

Министерство высшего и среднего специального образования

Р С С Р

Дальневосточный ордена Трудового Красного Знамени
политехнический институт имени В.В.Куйбышева

МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов строительных специальностей ДВПИ

Одобрено методическим советом института

Библиотека ДВПИ

Владивосток
1965

Методические указания предназначены для студентов дневного, вечернего и заочного отделений, обучающихся по специальностям 1202 (ПГО), 1204 (ПТС), 1205 (ОХС), 1209 (Вик) в соответствии с учебными программами курса механики грунтов, оснований и фундаментов. Они являются подспорьем при самостоятельной работе студентов в учебной лаборатории.

Методические указания разработаны с учетом использования оборудования, имеющегося в учебной лаборатории механики грунтов ДВПИ.

Составитель — кандидат технических наук, доцент кафедры строительной механики и механики грунтов К.З.Игнатенко.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа № 1. Определение наименования глинистого грунта по результатам изучения его физических характеристик	3
Лабораторная работа № 2. Определение наименования песчаного грунта по результатам изучения его физических характеристик	18
Лабораторная работа № 3. Определение показателей сжимаемости (деформируемости) глинистого грунта способом компрессии в одометре	26
Лабораторная работа № 4. Определение показателей сжимаемости (деформируемости) песчаного грунта методом трехосного сжатия в стабилометре	34
Лабораторная работа № 5. Определение показателей сопротивления глинистого грунта сдвигу методом прямого среза образца	38

Введение

Настоящие методические указания предназначены для самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ по механике грунтов в учебной лаборатории кафедры "Строительная механика и механика грунтов" Дальневосточного политехнического института.

Цель лабораторных работ состоит в ознакомлении студентов с методикой исследования физико-механических свойств грунтов и определения их характеристик, используемых для целей фундаментостроения. При выполнении работ дополняются и закрепляются теоретические знания студентов.

Лабораторные работы выполняются студентами самостоятельно под контролем преподавателя. Для выполнения работ группа разбивается на бригады по 2-3 человека. Каждый студент, участвуя в коллективном выполнении работы, оформляет свой отчет, в котором должны быть отражены следующие сведения:

- понятие об определяемой характеристике;
 - практическое значение характеристики;
 - принцип методики выполнения работы;
 - краткое описание используемого оборудования (дополненное в необходимых случаях схемами);
 - цифровой материал проведенных опытов и испытаний, представляемый обычно в личной форме;
 - графическая и прочая обработка полученных результатов.
- В конце занятия отчет представляется преподавателю и визируется им.

На каждое занятие студент должен приходить подготовленным, с работами соответствующий материал по учебнику Цитовича Н.А. "Механика грунтов (краткий курс)". 1983; СНиП 2.02.01-83 "Основания зданий и сооружений" и настоящим Указаниям.

Заключив занятия, студент должен привести в порядок рабочее место, снять приборы и оборудование лаборанту.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИМЕНОВАНИЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ЕГО ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

По ГОСТ 25100-82 "Грунты. Классификация" наименование глинистого грунта определяется по числу пластичности I_p и по консистенции, характеризующейся показателем текучести J_L .

В зависимости от числа пластичности глинистые грунты подразделяются на типы согласно таблице I.1.

Таблица I.1

Классификация глинистых грунтов по числу пластичности

Типы глинистых грунтов	Число пластичности I_p , доли единиц
Супеси	$0,01 \leq I_p \leq 0,07$
Суглинки	$0,07 \leq I_p \leq 0,17$
Глины	$I_p > 0,17$

Число пластичности грунтов I_p определяют как разность влажностей, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести w_L и на границе раскатывания (пластичности) w_p .

Консистенция глинистого грунта характеризуется показателем текучести I_L , определяемым по формуле

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

где w — природная влажность грунта в долях единиц.

Глинистые грунты различаются по консистенции согласно табл. I.2.

Таблица I.2

Классификация глинистых грунтов по консистенции

Разновидность глинистых грунтов	Показатель текучести
Супеси твердые	$I_L < 0$
пластичные	$0 \leq I_L \leq 1$
текучие	$I_L > 1$
Суглинки и глины твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
тугопластичные	$0,25 \leq I_L \leq 0,50$
мягкопластичные	$0,50 \leq I_L \leq 0,75$
текучепластичные	$0,75 \leq I_L \leq 1,00$
текучие	$I_L > 1,00$

Среди глинистых грунтов выделяются просадочные и набухающие грунты.

К просадочным относятся глинистые грунты, которые под действием внешней нагрузки или собственного веса при замачивании водой дают дополнительную осадку (просадку).

При предварительной оценке к просадочным относятся грунты со степенью влажности $S_w < 0,6$, для которых величина показателя I_L меньше нижеприведенных значений:

Число пластичности грунта I_p	$0,01 \leq I_p < 0,1$	$0,1 \leq I_p < 0,17$	$0,17 \leq I_p < 0,22$
Показатель I_L	0,1	0,17	0,24

$$I_L = \frac{e_p - e}{1 + e}$$

где e — коэффициент пористости грунта природного сложения и влажности; e_p — коэффициент пористости, соответствующий влажности на границе текучести w_L и определяемый по формуле

$$e_p = w_L \frac{P_s}{P_w}$$

где P_s — плотность частиц грунта, г/см³; P_w — плотность воды, принимаемая равной 1 г/см³.

К набухающим относятся глинистые грунты, которые при замачивании водой увеличиваются в объеме и при этом относительное набухание в условиях свободного набухания (без нагрузки) $\epsilon_{sw} > 0,04$. (Относительное набухание — отношение увеличения высоты образца грунта в результате его замачивания водой к начальной высоте образца грунта природной влажности).

При предварительной оценке к набухающим относятся грунты, для которых значение показателя $I_L = \frac{e_p - e}{1 + e} > 0,3$.

Целью лабораторной работы № 1 является изучение физических характеристик глинистого грунта и определение его наименования в соответствии с ГОСТ 25100-82.

Задание 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЧАСТИЦ ГРУНТА

Плотность частиц грунта ρ_s называют отношение массы твердых частиц (твердой компоненты) грунта m_s к их объему V_s

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}, \text{ г/см}^3$$

Величина плотности частиц определяется их минеральным составом и присутствием в грунте органических и органоминеральных веществ и представляет собой средневзвешенную плотность этих компонент грунта. В соответствии с плотностью наиболее распространенных породообразующих минералов плотность твердых частиц большинства грунтов изменяется от 2,50 до 2,60 г/см³. Высокие значения ее связаны с содержанием в грунте тяжелых глинистых минералов типа каолинита и монтмориллонита; низкие значения обусловлены наличием органических примесей (торфа, гумуса). На величину плотности частиц влияют также растворимые соли, содержащиеся в грунтах.

Плотность частиц отдельных типов нескальных грунтов, не содержащих примесей органических веществ и водорастворимых солей, является величиной достаточно постоянной. Ее среднее значение для песков 2,66, супесей - 2,70, суглинков - 2,71 и глин - 2,74 г/см³.

Плотность частиц является расчетной характеристикой и используется при расчете серии показателей свойств грунтов, в частности, пористости, коэффициента пористости, степени влажности.

Определение плотности частиц грунта ρ_s производится пикнометрическим методом по ГОСТ 5181-78.

1.1. Определение плотности частиц незасоленных грунтов

К незасоленным глинистым грунтам относятся грунты с суммарным содержанием легко- и среднерастворимых солей (от массы абсолютно сухого грунта) менее 5%.

1.1.1. Оборудование и материалы. Пикнометр; технические весы с разновесами; фарфоровая ступка с пестиком; сито с отверстиями диаметром 2 мм; песчаная баня; сушильный шкаф; дистиллированная вода; журнал испытаний.

1.1.2. Подготовка проб

1. Образец грунта в воздушно-сухом состоянии размельчают в фарфоровой ступке фарфоровым пестиком.

2. Из размельченного грунта методом квадратов отбирают среднюю пробу грунта массой 100...200 г.

3. Отобранную пробу просеивают через сито с отверстиями диаметром 2 мм. Остаток на сите переносят в фарфоровую ступку, дробят и опять просеивают через то же сито.

4. Из средней пробы воздушно-сухого грунта, прошедшей через сито, берут навеску для определения плотности частиц. Массу навески принимают из расчета 15 г на каждые 100 мл емкости пикнометра.

5. Из той же средней пробы, из которой берут навеску для определения плотности частиц, берут навеску для определения гигроскопической влажности (методика определения гигроскопической влажности изложена в задании 4).

1.1.3. Проведение испытания

1. В чистый и сухой заранее взвешенный пикнометр при помощи воронки переносят взятую навеску грунта. Взвешивают пикнометр с грунтом (m_1).

2. В пикнометр с грунтом наливают примерно на 1/3 его емкости дистиллированной воды и содержимое пикнометра кипятят на песчаной ба-

не не менее 60 мин (считая с момента закипания) для суглинков и глин, в течение 30 мин - для супесей и песков.

3. По истечении указанного времени в пикнометр доливают до мерной черты на горлышке кипяченую дистиллированную воду. Затем охлаждают пикнометр с суспензией в ванне с водой до комнатной температуры.

4. Поправляют положение мениска в пикнометре путем добавления воды с помощью пипетки и устанавливают его так, чтобы нижний край мениска находился строго на уровне мерной черты пикнометра. Пикнометр снаружи тщательно вытирают, а его шейку внутри осматривают фильтровальной бумагой, после чего пикнометр с суспензией взвешивают (m_2).

5. Выливают из пикнометра суспензию, ополаскивают его чистой водой, наливают в него кипяченую дистиллированную воду. Охлаждают до комнатной температуры, выполняют операции, указанные в п.4, и взвешивают пикнометр с водой (m_3). Все данные заносят в журнал испытаний.

1.1.4. Обработка результатов

1. Взятую для определения плотности частиц навеску воздушно-сухого грунта пересчитывают на сухой грунт (m_s):

$$m_s = \frac{m_1 - m_2}{w}, \text{ г.}$$

где m_1 - масса пикнометра, г; w - влажность воздушно-сухого грунта (гигроскопическая влажность), доли единицы.

2. Плотность частиц ρ_s вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_s = \frac{m_s}{\frac{m_1 + m_3 - m_2}{\rho_w}} = \frac{m_s \rho_w}{m_1 + m_3 - m_2}, \text{ г/см}^3.$$

где m_s - масса сухого грунта, г; m_1 - масса пикнометра с грунтом и водой, г; m_3 - масса пикнометра с водой, г; $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$ - плотность воды.

3. Все взвешивания производят с точностью до 0,01 г. В целях более точности для каждой пробы грунта проводят два параллельных определения плотности частиц. Расхождение между ними не должно превышать 0,02 г/см³. За результат принимают среднее арифметическое значение ρ_s .

1.2. Определение плотности частиц засоленных грунтов

Для определения плотности частиц засоленных грунтов выполняют все те же операции, что и для незасоленных грунтов, с той лишь разницей, что в пикнометр вместо дистиллированной воды наливают керосин, а адсорбированный воздух из грунта удаляют при помощи вакуумного насоса. Вакуумирование продолжают до прекращения выделения пузырьков воздуха (не менее 1 ч). Плотность керосина определяют заранее с помощью ареометра ($\rho_k = 0,75...0,8 \text{ г/см}^3$).

Расчет плотности частиц производят по формуле

$$\rho_s = \frac{m_s \rho_k}{m_s + m_2 - m_3} \cdot \frac{1}{\rho_k}, \text{ г/см}^3,$$

где m_s – масса сухого грунта, г; m_2 – масса пикнометра с керосином и грунтом, г; m_3 – масса пикнометра с керосином, г; ρ_k – плотность керосина, г/см³.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется плотностью частиц грунта?
2. В каких пределах измеряется плотность частиц нескальных грунтов?
3. Что влияет на величину плотности частиц нескальных грунтов?
4. Почему плотность частиц песчаных грунтов меньше, чем глинистых?
5. Как определяется плотность частиц незасоленных грунтов?
6. Как определяется плотность частиц засоленных грунтов?

Задание 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ГРУНТА

Плотность грунта ρ называют отношением массы грунта (включая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему. Величина плотности грунта зависит от минерального состава, влажности и характера сложения (пористости) грунтов. Определяется плотность грунта на монолитах, т.е. пробах грунта с ненарушенным сложением и естественной влажностью.

Плотность грунта равна отношению массы всех компонентов, составляющих грунт, к их объему

$$\rho = \frac{m_s + m_w}{V_s + V_p} = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3,$$

где m_s – масса твердых частиц, г; m_w – масса воды в грунте, г; V_s – объем твердых частиц, см³; V_p – объем пор, см³; m – масса грунта, г; V – объем грунта, см³.

Величина плотности нескальных грунтов колеблется обычно от 1,30 до 2,20 г/см³.

Плотность грунта относится к расчетным показателям свойств грунтов и используется при любом инженерно-техническом расчете, связанном с использованием грунтов, например, при расчетах оснований, оценке устойчивости откосов, вычислении давления на подпорные стенки.

В лабораторных условиях плотность грунта определяется методом режущего кольца и методом парафинирования. Определение плотности грунта этими методами производится по ГОСТ 5182-78.

Кроме плотности грунта, различают еще плотность сухого грунта (плотность скелета грунта) ρ_d . (Плотность сухо-

го грунта равна отношению массы сухого грунта с ненарушенной структурой (исключая массу воды в его порах) m_s к занимаемому этим грунтом объему (с сохранением пор) V , т.е.

$$\rho_d = \frac{m_s}{V_s + V_p} = \frac{m_s}{V}, \text{ г/см}^3.$$

Плотность сухого грунта определяется экспериментально или чаще вычисляется по величинам плотности грунта (ρ) и его влажности (w), выраженной в долях единицы, по формуле

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

2.1. Определение плотности грунта методом режущего кольца

Метод режущего кольца позволяет определить плотность связных грунтов, легко поддающихся вырезке, а также и в том случае, когда объем и форма отбираемого образца грунта могут быть сохранены только при помощи жесткой тары. Следовательно, этим методом можно определять плотность песчаных и пластичных глинистых грунтов.

2.1.1. Оборудование и материалы. Режущее кольцо из некоррозирующего металла внутренним диаметром не менее 50 мм для глинистых грунтов и 70 мм для песчаных, высотой не более диаметра и не менее половины диаметра, со стенками толщиной не более 0,02 диаметра и не менее 1,5 мм; штангенциркуль; нож с прямым лезвием; технические весы с разновесами; две стеклянные пластины; журнал испытаний.

2.1.2. Проведение испытания

1. При помощи штангенциркуля измеряют внутренний диаметр, высоту кольца и вычисляют его объем.

2. Взвешивают кольцо с точностью до 0,01 г.

3. На зачищенную поверхность монолита ставят кольцо острым краем вниз. Придерживая кольцо левой рукой, вырезают ножом под кольцом столбик грунта высотой 1...2 см, диаметр которого на 1 мм больше наружного диаметра кольца. Одновременно сверху нажимают на кольцо, насаживая его на столбик грунта, не допуская перекоса кольца. После заполнения всей полости кольца столбик подрезают снизу и отделяют кольцо с грунтом от монолита.

4. Срезают избыток грунта, выступающего над кольцом, ножом и накрывают грунт заранее взвешенной стеклянной пластинкой. Перевертывают кольцо с грунтом, зачищают грунт с этой стороны и также накрывают пластинкой.

5. Взвешивают кольцо с грунтом и стеклами.

6. Из грунта, содержащегося в кольце, берут пробу на влажность.

2.1.3. Обработка результатов

1. Определяют плотность грунта ρ по формуле

$$\rho = \frac{m - m_1 - m_2}{V}, \text{ г/см}^3,$$

где m — масса влажного образца грунта с кольцом и покрывающими его стеклянными пластинками, г; m_1 — масса кольца, г; m_2 — масса стеклянных пластинок, г; V — объем грунта, заключенного внутри кольца, см³.

2. Для каждой пробы грунта следует проводить два параллельных определения плотности и затем вычислять среднее значение с точностью до 0,01 г/см³.

Расхождение результатов между параллельными определениями для однородных грунтов должно быть не более 0,03 г/см³.

3. Данные определения записывают в журнал испытаний.

2.2. Определение плотности грунта методом парафинирования

Этот метод применяется для связных грунтов, трудно поддающихся вырезке или склонных к крошению.

2.2.1. Оборудование и материалы. Весы технические с разновесами; весы для гидростатического взвешивания; тонкая нить; игла; парафин; нож; фильтровальная бумага; журнал испытаний.

2.2.2. Проведение испытания

1. Вырезают из монолита образец грунта произвольной формы объемом не менее 30 см³ и придают ему овальную форму, обрезая острые выступающие части ножом.

2. Обработанный образец взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г.

3. Взвешенный образец грунта обвязывают ниткой и погружают в расплавленный при температуре 60°C парафин, чтобы в течение 1...2 сек он покрывался парафиновой оболочкой толщиной 0,5...1 мм. Пузырьки воздуха в парафиновой оболочке образца грунта удаляют прокалыванием нагретой иглой и заглаживают отверстие той же иглой.

4. Взвешивают запарафинированный образец на технических весах.

5. Взвешивают запарафинированный образец грунта на гидростатических весах.

6. Взвешенный запарафинированный образец извлекается из воды, обсушивается фильтровальной бумагой и еще раз взвешивается на технических весах для проверки герметичности парафиновой оболочки. Если разность во взвешивании до погружения образца в воду и после его извлечения будет более 0,02 г, то образец считается забракованным.

7. Из очищенного от парафина образца грунта отбирается проба для определения естественной влажности.

2.2.3. Обработка результатов

1. Плотность грунта вычисляется по формуле

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

где m — масса образца до парафинирования, г; m_1 — масса образца с парафиновой оболочкой, г; m_2 — масса запарафинированного образца в воде, г; ρ_n — плотность парафина (обычно принимается равной 0,9 г/см³); ρ_w — плотность воды, принимаемая равной 1,0 г/см³.

2. Для каждой пробы грунта делают два параллельных определения ρ , а в расчет берут среднее. Расчеты ведут с точностью до 0,01 г/см³.

3. Все данные, необходимые для расчета плотности грунта методом парафинирования, заносят в журнал испытаний.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется плотностью грунта?
2. Какие факторы влияют на величину плотности грунта?
3. В каких пределах изменяется плотность нескальных грунтов?
4. Что называется плотностью сухого грунта (скелета грунта)?
5. Какие факторы влияют на величину плотности сухого грунта?
6. Какими методами определяется плотность песчаных и глинистых грунтов в лабораторных условиях?
7. Как определяется плотность грунта методом режущего кольца?
8. Как определяется плотность грунта методом парафинирования?
9. Как определяется плотность сухого грунта?

Задание 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА

Под влажностью грунта понимают отношение массы содержащейся в грунте воды к массе абсолютно сухого грунта, выражается она в процентах или долях единицы. В лаборатории определяют естественную и гигроскопическую влажность.

Влажность определяется методом высушивания по ГОСТ 5180-75.

3.1. Определение естественной влажности грунта методом высушивания

Естественная (природная) влажность W — это влажность грунта в условиях естественного залегания. Она является важной характеристикой физического состояния грунта, определяющей его прочность, деформируемость и другие свойства. В связи с этим влажность определяется при всех видах инженерно-геологического изучения и исследования грунтов.

3.1.1. Оборудование и материалы. Сухильный шкаф; технические весы с разновесами; эксикатор с хлористым кальцием; алюминиевые стаканчики с крышками (бюксы); журнал испытаний.

3.1.2. Проведение испытания

1. В заранее взвешенный и пронумерованный алюминиевый стаканчик помещают не менее 15 г грунта естественной влажности и взвешивают его.

2. Стаканчик с влажным грунтом при открытой крышке помещают в сушильный шкаф, в котором производят высушивание грунта до постоянной массы при температуре $105 \pm 2^\circ\text{C}$.

Высушивание до постоянной массы контролируется периодическими взвешиваниями: первое — через 5 ч для глинистых грунтов и через 3 ч — для песчаных; второе — через 2 ч для глинистых и через 1 ч — для песчаных грунтов. Перед каждым взвешиванием стаканчик закрывают крышкой и помещают в эксикатор с хлористым кальцием для охлаждения. Разность между двумя взвешиваниями не должна превышать 0,02 г.

Если при повторном взвешивании грунтов, содержащих органические вещества (растительные остатки и др.), наблюдается увеличение массы, то за результат взвешивания следует принимать наименьшую массу стаканчика с грунтом.

3.1.3. Обработка результатов

1. Определяют величину влажности с точностью до 0,1% по формуле

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100, \%$$

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

2. Для каждого образца грунта производят не менее двух определений, причем расхождение между ними не должно превышать 2%. За величину влажности образца грунта принимают среднее арифметическое результатов параллельных определений.

3. Все данные, необходимые для расчета природной влажности, заносят в журнал испытаний.

3.2. Определение гигроскопической влажности

Гигроскопическая влажность W_h — это влажность грунта в воздушно-сухом состоянии (высохшего на воздухе).

Гигроскопическая влажность необходима для пересчета массы навески грунта из воздушно-сухого состояния в абсолютно сухое при вычислении плотности частиц грунта (см. задание 1).

3.2.1. Оборудование и материалы. Аналитические весы; сито с отверстиями диаметром 0,5 мм; алюминиевые стаканчики с крышками (биксы); сушильный шкаф; эксикатор с хлористым кальцием.

3.2.2. Проведение испытания

1. Гигроскопическую влажность определяют для средней пробы воз-

душно-сухого грунта массой не менее 15 г. Отбор средней пробы производят способом квартования из образца, растертого и просеянного сквозь сито с отверстиями диаметром 0,5 мм. Взвешивания производят на аналитических весах с точностью до 0,001 г.

Ход работы по определению гигроскопической влажности аналогичен ходу работы при определении естественной влажности.

3.2.3. Обработка результатов

1. Гигроскопическую влажность вычисляют с точностью до 0,01% по формуле

$$W_h = \frac{m_2 - m_0}{m_0 - m} \cdot 100, \%$$

где m — масса пустого стаканчика с крышкой, г; m_0 — масса высушенного грунта и стаканчика с крышкой, г; m_2 — масса воздушно-сухого грунта и стаканчика с крышкой, г.

2. Для определения гигроскопической влажности опыт проводят не менее двух раз; расхождение результатов параллельных определений должно быть не более 0,1%.

Гигроскопическую влажность грунта вычисляют как среднее арифметическое результатов параллельных определений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется влажностью грунта?
2. Как определяется естественная влажность грунта?
3. Как определяется гигроскопическая влажность грунта?

Задание 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ПЛАСТИЧНОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Под пластичностью грунта понимают его способность деформироваться без разрыва сплошности под воздействием внешних усилий и сохранять полученную форму после их снятия. Пластичное

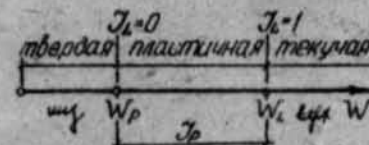


Рис. 1.1. Консистенция глинистого грунта

состояние грунта находится в пределах между двумя характерными влажностями (рис. 1.1.): на границе текучести (верхним пределом пластичности) W_l и на границе раскатывания (нижним пределом пластичности) W_p .

Граница текучести (верхний предел пластичности) определяется как влажность, при которой грунт находится на границе пластичного и текучего состояний. Граница раскатывания (ниж-

ний предел пластичности) определяется как влажность, при которой грунт находится на границе твердого и пластичного состояний.

Пределы пластичности определяются по ГОСТ 5183-77.

4.1. Определение границы текучести (верхнего предела пластичности) грунта

По ГОСТ 5183-77 граница текучести грунта характеризуется влажностью грунтовой пасты, изготовленной из грунта и воды, при которой балансирующий конус (рис. 1.2) погружается в нее под действием собственного веса за 5 с на глубину 10 мм.

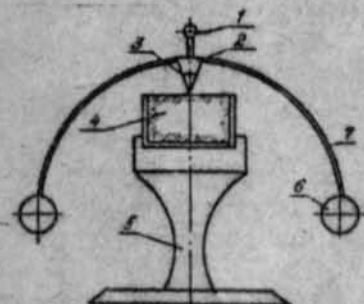


Рис. 1.2. Прибор А.М. Васильева (балансирующий конус)

Балансирующий конус (прибор А.М. Васильева) состоит из подставки 5, алюминиевого стаканчика 4 диаметром 4 см, высотой 2 см, полированного стального конуса 2 с углом при вершине 30° и высотой 25 мм и балансирующего устройства 1, состоящего из двух металлических шаров 6, укрепленных на концах согнутого в полукруг стального прута 7, проходящего через конус. На конусе на расстоянии 10 мм от его вершины нанесена метка 3. Общий вес конуса с балансирующим

устройством должен быть равен $76 \pm 0,2$ г.

4.1.1. Оборудование и материалы. Балансирующий конус А.М. Васильева; фарфоровая чашка; пестик с резиновым наконечником; шпатель; сито с диаметром отверстий 1 мм; алюминиевые стаканчики с крышками (боксы); технические весы с разновесами; сушильный шкаф; секундомер; эксикатор; вазелин технический; журнал испытаний.

4.1.2. Проведение испытания

1. Образец воздушно-сухого грунта объемом около 100 см^3 растирают в фарфоровой чашке резиновым пестиком, после этого пробу грунта просеивают через сито с отверстиями диаметром 1 мм.

2. Просеянный грунт увлажняют дистиллированной водой до состояния густой пасты. Грунтовую пасту скатывают в комок и помещают в эксикатор на 2 ч для равномерного увлажнения.

3. Приготовленную грунтовую пасту тщательно перемешивают шпателем и укладывают небольшими порциями в стаканчик прибора Васильева. В процессе укладки пасты для предотвращения образования в ней воздушных полостей стаканчик следует слегка постукивать по твердой поверхности.

Поверхность грунтовой пасты заглаживают шпателем вровень с краями стаканчика.

4. Полносят к поверхности грунтовой пасты, находящейся в стаканчике прибора, конус, смазанный тонким слоем вазелина, так, чтобы острие касалось поверхности пасты; опускают конус, позволяя ему погружаться в пасту под действием собственного веса в течение 5 с.

5. Если конус погружается в грунтовую пасту на глубину менее 10 мм за 5 с, то это служит показателем того, что влажность ее ниже границы текучести. В пасту добавляют немного воды, тщательно перемешивают и опыт повторяют. Погружение конуса более 10 мм за 5 с указывает на избыток воды в грунтовой пасте. В этом случае грунт подсушивают и опыт повторяют.

6. Если конус за 5 с погружается в грунтовую пасту точно на глубину 10 мм, то это значит, что искомая граница текучести достигнута.

7. Отбирают из исследуемой грунтовой пасты пробу массой не менее 15 г и производят определение влажности по методике, изложенной в задании 3, которая и будет соответствовать границе текучести (верхнему пределу пластичности) W_L .

8. Для каждого образца грунта производят не менее двух параллельных определений и за границу текучести принимают среднее из них.

Полученные во время опытов данные записывают в журнал испытаний.

4.2. Определение границы раскатывания (нижнего предела пластичности) грунта

По ГОСТ 5183-77 границу раскатывания грунта определяют как влажность, при которой грунтовая паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм начинает распадаться на отдельные кусочки длиной 3...10 мм.

4.2.1. Оборудование и материалы. Для испытания должна быть аппаратура, перечисленная в п. 4.1.1 (кроме балансирующего конуса), и стеклянная или пластмассовая пластинка.

4.2.2. Проведение испытания

1. Из оставшейся от предыдущего опыта грунтовой массы делают шарик диаметром 1 см и раскатывают ладонью на стеклянной или пластмассовой пластинке (или на листе плотной глянцевой или восковой бумаге) до образования жгута (проволочки) диаметром 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, то его превращают в шарик и опять раскатывают.

Раскатывание ведут, слегка нажимая на жгут. Длина жгута не должна превышать ширины ладони.

Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут диаметром 3 мм не начнет делиться поперечными трещинами на кусочки длиной 3...10 мм.

2. Кусочки жгута помещают в заранее взвешенный алюминиевый стаканчик (обксу), закрыван крышкой для предохранения его содержимого от высыхания.

Когда в стаканчике наберется кусочков жгута массой не менее 15 г, раскатывание прекращают и производят определение их влажности, которая принимается за границу раскатывания.

3. Для каждого образца производят не менее двух параллельных определений границы раскатывания, а для расчетов принимают среднее значение.

Полученные во время опытов данные записывают в журнал испытаний.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется пластичностью грунта?
2. Назовите характерные влажности глинистого грунта.
3. Что называют границей текучести (верхним пределом пластичности)?
4. Что называют границей раскатывания (нижним пределом пластичности)?
5. Как определяется граница текучести?
6. Как определяется граница раскатывания?
7. Каково практическое значение w_p и w_L ?

Задание 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА, ПОЛУЧАЕМЫХ РАСЧЕТОМ

Физические характеристики грунтов делятся на две основные группы: характеристики, определяемые путем непосредственных измерений с помощью приборов в лабораторных или полевых условиях на образцах грунта ненарушенной и нарушенной структуры, и характеристики, определяемые расчетным путем по значениям характеристик первой группы.

К характеристикам первой группы относятся плотность частиц, плотность грунта, влажность грунта и пределы пластичности (характерные влажности) глинистых грунтов.

Расчетным путем определяют также характеристики как плотность сухого грунта, пористость, коэффициент пористости, степень влажности и др. (см: табл. 1.3).

По вычисленным значениям дополнительных характеристик по ГОСТ 25100-82 устанавливают тип, вид и разновидность исследуемого грунта.

Наименование характеристик грунта	Единица измерения	Обозначения, расчетные формулы	Точность вычисления
I. Плотность частиц грунта	г/см ³	ρ_s	0,01
2. Плотность грунта	"	ρ	0,01
3. Плотность сухого грунта	"	$\rho_d = \frac{\rho}{1 + w}$	0,01
4. Влажность	доли единицы	w	0,001
5. Влажность на границе текучести	"	w_L	0,001
6. Влажность на границе раскатывания	"	w_p	0,001
7. Число пластичности грунта	"	$Ip = w_L - w_p$	0,001
8. Показатель текучести	"	$I_L = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}$	0,01
9. Степень влажности	"	$S_w = \frac{w - w_p}{w_L - w_p}$	0,01
10. Пористость	"	$n = 1 - \frac{\rho_s}{\rho}$	0,001
II. Коэффициент пористости	"	$e = \frac{\rho_s}{\rho} - 1$	0,001

Задание 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИМЕНОВАНИЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА ПО ГОСТ 25100-82

Примеры наименования глинистых грунтов: суглинок тугопластичный, непросадочный, ненабухающий; глина полутвердая, просадочная и т.д.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите физические характеристики глинистого грунта, определяемые опытным путем.
2. Что такое пористость и как она определяется?
3. Что такое коэффициент пористости и как он определяется?
4. Что такое степень влажности и как она определяется?
5. Как определяется число пластичности и показатель текучести?
6. Какие грунты относятся к илам, просадочным и набухающим грунтам?
7. По каким показателям классифицируются глинистые грунты?

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИМЕНОВАНИЯ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ ЕГО ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

По ГОСТ 25100-82 "Грунты. Классификация" наименование песчаного грунта определяется по гранулометрическому составу, степени неоднородности гранулометрического состава, плотности сложения и степени влажности.

В зависимости от гранулометрического состава определяется тип песчаного грунта. В таблице 2.1 приведена классификация крупнообломочных и песчаных грунтов по гранулометрическому составу.

Таблица 2.1

Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов

Типы крупнообломочных и песчаных грунтов	Распределение частиц по крупности в % от массы абсолютно сухого грунта
А. Крупнообломочные	
Валунный грунт (при преобладании неокатанных частиц - глыбовый)	Масса частиц крупнее 200 мм более 50%
Галечниковый грунт (при преобладании неокатанных частиц - щебенчатый)	Масса частиц крупнее 10 мм более 50%
Гравийный грунт (при преобладании неокатанных частиц - дресвяный)	Масса частиц крупнее 2 мм более 50%
Б. Песчаные	
Песок гравелистый	Масса частиц крупнее 2 мм более 25%
Песок крупный	Масса частиц крупнее 0,5 мм более 50%
Песок средней крупности	Масса частиц крупнее 0,25 мм более 50%
Песок мелкий	Масса частиц крупнее 0,1 мм 75% и более
Песок пылеватый	Масса частиц крупнее 0,1 мм менее 75%

П Р И М Е Ч А Н И Е. Для установления наименования грунта последовательно суммируют проценты содержания частиц исследуемого грунта: сначала крупнее 200 мм, затем крупнее 10 мм, далее крупнее 2 мм и т.д. Наименование грунта принимает по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в таблице.

Гранулометрический состав - это содержание по массе групп частиц (фракций) грунта различной крупности по отношению к общей массе абсолютно сухого грунта.

Размер фракций, составляющих грунт, выражают обычно в миллиметрах. В инженерно-геологической практике при классификации грунтов по гранулометрическому составу различают фракции, приведенные в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Классификация частиц грунтов

Фракции	Размер частиц, мм
Валуны (при неокатанных гранях - глыбы) . . .	Более 200
Галька (при неокатанных гранях - щебень) . .	200 - 20
Гравий (при неокатанных гранях - дресва) . . .	20 - 2
Песчаные частицы	2 - 0,05
Пылеватые частицы	0,05 - 0,005
Глинистые частицы	менее 0,005

Определение гранулометрического состава заключается в разделении грунта на фракции и установлении в пробе их процентного содержания. Методы гранулометрического анализа грунтов могут быть различны в зависимости от крупности частиц, составляющих грунт. ГОСТ 12536-79 "Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава" рекомендует два основных метода гранулометрического анализа: ситовой и ареометрический. Гранулометрический состав крупнообломочных и песчаных грунтов определяется ситовым методом, глинистых - ареометрическим.

Результаты гранулометрических анализов обычно приводят в виде таблиц, в которых показывают процентное содержание в исследуемом грунте различных фракций. В качестве иллюстрации в таблице 2.3 приведен гранулометрический состав песчаного грунта. Для наглядного представления о составе и степени однородности грунта строят различные графики. Наиболее употребительным способом графического изображения гранулометрического состава является интегральная кривая гранулометрического состава грунта.

Таблица 2.3

Гранулометрический (зерновой) состав песчаного грунта

Размер фракций, мм	>10	10-5	5-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1
Содержание фракций, % по массе	0	0	0	1,7	13,2	40,2	33,9	11,0

Интегральная кривая гранулометрического состава строится в полулогарифмическом масштабе: по оси абсцисс откладываются логарифмы диаметров частиц, а по оси ординат – процентное содержание частиц нарастающим итогом. При этом суммирование начинают с самой мелкой фракции. На рис.2.1 приведена интегральная кривая гранулометрического состава, построенная по данным таблицы 2.3.

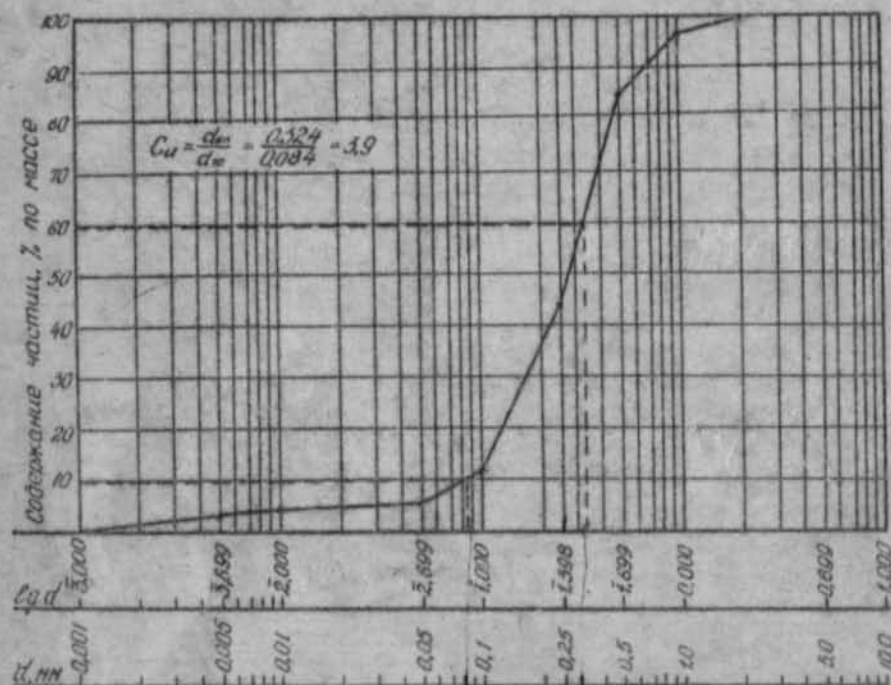


Рис.2.1. Интегральная кривая гранулометрического состава песка в полулогарифмическом масштабе

Неоднородность грунта по зерновому составу характеризуется степенью неоднородности гранулометрического состава C_u , определяемой по формуле

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

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

Величина степени неоднородности гранулометрического состава не может быть меньше единицы и практически не бывает больше 200. Чем меньше степень неоднородности, тем однороднее грунт. При $C_u \geq 3$ песчаные грунты считаются неоднородными.

Для классификации песчаных грунтов по плотности сложения и степени влажности, кроме гранулометрического состава, необходимы еще следующие показатели физических свойств грунтов: коэффициент пористости e и степень влажности S_r (таблицы 2.4 и 2.5). Для определения коэффициента пористости и степени влажности по формулам, приведенным в таблице 1.3, требуется знание основных физических характеристик грунта: плотности частиц ρ_s , плотности ρ и влажности w . Эти основные физические характеристики определяются методами, изложенными в лабораторной работе № 1. При выполнении лабораторной работы № 2 значения характеристик ρ_s , ρ и w исследуемого песчаного грунта сообщаются студентам преподавателем.

Таблица 2.4

Классификация песчаных грунтов по плотности сложения (коэффициенту пористости e)

Тип песка по гранулометрическому составу	Плотность сложения песка		
	плотный	средней плотности	рыхлый
Песок гравелистый, крупный или средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Песок мелкий	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Песок пылеватый	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

Таблица 2.5

Классификация крупнообломочных и песчаных грунтов по степени влажности S_r

Грунт	S_r
Маловлажный	$0 < S_r \leq 0,5$
Влажный	$0,5 < S_r \leq 0,8$
Насыщенный водой	$0,8 < S_r \leq 1,0$

Целью лабораторной работы № 2 является изучение физических характеристик песчаного грунта и определение его наименования в соответствии с ГОСТ 25100-82.

Задание I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕСЧАНОГО ГРУНТА СИТОВЫМ МЕТОДОМ

Определение гранулометрического (зернового) состава производится по ГОСТ 12536-79. При выделении частиц размером 10...5 мм анализ грун-

та ведется без промывки водой, а при выделении частиц размером 10... 0,1 мм — с промывкой водой.

Для анализа методом квадратов отбирается средняя проба воздушно-сухого грунта. Для этого грунт распределяют тонким слоем по листу плотной бумаги, проводят ножом в продольном и поперечном направлениях бороздки, разделяя поверхность грунта на квадраты, и из каждого квадрата отбирают небольшие пробы грунта, смешивая их перед взвешиванием.

Масса средней пробы должна оставлять: для грунтов, не содержащих частиц размером более 2 мм — 100 г; для грунтов, содержащих до 10% частиц размером более 2 мм — не менее 500 г; для грунтов, содержащих от 10 до 30% частиц размером более 2 мм — 1000 г; для грунтов, содержащих свыше 30% частиц размером более 2 мм — не менее 2000 г.

1.1. Оборудование и материалы

Технические весы с разновесами; набор стандартных сит (с поддоном) с отверстиями диаметром 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм; фарфоровая ступка и пестик с резиновым наконечником; сушильный шкаф; чашка фарфоровая; груша резиновая; кисточка для сметания частиц с сит и нож.

Сита монтируют в колонку, размещая их от поддона в порядке увеличения размера отверстий. На верхнее сито накладывают крышку.

1.2. Подготовка пробы без промывки водой

1. Отобранную среднюю пробу грунта помещают в фарфоровую ступку и пестиком с резиновым наконечником производят растирание комочков грунта.

2. Взвешивают отобранную среднюю пробу на технических весах с точностью до 0,01 г.

1.3. Подготовка пробы с промывкой водой

1. Среднюю пробу воздушно-сухого грунта взвешивают и высыплют в заранее взвешенную фарфоровую чашку, смачивают водой и растирают пестиком с резиновым наконечником.

2. Заливают грунт водой и взмучивают суспензию. Через 10...15 с сливают воду с неосевшими частицами (взвесь) сквозь сито с отверстиями диаметром 0,1 мм. Взмучивание и сливание производят до полного осветления воды.

3. Частицы грунта, оставшиеся на сите, смывают обратно в чашку с помощью резиновой груши, а отстоявшуюся воду сливают.

4. Промытую пробу в фарфоровой чашке высушивают в сушильном шкафу до воздушно-сухого состояния и после этого взвешивают чашку с грунтом.

1.4. Проведение испытания

1. Взвешенную пробу грунта помещают на верхнее сито колонки и просеивают ее сквозь набор сит. При просеивании ладонями рук слегка постукивают по бокам колонки сит.

2. Фракции грунта, задержавшиеся на ситах, высыплют, начиная с верхнего сита, в откину и дополнительно растирают пестиком с резиновым наконечником, после чего вновь просеивают на этих же ситах.

Полноту просеивания фракций проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Если при этом на лист выпадают частицы, то их высыплют на следующее сито; просев продолжают до тех пор, пока на бумагу перестанут выпадать частицы.

3. Определяют массу каждой фракции, задержавшейся на ситах и прошедшей в поддон, с точностью до 0,01 г. При этом необходимо, чтобы общая масса всех фракций была равна массе первоначальной пробы грунта, взятой на анализ. При расхождении масс более чем на 1% анализ повторяют. Если потеря грунта при просеивании менее 1%, то ее разносят по всем фракциям пропорционально их массе.

1.5. Обработка результатов

1. Результаты анализа регистрируют в журнале испытаний, в котором указывают процентное содержание в грунте фракций размером более 10; 10-5; 5-2; 2-1; 1-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,1 и менее 0,1 мм. Процентное содержание с точностью до 0,1% каждой фракции вычисляют по формуле

$$A = \frac{g_i}{g} \cdot 100\%,$$

где g_i — масса данной фракции грунта, г; g — масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

2. При подготовке пробы с промывкой водой, массу частиц грунта размером менее 0,1 мм определяют по разности между массой средней пробы, взятой для анализа, и высушенной пробы грунта после промывки.

3. По результатам исследований необходимо определить тип песчаного грунта, для чего последовательно суммируют процентное содержание частиц исследуемого грунта: сначала крупнее 10 мм, затем крупнее 2 мм, 1 мм и т.д. Тип грунта принимают по первому удовлетворяющему показателю в порядке расположения наименований в таблице 2.1 и записывают в журнале испытаний в виде вывода.

Задание 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТА S_u

1. Результаты анализа пересчитывают по совокупности фракций. Для этого, начиная с самой мелкой фракции (менее 0,1 мм), проценты сумми-

рутся до 100. Каждая из промежуточных цифр полученного ряда будет показывать суммарное процентное содержание в грунте фракций меньше определенного диаметра.

Пересчет результатов анализа по совокупности фракций заносится в журнал испытаний.

2. Строят интегральную кривую гранулометрического состава. Для этого на оси абсцисс находят диаметры частиц начиная с самых мелких, а на соответствующих ординатах точками отмечают процентное содержание фракций меньше определенного диаметра. Затем все точки соединяют плавной кривой или ломаной линией (рис. 2.1).

3. По интегральной кривой гранулометрического состава находят диаметры частиц d_{10} и d_{60} .

Диаметр d_{10} получается, если из точки на оси ординат, соответствующей 10%, провести линию, параллельную оси абсцисс до пересечения с кривой, а затем из полученной на кривой точки опустить перпендикуляр на ось абсцисс. Размер частиц, отвечающий точке пересечения перпендикуляра с осью абсцисс, и будет d_{10} . Для нахождения величины d_{10} по оси абсцисс измеряют расстояние от точки пересечения до ближайшей влево граничной метки 3; 2; 1 и т.д., затем делят его на 4 части, в соответствии с принятым масштабом, и по полученному логарифму находят число.

Диаметр d_{60} определяется аналогично.

4. Вычисляют степень неоднородности гранулометрического состава C_u по формуле

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

Если $C_u > 3$, то грунт считается неоднородным.

Задание 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА, ПОЛУЧАЕМЫХ РАСЧЕТОМ

1. По формулам, приведенным в таблице 1.3, и заданным значениям ρ_s , ρ , w вычисляют характеристики: ρ_a , e , s_r .
2. Определяют наименование исследуемого песчаного грунта по плотности сложения по таблице 2.4.
3. Определяют наименование грунта по степени влажности по таблице 2.5.

Задание 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАИМЕНОВАНИЯ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА СОГЛАСНО КЛАССИФИКАЦИИ ГОСТ 25100-82

По ГОСТ 25100-82 песчаные грунты различают по гранулометрическому составу, степени неоднородности гранулометрического состава,

плотности сложения (коэффициенту пористости) и степени влажности.

Пример наименования песчаного грунта: песок средней крупности, неоднородный ($C_u = 3,9$), средней плотности, насыщенный водой.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Назовите физические характеристики песчаного грунта, определяемые опытным путем.
2. Что называется гранулометрическим (зерновым) составом грунта?
3. Что такое степень неоднородности гранулометрического состава песчаного грунта и как она определяется?
4. Что такое d_{10} и d_{60} , как они определяются?
5. Как определяется гранулометрический состав ситовым методом?
6. По каким показателям классифицируются песчаные грунты?

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЖИМАЕМОСТИ (ДЕФОРМИРУЕМОСТИ) ГЛИНИСТОГО ГРУНТА СПОСОБОМ КОМПРЕССИИ В ОДОМЕТРЕ

Сжимаемость грунтов называется способность их уменьшаться в объеме (деформироваться) под действием внешней нагрузки (веса сооружений и вышележащих слоев грунта).

Показатели сжимаемости (деформационные характеристики) необходимы для расчетов осадок оснований и земляных сооружений (плотин из грунтовых материалов, земляного полотна и т.п.). Применяемые в настоящее время инженерные методы расчета осадок основываются на применении к грунтам теории линейно-деформируемых тел. В действительности диаграмма сжатия грунта криволинейна на всем своем протяжении (рис.3.1). Однако, в некотором ограниченном интервале давлений (например, в пределах участка OA, рис.3.1) практически рассматривают грунт как линейно-деформируемое тело. Деформационными характеристиками такого тела являются модуль общей деформации E_0 и коэффициент бокового расширения (коэффициент Пуассона) μ_0 .

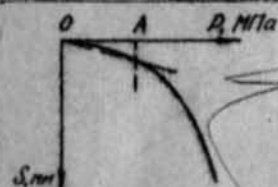


Рис.3.1. График зависимости осадки от удельного давления $S=f(P)$

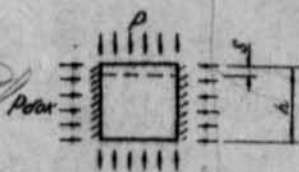


Рис.3.2. Напряженное состояние образца в условиях компрессионного сжатия

Модулем общей деформации называется коэффициент пропорциональности между напряжением и соответствующей ему общей относительной деформацией грунта. Численно он равен отношению сжимающего напряжения P_2 к вызываемой им общей относительной деформации ϵ_{02}

$$E_0 = \frac{P_2}{\epsilon_{02}} \quad \frac{\sigma}{\epsilon_{02}} = E$$

Следовательно, модуль общей деформации есть характеристика, аналогичная модулю упругости твердых тел. Однако некальные грунты в отличие от твердых тел обладают значительными остаточными деформациями, часто немного превышающими упругие. Поэтому модуль общей деформации этих грунтов в отличие от модуля упругости характеризует общие их деформации как упругие, так и остаточные, что отмечено буквой "0".

Модуль общей деформации грунта определяют путем специальных полевых и лабораторных исследований. В лабораторных условиях модуль общей

деформации определяют по результатам испытаний грунтов на компрессию, т.е. на сжатие без возможности бокового расширения грунта. Такие испытания производятся в компрессионных приборах (оedomетрах) или в приборах трехосного сжатия (стабилометрах).

Напряженное состояние образца в условиях компрессионного сжатия показано на рис.3.2.

Коэффициент бокового расширения (коэффициент Пуассона) грунта является коэффициентом пропорциональности между поперечными и продольными общими относительными деформациями. Он равен отношению общего относительного поперечного (горизонтального) расширения ϵ_{0x} к общему относительному продольному (вертикальному) сжатию ϵ_{0z} :

$$\mu_0 = \frac{\epsilon_{0x}}{\epsilon_{0z}} \quad \nu = \frac{\epsilon_{0x}}{\epsilon_{0z}}$$

Коэффициент бокового расширения можно вычислить также по формуле

$$\mu_0 = \frac{\xi}{1+\xi} \quad \nu = \frac{\xi}{1+\xi}$$

где ξ — коэффициент бокового давления грунта в состоянии покоя, т.е. при отсутствии горизонтальных перемещений.

Вертикальное давление P , прикладываемое к образцу при компрессии, вызывает из-за невозможности бокового расширения боковое давление $P_{бок} = \xi P$ (рис.3.2). Таким образом, коэффициент бокового давления численно равен отношению бокового давления грунта $P_{бок}$ к вызывавшему его вертикальному давлению P

$$\xi = \frac{P_{бок}}{P}$$

Коэффициент бокового давления может быть определен при испытании в стабилометрах (см. лабораторную работу № 4).

Целью лабораторной работы № 3 является определение модуля общей деформации по результатам компрессионных испытаний. Эти испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 23908-79 "Грунты. Метод лабораторного определения сжимаемости".

3.1. Оборудование и материалы

Для проведения компрессионных испытаний необходимы: компрессионная установка; набор гирь; индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм; секундомер или часы с секундной стрелкой; кольцо с грунтом ненарушенной структуры (отобранном из монолита при выполнении работы № 1); фильтровальная бумага; тарифовочный журнал; журнал испытаний.

3.2. Описание компрессионного прибора

В лаборатории механики грунтов ДВИИ для учебных занятий используется компрессионно-фильтрационный прибор конструкции Н.Н.Маслова, изображенный на рис.3.3.

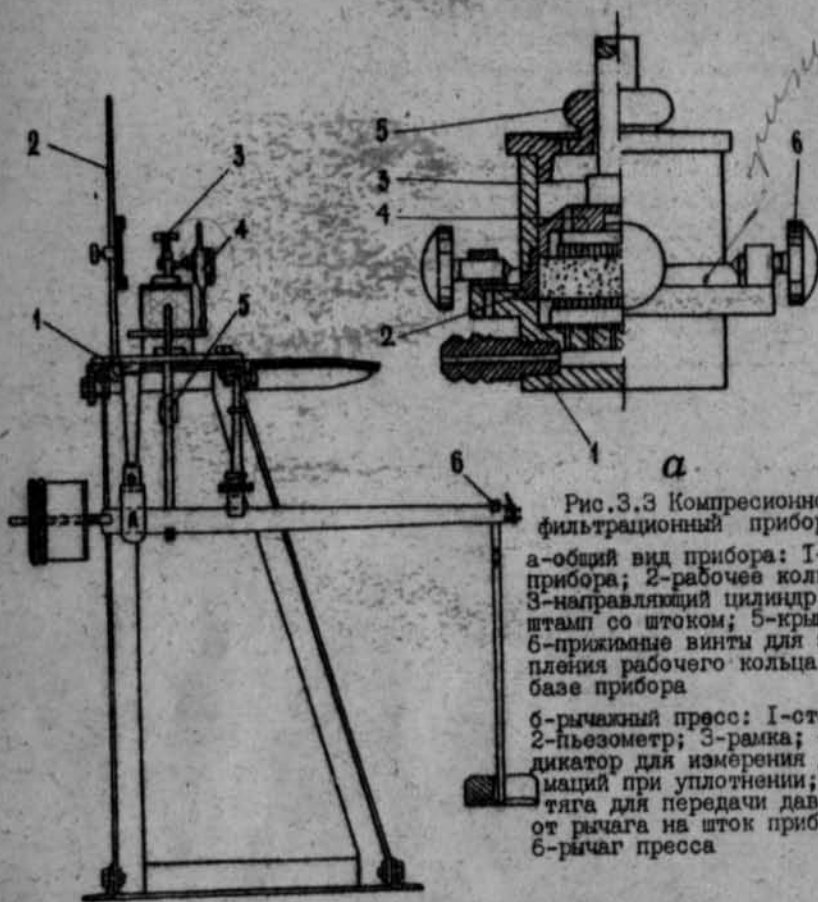


Рис.3.3 Компрессионно-фильтрационный прибор

а-общий вид прибора: 1-база прибора; 2-рабочее кольцо; 3-направляющий цилиндр; 4-штамп со штоком; 5-крышка; 6-прижимные винты для закрепления рабочего кольца на базе прибора

б-рычажный пресс: 1-станина; 2-пъезометр; 3-рамка; 4-индикатор для измерения деформаций при уплотнении; 5-тяги для передачи давления от рычага на шток прибора; 6-рычаг пресса

б

Основой прибора является база, представляющая собой круглую пластину 1, с верхней стороны которой выточено круглое углубление. По дну углубления нарезаны кольцевые канавки, соединяющиеся друг с другом и с двумя отверстиями, расположенными с двух противоположных сторон базы. В эти отверстия вделаны два штуера. Кольцевые канавки с поверхности прикрыты металлической решеткой. С четырех сторон базы имеются выступы с прижимными лентами 6. На базе 1 установлен цилиндр 3, нижняя часть которого (высотой 2 см) отвинчивается и служит рабочим кольцом 2 для испытуемого грунта. Площадь рабочего кольца равна 40 см². На цилиндр надевается прижимное кольцо, с помощью которого

винтами 6 цилиндр 3 прочно закрепляется на базе. С целью создания более плотного соединения базы с рабочим кольцом 2 под прижимное кольцо закладывается резиновая прокладка. Внутри цилиндра вставлен конический штамп 4 с металлической решеткой, шток которого выступает из цилиндра. Цилиндр сверху прикрывается крышкой 5. Крышка 5 имеет одно центральное отверстие, через которое пропускается шток штампа, и два боковых отверстия, служащих для заливки прибора водой. На шток штампа надевается муфта, на которой закрепляется индикатор часового типа (см.рис.3.3,б) для замера деформаций грунта при его уплотнении. Ношка индикатора при испытаниях ставится на верхнюю плоскость базы прибора.

При загрузке прибора испытуемым грунтом вырезание образца производится рабочим кольцом 2, на которое для этой цели навинчивается специальное режущее кольцо, имеющее внутренний диаметр точно равный внутреннему диаметру рабочего кольца прибора.

Для уплотнения грунта при компрессионных испытаниях прибор с загруженным в него грунтом помещают под рычажный пресс с отношением плеч 1:10, изображенный на рис.3.3,б. Ступени нагрузок на грунт создаются гири массой 1,710 кг - 1 шт.; 1,925 кг - 1 шт.; 3,650 кг - 7 шт. При этом гиря массой 1,710 кг с учетом веса рамки, штампа и других неуравновешенных деталей предназначена для создания давления на грунт, равного 0,05 МПа. Последующее наложение на подвеску рычага остальных гирь соответственно увеличивает давление на образец грунта до 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7 и 0,8 МПа.

3.3. Указания к выполнению работ

Для проведения испытания в рабочее кольцо прибора помещают образец грунта естественного сложения и влажности. Сжатие образца происходит при свободном удалении выжимаемой из пор грунта воды через металлические решетки штампа и базы прибора. Величина и количество ступеней давления, прикладываемых к грунту в процессе опыта, устанавливаются в соответствии с ожидаемыми нагрузками на грунт от проектируемого сооружения. Обычно испытания производятся при давлениях 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 и 0,6 МПа. При выполнении учебной лабораторной работы можно принять следующие ступени давлений: $P_1 = 0,05$; $P_2 = 0,1$; $P_3 = 0,2$ и $P_4 = 0,4$ МПа.

При производственных испытаниях под каждой ступенью давления образец выдерживают до условной стабилизации деформации. При этом показания индикатора регистрируют через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30; 60 мин, далее через час и течение рабочего дня, а затем в начале

и конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформации. За критерий условной стабилизации деформации для глинистых грунтов принимают приращение ее за 16 ч не более чем на 0,01 мм. При выполнении учебной лабораторной работы условно можно считать стабилизацию деформаций достигнутую через 8 мин после приложения ступени нагрузки.

Для обработки данных компрессионных испытаний необходимо знать основные физические характеристики испытываемого грунта: плотность твердых частиц ρ_s , плотность грунта естественной структуры ρ и природную весовую влажность W^* . Значения этих характеристик получают на контрольных образцах, отбираемых из монолита одновременно с вырезанием образца для компрессии. Определение основных характеристик проводят, как это было описано в работе № 1. В условиях учебных занятий нет смысла в повторении уже выполненных работ. Поэтому, если это возможно, используются данные, полученные на предыдущем занятии. Если же почему-либо грунт в кольцах для компрессионных испытаний взять из других монолитов, основные характеристики определяются заранее и сообщаются студентам при выдаче колец с грунтом.

3.4. Проведение испытания

1. Грунт в рабочем кольце с обеих сторон покрывают фильтровальной бумагой, предварительно смоченной водой, затем рабочее кольцо свинчивают с цилиндром прибора и осторожно устанавливают на базу. На цилиндр одевают резиновую прокладку, прижимное кольцо и прочно закрепляют его на базе прижимными винтами.

Закрепив цилиндр, в него вставляют конический штамп, который опускают на грунт. Цилиндр сверху закрывают крышкой. На шток штампа надевают муфту, на которой закрепляют индикатор. Индикатор закрепляется так, чтобы ножка при вертикальном ее положении упиралась бы в верхнюю плоскость базы.

2. Прибор в собранном виде устанавливают под пресс, рычаг которого при этом приводится в горизонтальное положение с помощью противовеса и контртяжки.

3. Загружают полвеску рычага гирей массой 1,710 кг, после чего сразу же пускают в ход секундомер или берут отсчет времени по часам. Записывают в журнал испытаний отсчеты по индикатору через 0,25; 0,5; 1; 3; 4 и 8 минут, считая от момента приложения нагрузки (8-минутная выдержка условно принимается за время стабилизации деформаций образца).

4. Допускают полвеску гирей массой 1,925 кг, сразу же включают секундомер и записывают в журнал испытаний нарастающим итогом (от ну-

ля, установленного в начале опыта) величины отсчетов по индикатору через те же промежутки времени, что и ранее, считая время с момента увеличения нагрузки.

5. Повторяют все операции, положив на полвеску рычага гирю массой 3,850 кг (суммарная масса гирь на полвеске 7,485 кг).

6. То же, положив на полвеску две гири по 3,850 кг (суммарная масса гирь на полвеске 15,195 кг).

7. По окончании испытания с полвески рычага снимают гири, прибор разбирают, очищают от грунта, промывают, насухо вытирают и смазывают тонким слоем вазелина.

3.5. Обработка результатов

Обработка результатов испытания включает: построение кривых консолидации грунта; построение компрессионной кривой; вычисление коэффициента сжимаемости грунта; вычисление модуля общей деформации; составление заключения по результатам испытаний.

3.5.1. Построение кривых консолидации грунта

1. По зарегистрированным во время опыта отсчетам индикатора вычисляют деформации образца S_e . Деформации S_e должны вычисляться с учетом собственных деформаций компрессионного прибора. Величины деформаций прибора, соответствующие различным ступеням нагрузки, приводятся в тарифовочном журнале.

2. Кривые консолидации грунта строятся для каждой ступени нагрузки (рис. 3.4). Они отражают зависимость между деформацией грунта и временем. Масштабы для построения кривых консолидации могут быть рекомендованы следующие: для оси абсцисс 1 мин в 1 см, для оси ординат 0,1 мм деформации в 1 или 2 см.

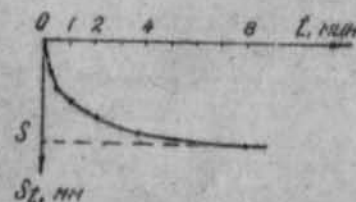


Рис. 3.4. График протекания деформации во времени (кривая консолидации) при давлении $P = 0,05 \text{ МПа}$

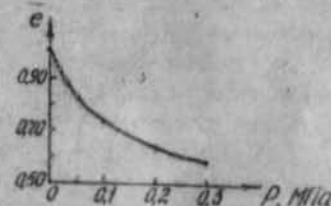


Рис. 3.5. Компрессионная кривая

3.5.2. Построение компрессионной кривой

1. Компрессионная кривая (рис. 3.5) выражает зависимость между коэффициентом пористости грунта и давлением. Для построения компрессионной кривой на оси абсцисс показывают давления в МПа, а по оси ординат соответствующие им значения коэффициента пористости. Компрессионная кривая строится по конечным осадкам (деформациям) грунта, т.е. осадкам, соответствующим условной стабилизации уплотнения грунта от каждой ступени нагрузки. Величины условно стабилизировавшейся осадки должны быть сняты с кривых консолидации.

2. Коэффициент пористости грунта e , соответствующий той или иной ступени нагрузки, определяется по формуле:

$$e_i = e - (1 + e) \frac{S_i}{h}$$

где e - начальный коэффициент пористости, вычисляемый по основным физическим характеристикам грунта; h - начальная высота образца грунта, подвергавшегося уплотнению, практически равная высоте рабочего кольца прибора ($h = 20$ мм); S_i - условно стабилизировавшаяся деформация образца, соответствующая i -той ступени нагрузки.

3. Масштабы для построения компрессионной кривой могут быть рекомендованы следующие: для оси абсцисс 0,1 МПа в 2 см, для оси ординат 0,05 приращения коэффициента пористости в 1 или 2 см.

Поскольку нас интересует не абсолютное положение кривой, а только ее кривизна, то для удобства построения за начало координат следует принять коэффициент пористости несколько меньше наименьшего из полученных значений (см. рис. 3.5).

3.5.3. Вычисление коэффициента сжимаемости грунта

1. Для вычисления коэффициента сжимаемости m_0 на компрессионной кривой выбирается интервал давлений в пределах значений P_1 и P_2 , указанных преподавателем (рис. 3.6). После этого следует воспользо-

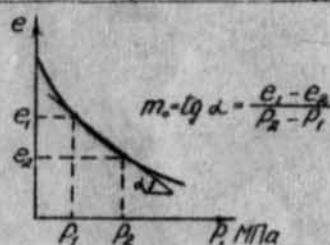


Рис. 3.6. Определение коэффициента сжимаемости

где e - начальный коэффициент пористости грунта;

32

30 мм - 50

3.5.4. Вычисление модуля общей деформации грунта

1. Модуль общей деформации вычисляют по данным компрессионных испытаний по формуле

$$E_{ок} = \beta \frac{1 + e}{m_0} = \frac{\beta}{m_0}, \text{ МПа,}$$

где e - коэффициент пористости, соответствующий по компрессионной кривой давлению P_1 ; m_0 - коэффициент сжимаемости, определяемый по компрессионной кривой для интервала давлений от P_1 до P_2 ; β - множитель для перехода от сжатия (без возможности бокового расширения) при компрессионных испытаниях к сжатию, имеющему место в натуре. Численно его принимают равным для песков 0,76; для супесей 0,74; для суглинков 0,62; для глин 0,43.

Значения модулей деформации, по данным лабораторных испытаний, получаются заниженными по сравнению с данными полевых испытаний грунтов штампами. Компрессионные испытания в одометре искажают величину модуля деформации из-за трения между грунтом и кольцом, неровностей на торцах образца и т.п. Однако, в связи с простотой и доступностью (по сравнению с полевыми методами) в большинстве случаев пользуются лабораторными определениями модуля деформации. При этом значения модуля общей деформации вычисляют по формуле (с округлением до 0,1 МПа):

$$E_0 = m_k E_{ок}, \text{ МПа,}$$

где m_k - коэффициент, определяемый на основе сопоставления модулей деформации по данным полевых и лабораторных испытаний. Величины коэффициента m_k приведены в табл. 3.1 и применяются для аллювиальных, делювиальных, озерных и озерно-аллювиальных четвертичных глинистых грунтов при показателе текучести $I_L \leq 0,75$.

Таблица 3.1

Поправочные коэффициенты m_k к значениям компрессионных модулей деформации для четвертичных глинистых грунтов

Тип грунтов	Значения коэффициентов m_k при коэффициенте пористости e , равном						
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	4,0	4,0	3,5	3,0	2,0	-	-
Суглинки	5,0	5,0	4,5	4,0	3,0	2,5	2,5
Глины	-	-	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5

33

Примечание. Для промежуточных значений ϵ допускается определять коэффициент m_k интерполицией.

3.5.5. Составление заключения по результатам испытаний

Заключение по результатам проведенных испытаний состоит из оценки степени сжимаемости грунта.

О степени сжимаемости грунта судят по величине модуля общей деформации: грунты считаются слабосжимаемыми, если $E_o > 20$ МПа, среднесжимаемыми, если $20 > E_o > 5$ МПа, сильносжимаемыми, если $E_o < 5$ МПа.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Что называется модулем общей деформации грунта?
2. Что называется коэффициентом бокового расширения (коэффициентом Пуассона) грунта?
3. В каких расчетах используются деформационные характеристики грунтов?
4. Какие способы определения модуля общей деформации Вам известны?
5. В каких приборах в лаборатории определяются деформационные характеристики грунтов?
6. Как вычисляется модуль общей деформации грунтов по данным компрессионных испытаний?
7. Что называется коэффициентом бокового давления грунтов в состоянии покоя?
8. Начертите принципиальную схему олометра.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЖИМАЕМОСТИ (ДЕФОРМИРУЕМОСТИ) ПЕСЧАНОГО ГРУНТА МЕТОДОМ ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ В СТАБИЛОМЕТРЕ

Целью лабораторной работы № 4 является определение для исследуемого грунта коэффициента бокового давления, коэффициента бокового расширения и модуля общей деформации. Для этого производится испытание на компрессионное сжатие образца грунта в стабилометре.

В лаборатории механики грунтов ДВПИ используется стабилометр типа М-2 конструкции Е.И. Медкова.

В стабилометре при компрессионных испытаниях роль жесткой стенки, не позволяющей грунту расширяться в стороны при действии сжимающей нагрузки, выполняет дегазированная жидкость (вода). Испытуемый грунт защищен от непосредственного контакта с окружающей его жид-

костью тонкой резиновой оболочкой (диафрагмой). Силы трения по боковым поверхностям образца при нагружении практически отсутствуют, поэтому образцы грунта в стабилометрах имеют вид цилиндра большой высоты. Это позволяет повысить точность получаемых результатов по сравнению с олометром.

Другое преимущество стабилометра заключается в возможности измерения боковых давлений, которые возникают при действии вертикальной нагрузки, благодаря стремлению грунта расширяться в стороны (рис. 3.2). Эти напряжения равны давлению в жидкости после стабилизации деформаций испытываемого образца грунта.

4.1. Оборудование и материалы. Стабилометр М-2 с образцом грунта; рычажный пресс с набором гирь; журнал испытаний.

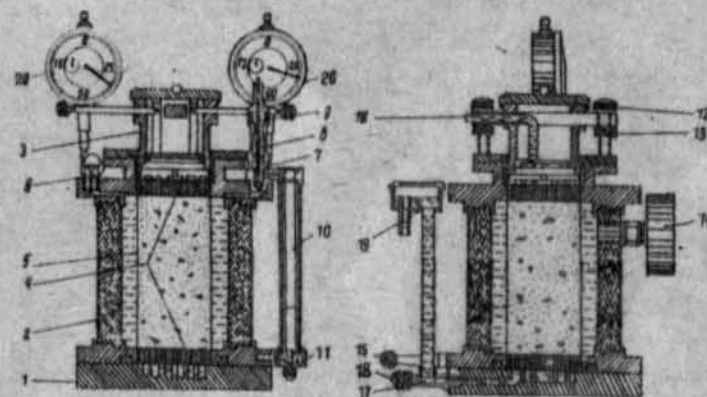


Рис. 4.1. Схема устройства стабилометра М-2

4.2. Описание стабилометра

Стабилометр М-2 конструкции Е.И. Медкова (рис. 4.1) предназначен для испытания образцов цилиндрической формы. Испытание образца производится в рабочей камере прибора, ограниченной снизу и сверху пористыми дисками 4, смонтированными в базу 1 и поршень 3, а с боков - тонкой резиновой диафрагмой 5, плотно обертывающей боковую поверхность образца. Кольцевое пространство между диафрагмой 5 и стенками корпуса (полого цилиндра) 2, называемое гидравлической камерой прибора, на время испытания образца заполняется дистиллированной водой комнатной

температуры. Заполнение гидравлической камеры производится закачиванием воды ручным насосом через наполнительный клапан 6, смонтированный в верхний фланец корпуса. Спускание камеры осуществляется через спускную трубку 15, смонтированную в нижний фланец корпуса. Отвод воды, отжимаемой из образца в процессе опыта, производится через тройник 17, смонтированный в базу, и выпуск 18. Фиксация высоты образца, находящегося в рабочей камере прибора, осуществляется двумя винтами - арретирами 12 с контргайками 13, оболочивающими корпус прибора и поршень с помощью болочки, смонтированной в последний.

Передача нагрузки на образец осуществляется через поршень 3, плотно охватываемый в нижней части резиновой диафрагмой. Вертикальные деформации образца измеряются двумя индикаторами 20 с точностью прямого отсчета, равной 0,01 мм. Индикаторы соединены с поршнем 3 с помощью смонтированных в него державок и опираются лопатками на головки установочных винтов, непосредственно связанных с верхним фланцем корпуса 2.

Давление в гидравлической камере прибора измеряется манометром 14.

Осевая нагрузка на поршень 3 передается через подвеску от рычажного пресса, смонтированного на станине. Отношение плеч пресса 1:12.

Прибор предназначен для испытания образцов диаметром 5,5 см с площадью поперечного сечения 24 см² и высотой 11 см при осевом давлении до 2 МПа и боковом до 0,8-1,0 МПа.

4.3. Указания к выполнению работы

К началу лабораторных работ произведены отбор и закладка образца в стабилометр. Образец обжат боковым давлением с целью обеспечения плотного прилегания диафрагмы к грунту. Индикаторы закреплены на поршне.

При проведении лабораторной работы принимаются следующие ступени загрузки: 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 МПа.

4.4. Проведение испытания

1. Стабилометр устанавливают на столешке пресса так, чтобы внешний контур базы стабилометра и столешки пресса совпали.

2. Вращая рукоятку пресса, приводят его в контакт с прибором так, чтобы шарик плотно вошел в углубление на грузовой плитке.

3. Спускаются контргайки на арретирах настолько, чтобы был обеспечен ход поршня на 3-5 мм.

4. Освобождается рычаг путем выдергивания до отказа опорного штифта.

5. Установочные линты вращением приводят в контакт с ножками индикаторов, устанавливают стрелки последних на "0" и подтягиванием контргайки закрепляют положение установочных винтов.

6. Загружают подвеску гирей массой 2 кг, что соответствует появлению в грунте сжимающих напряжений $P = 0,1$ МПа, и после условной стабилизации деформаций снимают отсчеты по обоим индикаторам, снимают показания манометра, регистрирующего величину бокового давления, и записывают все данные в журнал испытаний.

Примечание. В учебных опытах 4-минутная выдержка с момента приложения нагрузки условно принимается за время стабилизации деформаций.

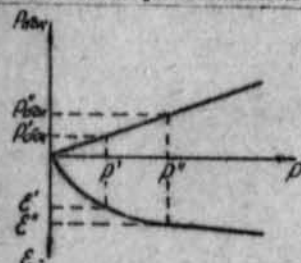
7. Повторяют все указанные в п.6 операции, последовательно наращивая нагрузку на рычаг гирями массой по 2 кг.

4.5. Обработка результатов

Обработка результатов испытаний включает: построение графиков зависимости относительной вертикальной деформации $\epsilon = \frac{s}{h}$ и бокового давления $P_{\text{бок}}$ от вертикального давления P ; вычисление коэффициента бокового давления ξ ; вычисление коэффициента бокового расширения μ ; вычисление модуля общей деформации E_0 ; составление заключения по результатам испытаний.

4.5.1. Построение графиков $\epsilon = f(P)$ и $P_{\text{бок}} = f(P)$

Графики $\epsilon = f(P)$ и $P_{\text{бок}} = f(P)$ строят в прямоугольных координатах: на горизонтальной оси откладывают значения P , на вертикальной оси слева (вниз) - значения $\epsilon = \frac{s}{h}$ (s - условно стабилизированная деформация образца, соответствующая той или иной ступени нагрузки; h - начальная высота образца), а справа (вверх) - значения $P_{\text{бок}}$. Примеры графиков приведены на рис. 4.2.



Масштабы для построения графиков могут быть рекомендованы следующие: для давлений - 0,1 МПа в 2 см, для деформации - 0,001 приращенная относительная деформации в 2 или 4 см.

Рис. 4.2. Графики $P_{\text{бок}} = f(P)$ и $\epsilon = f(P)$

4.5.2. Вычисление коэффициента бокового давления

Для вычисления коэффициента бокового давления ξ на графике $P_{\text{бок}} = f(P)$ выбирается интервал вертикальных давлений в пределах P' и

P'' , указанных преподавателем (рис. 4.2). После этого коэффициент бокового давления вычисляется по формуле

$$\xi = \frac{\Delta P_{\text{ск}}}{\Delta P} = \frac{P'_{\text{ск}} - P''_{\text{ск}}}{P'' - P'},$$

где P' и P'' — границы выбранного интервала изменения вертикального давления, МПа; $P'_{\text{ск}}$ и $P''_{\text{ск}}$ — соответствующие значения бокового давления, МПа (Δ указывает на то, что берутся приращения соответствующих величин).

4.5.3. Вычисление коэффициента бокового расширения

По вычисленному значению ξ вычисляется коэффициент бокового расширения по формуле

$$\mu_c = \frac{\xi}{1 + \xi}.$$

4.5.4. Вычисление модуля общей деформации

Для заданного интервала давлений P вычисляется модуль общей деформации по формуле

$$E_o = \frac{\Delta P}{\Delta \epsilon} \beta = \frac{P'' - P'}{\epsilon'' - \epsilon'} \left(1 - \frac{2\mu_c}{1 - \mu_c}\right).$$

4.5.5. Составление заключения по результатам испытаний

Заключение по результатам проведенных испытаний состоит из оценки степени сжимаемости грунта. Степень сжимаемости грунта оценивается по величине модуля общей деформации.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие преимущества стабиометра перед олометром?
2. Начертите принципиальную схему стабиометра.
3. Какова цель компрессионных испытаний в стабиометре?
4. Какие характеристики сжимаемости грунта вы знаете?
5. Что такое коэффициент бокового давления? В каких расчетах он может быть использован? Как его определить?
6. Что такое коэффициент бокового расширения? Как можно опытным путем определить его величину?

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГЛИНИСТОГО ГРУНТА СДВИГУ МЕТОДОМ ПРЯМОГО СРЕЗА ОБРАЗЦА

Под сопротивлением грунта сдвигу понимают сопротивление сдвигу одной части грунта по отношению к его

другой части под действием постепенно возрастающей сдвигающей нагрузки, характеризующееся величиной касательного напряжения τ , при котором происходит разрушение (сдвиг) грунта.

Показатели сопротивления грунтов сдвигу (прочностные характеристики грунтов) необходимы для расчета устойчивости оснований сооружений, для оценки устойчивости откосов, для определения давления грунтов на ограждения и подземные сооружения.

Все эти расчеты основаны на теории предельного напряженного состояния грунтов. В предельно напряженном состоянии в грунте образуются местные или общие поверхности взаимного смещения частиц, т.е. преодолевается прочность грунта на сдвиг. Таким образом, характеристикой прочности грунта является сопротивление взаимному смещению частиц (сдвигу) при действии сдвигающих усилий.

Сопротивление грунтов сдвигу τ зависит от величины действующего нормального к плоскости сдвига напряжения P ; графически зависимость $\tau = f(P)$ для глинистого грунта выражается пологой кривой, пересекающей ось ординат (ось τ) на некотором расстоянии от начала координат (рис. 5.1). Обычно кривую аппроксимируют прямой, уравнение которой выражает закон сдвига Ш. Кулона:

$$\tau = P \operatorname{tg} \varphi + c.$$

Параметры этой линейной зависимости φ и c являются прочностными характеристиками грунта, их называют углом внутреннего трения (φ) и удельным сцеплением (c).

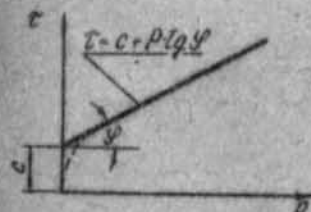


Рис. 5.1. График зависимости сопротивления сдвигу от нормального давления

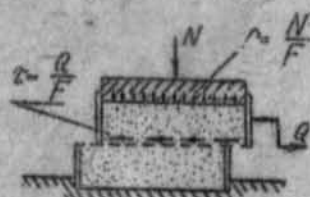


Рис. 5.2. Схема испытания образца грунта на срез в одноплоскостном срезном приборе

Прочностные характеристики φ и c определяются экспериментальным путем в полевых и лабораторных условиях. Лабораторные

испытания проводятся методом среза (в срезных приборах) или методом разламывания при трехосном напряженном состоянии (в стабилометрах).

В практике наибольшее распространение получил способ определения сопротивления сдвигу по результатам испытания образцов грунта на одноплоскостных срезных приборах с фиксированной плоскостью среза (методом прямого среза). В процессе этого испытания производится срез одной части образца относительно другой его части постепенно возрастающей горизонтальной нагрузкой при одновременной передаче на образец грунта нагрузки, нормальной к плоскости среза (рис. 5.2). Испытывается несколько образцов грунта, нагруженных различными по величине вертикальными нагрузками. Полученные данные непосредственно используются для построения графика $\tau = f(p)$ (графика зависимости сопротивления сдвигу от нормального давления). Прочностные характеристики грунта - угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c получают по графику $\tau = f(p)$. При этом величину c определяют как отрезок, отсекаемый прямой $\tau = f(p)$ на оси ординат, а тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс есть тангенс угла внутреннего трения φ .

Определение сопротивления грунтов сдвигу в срезных приборах производится по схемам консолидированного и неконсолидированного среза. Испытания по схеме консолидированного среза применяют для определения сопротивления сдвигу грунтов в условиях стабилизированного состояния. Испытания по схеме неконсолидированного среза применяют для определения сопротивления сдвигу грунтов в условиях нестабилизированного состояния (водонасыщенных суглинков и глин при $S_r \geq 0,85$ и $\lambda > 0,5$).

Целью лабораторной работы № 5 является определение прочностных характеристик грунта методом прямого среза. Испытания проводятся в соответствии с ГОСТ 12245-76 "Грунты. Методы лабораторного определения сопротивления сдвигу".

5.1. Оборудование и материалы

Срезной прибор; прибор предварительного уплотнения; набор гирь; три кольца с грунтом ненарушенной структуры; журнал испытаний.

5.2. Описание срезного прибора

В лаборатории механики грунтов ДВНГ используется одноплоскостной срезной прибор конструкции Маслова - Лурье (модель ПП-30), изображенный на рис. 5.3.

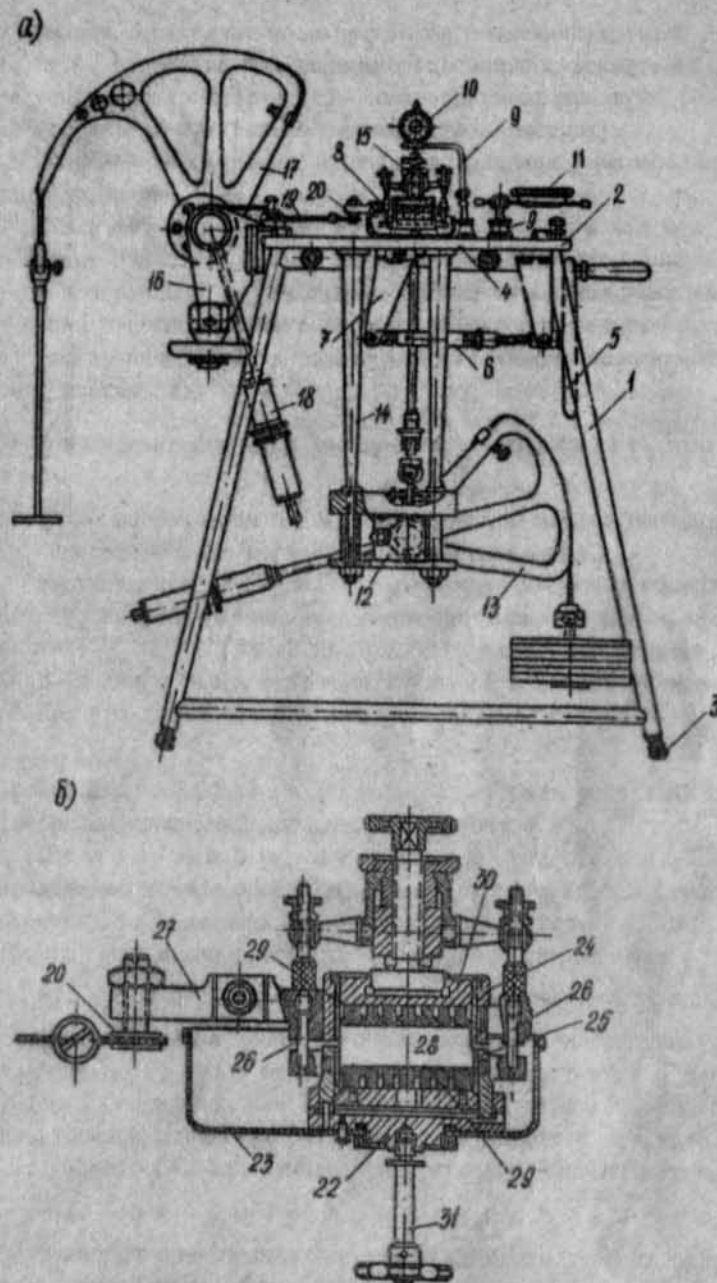


Рис. 5.3. Схема прибора ПП-30: а) - общий вид, б) - срезавшее устройство прибора

Прибор состоит из следующих основных узлов: рабочего столика; срезавателя; загрузочного устройства, обеспечивающего передачу вертикального давления на образец грунта; подъемного устройства; подвижной панели и механизма для передачи на образец горизонтального сдвигающего усилия.

Рабочий столик состоит из сварной станины I и металлической панели 2. Горизонтальная установка панели достигается с помощью установочных винтов 3. Центральная часть панели 4 является подвижной, так как может перемещаться вокруг горизонтальной оси и удерживаться в любом положении при помощи подъемного механизма, состоящего из маховика с винтом 5, трубчатой тяги 6 и кронштейна 7, который соединен с подвижной панелью.

На подвижной панели смонтирован срезаватель 8 и кронштейны 9, на которых укреплены индикаторы IO и II, фиксирующие вертикальные и горизонтальные деформации.

Вертикальное сжимающее давление на грунт передается механизмом, состоящим из ползуна I2, скользящего секторного рычага I3 и рамы I4, имеющей два коромысла, соединенные тягами. В центре верхнего коромысла имеется винт I5, регулирующий положение штампа. В центре нижнего коромысла также имеется винт, которым регулируется положение рамы в вертикальной плоскости. Соотношение плеч рычага I:I0; уравновешивается рычаг противовесом.

Механизм горизонтальной нагрузки крепится на подвижном кронштейне I6. Рычаг горизонтального усилия I7, имеющий форму сектора, уравновешивается противовесом I8. Соотношение плеч рычага I:I0. Рычаг соединяется тросом I9 со скобой 20 срезавателя 8.

Срезаватель прибора (рис. 5.3, б) помещается в специальном гнезде 22 ванны 23 и состоит из двух обойм: верхней 24 и нижней 25, соединенных установочными винтами 26. Нижняя обойма срезавателя неподвижна, верхняя — перемещается под действием горизонтального усилия, передаваемого от рычага через тягу 27. Установочные винты поднимают верхнюю обойму, создавая требуемый зазор для исключения трения между обоймами. Сверху и снизу образца 28 помещаются перфорированные вкладыши 29. На верхнем устанавливается штамп 30. Ванна закрепляется на подвижной панели с помощью винта 31. Диаметр рабочего цилиндра срезавателя $d = 71,4$ мм, площадь $F = 40$ см², высота срезаемого образца $h_2 = 30$ мм.

5.3. Указания к выполнению работы

Испытания проводят путем среза трех образцов грунта при нор-

мальных к плоскости среза давлениях $P_1 = 0,1$; $P_2 = 0,2$; $P_3 = 0,3$ МПа по схеме консолидированного среза.

Подготовленные к испытанию образцы предварительно выдерживаются под давлениями P_1 , P_2 и P_3 в специальном уплотнителе до условной стабилизации деформаций сжатия. За условную стабилизацию деформации принимают ее приращение, не превышающее 0,01 мм за время не менее: для песчаных грунтов — 20 мин; для супесей — 2 ч; для суглинков и глин — 12 ч.

К моменту проведения лабораторных работ образцы уплотнены и находятся в уплотнителе под давлениями P_1 , P_2 и P_3 .

5.4. Проведение испытания

1. Образец грунта вынимают из ванны уплотнителя и переносят в срезаватель прибора. После зарядки срезавателя на верхний перфорированный вкладыш устанавливают штамп. Для измерения вертикальных деформаций на кронштейне укрепляют индикатор.

2. С помощью пресса создают давление на образец, равное давлению уплотнения P_1 . Для этого на подвеску рычага укладываются грузы N , рассчитываемый по формуле

$$N = \frac{P \cdot F - q}{n},$$

где P — заданное удельное давление на образец, кПа; F — площадь сечения образца, м²; q — вес рамы, кН; n — передаточное число рычага загрузочного устройства.

Для получения давлений в 0,1; 0,2 и 0,3 МПа на подвеске необходимо установить гири массой соответственно 3,57; 7,57 и 11,57 кг.

3. Путем одновременного вращения установочных винтов устанавливают зазор (от 0,5 до 1 мм) между верхней и нижней обоймами срезавателя. После установки зазора винты, соединяющие обоймы, вывинчивают до тех пор, пока они не выйдут из своих гнезд в кронштейнах нижней обоймы.

4. На панели рабочего столика на кронштейне укрепляют индикатор в параллельно-сжатом состоянии для замера горизонтальных деформаций, обе стрелки которого ставят на нули.

5. На подвеску рычага горизонтального усилия ступенями прикладывают нагрузку и ведут наблюдения за деформациями сдвига. Ступени нагрузки принимают равными 5,3 величины вертикальной нагрузки N . По индикатору записывают через каждые 2 минуты горизон-

тальные смещения верхней подвижной обоймы δ (в мм). Запись отсчетов и последующую обработку результатов заносят в журнал испытаний.

Каждую ступень горизонтальной нагрузки выдерживают до условной стабилизации деформации среза. За условную стабилизацию деформации принимают скорость ее, не превышающую 0,01 мм/мин.

Испытание считают законченным, если при приложении очередной ступени горизонтальной нагрузки происходит мгновенный срез одной части образца по отношению к другой или общая деформация среза превысит 5 мм.

6. По окончании испытания образца прибор разгружают в следующем порядке: сначала снимают груз с полвески рычага горизонтальной нагрузки; затем снимают груз с полвески рычага вертикальной нагрузки. Такая последовательность исключает срыв верхней обоймы, в результате которого может быть нанесена травма работающему на установке и поврежден прибор.

Прибор тщательно очищают от грунта, промывают, насухо вытирают и смазывают тонким слоем вазелина.

7. Второй и третий образцы испытывают таким же образом, но при давлениях $P_2 = 0,2$ МПа и $P_3 = 0,3$ МПа.

Примечание. Для проведения опыта подгрупка делится на три бригады. Каждая проводит испытание одного из образцов. Обработка результатов производится совместно.

3.5. Обработка результатов

Обработка результатов испытаний включает: вычисление сдвигающих напряжений τ' ; построение графика зависимости деформации сдвига от сдвигающего напряжения $\delta = f(\tau')$; построение графика зависимости сопротивления грунта срезу от нормального давления $\tau = f(P)$; определение прочностных характеристик грунта γ и c ; составление заключения по результатам испытаний.

5.5.1. Вычисление сдвигающих напряжений τ'

Сдвигающие напряжения τ' вычисляют по формуле

$$\tau' = \frac{Q \cdot n}{F},$$

где Q — общий вес груза на полвеске рычага (с учетом половины последней ступени нагрузки), кН; n — передаточное число рычага; F — площадь поперечного сечения образца, м².

Данные вычислений заносят в журнал испытаний.

5.5.2. Построение графика $\delta = f(\tau')$

Для каждого значения давления P , при котором определялось сопротивление грунта срезу, строят график зависимости деформации сдвига δ от сдвигающего напряжения τ' (рис. 5.4). По этому графику находят значение величины сопротивления срезу τ .

Масштабы для построения графика могут быть рекомендованы следующие: для δ (по горизонтали) 1 мм — 20 мм; для τ' (по вертикали) 0,1 МПа — 40 мм.

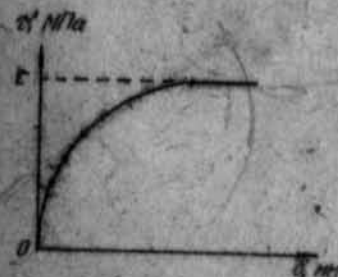


Рис. 6.4. График зависимости деформации сдвига от сдвигающего напряжения

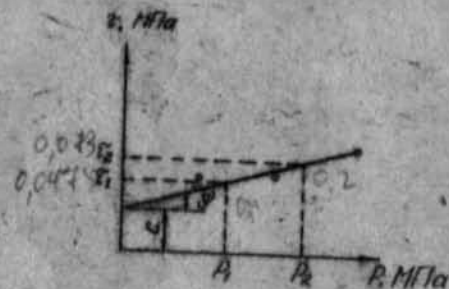


Рис. 5.5. График зависимости сопротивления грунта срезу от нормального давления (график сдвига)

5.5.3. Построение графика $\tau = f(P)$

Для определения γ и c по полученным значениям τ строят график зависимости сопротивления грунта срезу от давления (график сдвига), откладывая по оси абсцисс (рис. 5.5) значения P , а по оси ординат — соответствующие им значения τ . Через нанесенные опытные точки значений τ проводят осредняющую прямую до пересечения с осью ординат.

Масштабы для построения графика $\tau = f(P)$ могут быть рекомендованы следующие: для P (по горизонтали) и для τ (по вертикали) 0,1 МПа — 40 мм.

5.5.4. Определение прочностных характеристик грунта γ и c

По графику $\tau = f(P)$ определяют коэффициент внутреннего трения $\tan \varphi$ и удельное сцепление c . Тангенс угла наклона полученной прямой к оси абсцисс есть тангенс угла внутреннего трения, или коэффициент внутреннего трения:

$$\tan \varphi = \frac{\tau_2 - \tau_1}{P_2 - P_1},$$

где значения величин τ_2 и τ_1 — соответствующие некоторым произвольно выбранным значениям P_2 и P_1 , находят по осредняющей прямой (см. рис. 5.5).

Удельное сцепление C определяют по длине отрезка, отсекаемого графиком $\tau = f(p)$ на оси ординат. Отрезок измеряют с точностью до 0,1 мм, угол φ определяют с точностью до 1°С.

5.5.5. Составление заключения по результатам испытаний

Заключение состоит из определения сопротивления сдвигу исследуемого грунта по закону Кулона

$$\tau = c + p \operatorname{tg} \varphi.$$

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Какие прочностные характеристики грунта Вы знаете?
2. В каких расчетах используются прочностные характеристики грунтов?
3. Как записывается условие предельного сопротивления сдвигу глинистого грунта по Кулону?
4. Начертите принципиальную схему срезного прибора.
5. Расскажите методику определения φ и C методом прямого среза.
6. Какие Вам известны способы определения прочностных характеристик грунтов помимо испытаний в срезных приборах?

МЕХАНИКА ГРУНТОВ, ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
для студентов строительных специальностей ДНПИ

Составил К.З. Игнатиенко

Редактор С.А. Хмелева

Техн. редактор Л.П. Абрамченко

Подписано в печать 17.05.85, формат 60х84/16. Бумага кр. писчая.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,44. Тираж 150 экз.
Заказ 233. Бесплатно

Редационно-издательский отдел ДНПИ, Владивосток, Пушкинская, 10
Фотоофсетная лаборатория ДНПИ, Владивосток, Ленинская, 53