунты	пески

Сильнозоторфованный	0,50...0,40	–
Среднезоторфованный	0,40...0,25	–
Слабозоторфованный	0,25...0,10	–
С примесью органических веществ	0,10...0,05	0,10...0,03

Таблица A14

**Классификация сапропели
по относительному содержанию органического вещества I_r**

Разновидность сапропелей	Относительное содержание органического вещества I_r , д.е.
Минеральная	0,10...0,30
Среднеминеральная	0,30...0,50
Слабоминеральная	> 0,50

Таблица A15

Классификация торфа по степени разложения $D_{др}$

Разновидность торфов	Степень разложения $D_{др}$, %
Слаборазложившийся	< 20
Среднеразложившийся	20...45
Сильноразложившийся	> 45

Таблица A16

Классификация торфа по степени зольности D_{ds}

Разновидность торфов	Степень зольности D_{ds} , д.е.
Нормальнозольный	< 0,20
Высокозольный	\geq 0,20

Таблица A17

Классификация грунтов по температуре t

Разновидность грунтов	Температура грунта t , °C
Немерзлый (талый)	\geq 0
Охлажденный	< 0

Таблица A18

Классификация дисперсных грунтов по степени засоленности D_{sal}

Разновидность грунтов	Степень засоленности грунтов D_{sal} , %					
	суг-линок	су-песь	песок	Крупнообломочный грунт		
содержание				содержание за-	содержание за-	

				песчано- го за- полни- теля 40 % и более	полните- ля в виде суглинка 30 % и более	полните- ля в виде супе- си 30 % и более
Незасоленный	< 10	< 5	< 3	< 3	< 10	< 5
Слабозасоленный	10...15 5	5...8	3...7	—	—	—
Среднезасоленный	15...20 0	8...12	7...10	—	—	—
Сильнозасоленный	20...25 5	12...15 5	10...15 5	—	—	—
Избыточно засоленный	> 25	> 15	> 15	—	—	—

Таблица А19

Классификация грунтов по относительной деформации пучения ε_{fn}

Разновидность грунтов	Относительная деформация пучения ε_{fn} , д.е.	Характеристика грунтов
Практически непучинистый	< 0,01	Глинистые при $I_L \leq 0$. Пески гравелистые, крупные и средней крупности, пески мелкие и пылеватые при $S_r \leq 0,6$, а также пески мелкие и пылеватые, содержащие менее 15 % по массе частиц мельчи 0,05 мм (независимо от значения S_r). Крупнообломочные грунты с заполнителем до 10 %
Слабо пучинистый	0,01...0,035	Глинистые при $0 < I_L \leq 0,25$. Пески пылеватые и мелкие при $0,6 < S_r \leq 0,8$. Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком мелким и пылеватым) от 10 до 30 % по массе
Среднепучинистый	0,035...0,07	Глинистые при $0,25 < I_L \leq 0,50$. Пески пылеватые и мелкие при $0,80 < S_u \leq 0,95$. Крупнообломочные с заполнителем (глинистым, песком пылеватым и мелким) более 30 % по массе
Сильнопучинистый и чрезмерно пучинистый	> 0,07	Глинистые при $I_L > 0,50$. Пески пылеватые и мелкие при $S_r > 0,95$

Таблица А1

Класс	Группа	Под-группа	Тип		Вид	Разновидности
Дисперсные	Связные		Минеральные	Силикатные	Глинистые грунты	Выделяются по: 1) гранулометрическому составу крупнообломочные грунты и пески; 2) числу пластичности и гранулометрическому составу (тинистые грунты и илы); 3) степени неоднородности гранулометрического состава (пески); 4) показателю текучести (глинистые грунты); 5) относительной деформации набухания без нагрузки (глинистые грунты); 6) относительной деформации просадочности (глинистые грунты);
				Карбонатные		
		Железистые	Илы Сапропели Заторфованные грунты	Торфы и др.	7) коэффициенту водонасыщения (крупнообломочные грунты и пески); 8) коэффициент пористости (пески); 9) степени плотности (пески); 10) коэффициент выветрелости (крупнообломочные грунты); 11) коэффициент истираемости (крупнообломочные грунты); 12) относительному содержанию органического вещества (пески и тинистые грунты); 13) степени разложения (торфы); 14) степени зольности (торфы); 15) степени засоленности; 16) относительной деформации пучения; 17) температуре	
	Полиминеральные					
Не-связные	Осадочные		Органо-минеральные	Пески Крупнообломочные грунты		
			Органические			
			Минеральные	Силикатные		
				Карбонатные		
				Полиминеральные		