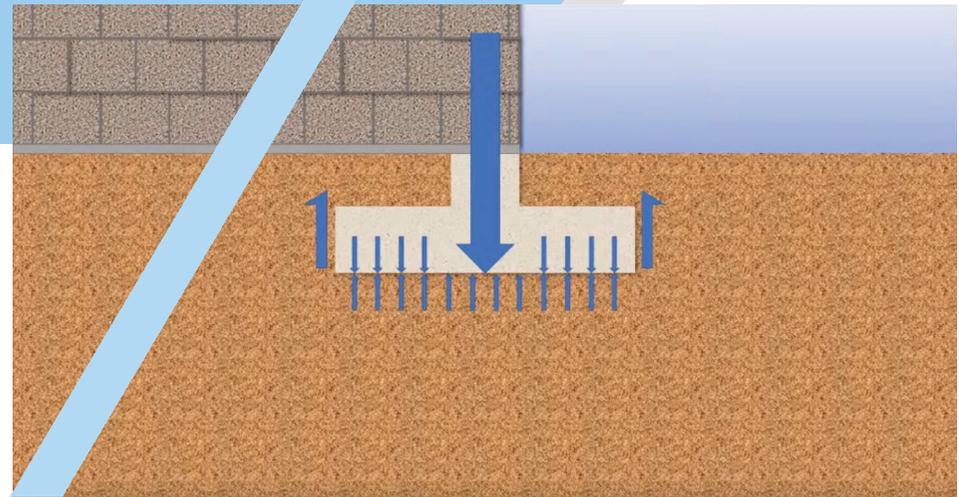


Савельев А.В., Жарницкий В.Я., Смирнов А.П.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Механика грунтов, основания и фундаменты»
для бакалавров направления 35.03.11 «Гидромелиорация»,
направленностей «Проектирование и строительство
гидромелиоративных систем» и «Техника и технологии
гидромелиоративных работ»



ТИПОГРАФИЯ
КОЛОРИТ

ISBN 978-5-907708-23-5



Новочеркасск
Лик
2023

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ – МСХА имени К.А. Тимирязева»**

**ИНСТИТУТ МЕЛИОРАЦИИ, ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И СТРОИТЕЛЬСТВА
имени А.Н. КОСТЯКОВА**

**Кафедра сельскохозяйственного строительства
и экспертизы объектов недвижимости**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Механика грунтов, основания и фундаменты»
для бакалавров направления 35.03.11 «Гидромелиорация»,
направленностей «Проектирование и строительство
гидромелиоративных систем» и «Техника и технологии
гидромелиоративных работ»**

Новочеркасск
Лик
2023

УДК 624.13:624.15(076.5)

ББК 38.58я73

С 127

Составители: Савельев А.В., к.т.н., доцент
Жарницкий В.Я., д.т.н., доцент
Смирнов А.П., к.т.н., доцент

Рецензенты:

Максимов С.А., д.т.н., доцент, зав. отделом мелиорации земель
ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»

Али М.С., к.т.н., доцент, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*Методические указания рассмотрены на заседании кафедры
сельскохозяйственного строительства и экспертизы объектов
недвижимости (29.03.2023 г., протокол № 9).*

**С 127 Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Механика грунтов, основания и фундаменты» для бакалавров направления 35.03.11 «Гидромелиорация», направленностей «Проектирование и строительство гидромелиоративных систем» и «Техника и технологии гидромелиоративных работ» / А.В. Савельев, В.Я. Жарницкий, А.П. Смирнов – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Новочеркасск: Лик, 2023. – 33 с.
ISBN 978-5-907708-23-5**

Методические указания к выполнению лабораторных работ разработаны согласно соответствующим ГОСТам, с учетом отведенного учебным планом времени.

Указания дают возможность студентам подготовиться и провести самостоятельно, без дополнительных пояснений, все лабораторные работы, предусмотренные программой.

УДК 624.13:624.15(076.5)

ББК 38.58я73

ISBN 978-5-907708-23-5

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2023
© Савельев А.В., Жарницкий В.Я.
Смирнов. А.П., 2023

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	4
1. Классификационных показателей песчаных грунтов	5
1.1. Определение гранулометрического состава грунта	5
1.2. Определение коэффициента пористости грунта	6
1.2.1 Плотность грунта	6
1.2.2. Влажность грунта.....	7
1.2.3. Плотность сухого грунта.....	8
1.2.4. Плотность частиц грунта	8
1.2.5. Коэффициент пористости.....	9
1.3. Определение коэффициента водонасыщения	10
2. Определение классификационных показателей глинистых грунтов	11
2.1. Определение числа пластичности грунта	11
2.1.1. Влажность на границе пластичности.....	11
2.1.2. Влажность на границе текучести.....	12
2.2. Определение показателя текучести	14
3. Определение показателей деформируемости грунтов по результатам компрессионных испытаний	15
3.1. Проведение испытаний	16
3.2. Обработка результатов испытаний	18
3.2.1. Определение коэффициента пористости.....	18
3.2.2. Построение компрессионной кривой.....	18
3.2.3. Определение модуля деформации грунта	18
4. Определение показателей просадочности грунтов	20
4.1. Проведение испытаний.....	20
4.2. Обработка результатов испытаний.....	21
4.2.1. Определение относительной просадки.....	22
4.2.2. Построение кривой просадочности.....	22
4.2.3. Определение начального просадочного давления.....	24
5. Определение показателей прочности минеральных грунтов по результатам испытания их образцов в односрезном плоскостном (сдвиговом) приборе	25
5.1. Проведение испытаний.....	26
5.2. Обработка результатов.....	27
5.3. Построение диаграммы предельного сопротивления грунта сдвигу и определение φ и c	28
6. Определение показателей набухаемости глинистого грунта	30
6.1. Проведение испытаний.....	30
6.2. Обработка результатов испытаний.....	31
6.2.1 Относительное набухание.....	31
6.2.2. Влажность грунта W после набухания.....	31
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32

Введение

Нередко сооружения теряют свою эксплуатационную пригодность (разрушаясь полностью или частично, деформируясь вне допустимых пределов и т.п.) не из-за того, что само сооружение или его отдельные конструктивные части недостаточно прочные, а из-за того, что основание оказалось недостаточно прочным или излишне деформируемым. Основание может оказаться недостаточно прочным или излишне деформируемым по ряду причин: из-за ошибок в расчетах оснований и даже из-за нарушений технологии строительства сооружения, в частности при устройстве котлована и подготовке основания, из-за недоброкачественных инженерно-геологических изысканий, из-за недоброкачественного определения показателей физических, физико-химических и физико-механических свойств грунтов. Чтобы сделать основание надежным инженер - строитель должен уметь давать правильную оценку грунтам основания, в частности правильно их классифицировать, уметь определять показатели их свойств. Поэтому в учебном плане и в программе курса «Механика грунтов, основания и фундаменты» предусмотрен ряд лабораторных работ, которые студент в процессе изучения упомянутых курсов обязан выполнить.

Если студент по какой-либо уважительной причине пропустил ту или иную лабораторную работу, предусмотренную программой изучения курса и проводимую в часы, отведенные календарно-тематическим планом и расписанием, то он ее обязан физически отработать в дни и часы, назначаемые кафедрой. В противном случае студент до экзаменов не допускается, как не выполнивший план.

Показатели различных свойств грунтов определяют в соответствии с Государственными стандартами - ГОСТами. Для определения некоторых отдельных показателей требуется несколько часов или несколько суток, и даже несколько недель. В учебном плане такое продолжительное время не предусмотрено. Поэтому в учебных целях лабораторные работы студенты выполняют по упрощенной и сокращенной методике.

1. Классификационных показателей песчаных грунтов

По результатам данной лабораторной работы необходимо определить три классификационных показателя песчаного грунта: гранулометрический состав, коэффициент пористости e и степень влажности S_r . Получив численные значения этих показателей необходимо согласно ГОСТу 25100-2020 определить наименование грунта.

1.1. Определение гранулометрического состава грунта

При классифицировании песчаных грунтов гранулометрический состав необходим для установления типа грунта – наименование песка по крупности составляющих его частиц.

Согласно ГОСТу гранулометрический состав грунта определяют по весовому содержанию (по массе) в нем частиц различной крупности, выраженному в процентах по отношению к массе воздушно-сухой пробы грунта, взятой для анализа. При этом частицы определенных размеров объединяют в группы, именуемые фракциями.

Разделение песчаного грунта на фракции производят просеиванием его сквозь набор сит. Стандартный набор состоит из поддона, сит с размерами 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм и крышки. Сита монтируют в колонну, размещая их от поддона в порядке увеличения размера отверстий. В верхнее сито высыпают заранее отобранную пробу воздушно-сухого грунта массой 500 г и закрывают крышкой. Просеивание производят ручным способом. Полноту просеивания проверяют встряхиванием каждого сита над листом бумаги. Бумага по возможности должна быть светлого цвета.

Сначала проверяют полноту просеивания сквозь верхнее сито. Если при встряхивании сита на лист бумаги выпадают частицы, то их высыпают на следующее сито. Встряхивание продолжают до тех пор, пока на бумагу перестанут падать частицы. Затем крышку надевают на следующее сито и продолжают просеивание. И так проверяют полноту просеивания сквозь все сита.

Фракции частиц, задерживающихся после полного просеивания на каждом сите и прошедшие сквозь последнее (нижнее) сито в поддон, взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г, получая массу каждой фракции.

После определения массы m_f каждой фракции частиц, массы всех фракций суммируют, получая массу m . Если полученная суммарная масса всех фракций частиц m превышает более чем на 1 % массу взятой анализа пробы грунта, то анализ необходимо повторить. Для этого следует отобрать другую (новую) пробу. Если при просеивании произошла потеря грунта, то эту потерю разносят по всем фракциям пропорционально их массе.

Содержание в грунте каждой фракции в процентах по массе вычисляют по формуле

$$A=(m_{\phi}/m)100, \quad (1.1)$$

где A – содержание какой-либо (данной) фракции по массе, %; m_{ϕ} – масса какой-либо фракции, г; m – масса всей пробы, взятой для анализа, г. Результаты анализа следует свести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 Гранулометрический состав грунта

Фракции частиц, мм	<0,1	10...5	5...2	2...1	1..0,5	0,5...0,2	0,25...0,	<0,1
Содержание %								

Для установления типа песчаного грунта в соответствии с ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» (приложение Б) целесообразно составить таблицу 1.2 суммарного процентного содержания частиц в грунте.

Таблица 1.2 Суммарное содержание частиц

Размер частиц, мм	>2	>0,5	>0,25	>0,1
Суммарное содержание частиц, %				

Вывод: песчаный грунт, имеющий ... % частиц крупнее ... мм, согласно ГОСТ «Грунты. Классификация» (приложение Б) относится к ... (гравелистым, крупным, средней крупности, мелким, пылеватым) пескам.

1.2. Определение коэффициента пористости грунта

При классифицировании песчаных грунтов коэффициент пористости e необходим для установления вида грунта – наименование песка по плотности его сложения.

Для определения численного значения коэффициента пористости необходимо иметь численные значения всех трех основных показателей физических свойств грунта: его плотности ρ , влажности W , плотности ρ_s его твердых частиц, кроме того, необходимо иметь численное значение производного показателя – плотности ρ_d сухого грунта.

1.2.1. Плотность грунта

Плотность грунта определяют методом режущего кольца, как отношение массы m образца грунта к его объему V . Режущее грунтоотборочное кольцо должно иметь внутренний диаметр d не менее 70 мм, высота кольца h – более $0,5d$, но не более d . Взяв кольцо, измеряют с точностью 0,1 мм внутренний диаметр и высоту кольца, вычисляют, с точностью до $0,1 \text{ см}^3$, внутренний объем кольца. Объем кольца равен объему V образца грунта. Затем кольцо с двумя пластинками – крышками взвешивают, получая массу m_1 .

На режущее кольцо надевают насадку и плавно, без перекосов вдавливают в грунт и удаляют его с внешней стороны кольца. Затем, сняв насадку, зачищают поверхность грунта и покрывают кольцо пластинкой. Подрезая грунт снизу плоской лопаткой, кольцо с грунтом переворачивают, зачищают поверхность и покрывают второй пластинкой. Грунт, если он прилип с внешней стороны кольца удаляют и кольцо с грунтом и пластинками взвешивают, получая массу m_2 . Плотность грунта ρ , г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho = [(m_2 - m_1) / V] = (m / V), \quad (1.2)$$

где m_2 – масса кольца с грунтом и пластинками, г; m_1 – масса пустого кольца с пластинками, г; V – объем образца грунта в кольце, см³.

Определение плотности грунта целесообразно свести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3. Определение плотности грунта

№№ колец	Высота кольца - высота образца грунта h , см	Внутренний диаметр кольца - диаметр образца грунта d , см	Внутренний объем кольца - объем образца грунта V , см ³	Масса пустого кольца с пластинками m_1 , г	Масса кольца с фунтом и пластинками m_2 , г	Масса фунта $m_2 - m_1 = m$, г	Плотность грунта $\rho = (m/V)$, г/см ³

1.2.2. Влажность грунта

Влажность грунта W определяют методом высушивания его образцов до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре $+ (105 \pm 2)^\circ\text{C}$, как отношение массы m_w воды, удаленной из грунта высушиванием, к массе высушенного грунта (к массе m_s его твердых частиц). Для этого берут заранее высушенный стеклянный или алюминиевый стаканчик с крышкой, взвешивают их, получая массу m_1 , помещают в него пробу (образец) грунта, закрывают крышкой и взвешивают, получая массу m_2 стаканчика с влажным грунтом и крышкой.

Стаканчик открывают и вместе (рядом) с крышкой помещают в уже нагретый сушильный шкаф, в котором они должны находиться в течение 3 часов. Потом их вынимают, охлаждают в эксикаторе и взвешивают. После взвешивания снова помещают в сушильный шкаф и высушивают в течение одного часа, снова взвешивают и помещают в сушильный шкаф. Все последующее высушивание производят в течение 1 часа. И так продолжается до тех пор, пока при двух каких-то последующих взвешиваниях разность масс составит не более 0,02 г. В этом случае фунт считается высушенным, его масса – это масса частиц образца грунта m_s . Последнее взвешивание стаканчика с фунтом и крышкой дает массу m_3 . Разность масс m_2 стаканчика с фунтом и крышкой до высушивания и m_3 после высушивания дает массу m_w

воды, находившейся в образце грунта до высушивания, $m_w = m_2 - m_3$ а разность масс m_3 стаканчика с фунтом и крышкой после высушивания и m_1 пустого стаканчика с крышкой дает массу частиц грунта, $m_s = m_3 - m_1$. Влажность грунта вычисляют по формуле

$$W = [(m_2 - m_3) / (m_3 - m_1)] = (m_w / m_s), \text{ в г/г} \quad (1.2)$$

или

$$W = (m_w / m_s) 100\%, \text{ в}\% \quad (1.3)$$

где m_2 – масса стаканчика с пробой грунта и крышкой, г; m_3 – масса стаканчика с высушенной пробой грунта и крышкой, г; m_1 – масса пустого стаканчика с крышкой, г.

Определение влажности грунта целесообразно свести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4. Определение влажности грунта

№№ стакан- чиков	Масса пустого стакан- чика с крышкой m_1 , г	Масса ста- канчика с влажным грунтом и крышкой m_2 , г	Масса ста- канчика с высушен- ным фун- том и крышкой m_3 , г	Масса воды в грунте $(m_2 - m_3) =$ m_w , г	Масса сухого грунта - частиц грунта $m_3 - m_1 =$ m_s , г	Влаж- ность грунта $W = (m_w /$ $m_s)$, г/г

1.2.3. Плотность сухого грунта

Плотность ρ сухого грунта вычисляют по формуле

$$\rho_d = \rho / (1 + W), \quad (1.4)$$

где ρ – плотность исследуемого грунта, г/см³; W – влажность грунта, г/г.

1.2.4. Плотность частиц грунта

Плотность ρ_s частиц грунта определяют, как отношение массы m_s частиц к их суммарному объему V_s .

Объем V_s и массу m_s частиц грунта определяют с помощью специальной колбы емкостью не менее 100 см³, именуемой пикнометром. Пикнометр взвешивают получая массу m_1 затем в него примерно 1/3 его вместимости наливают дистиллированную воду и взвешивают его, получая массу m_2 . Берут предварительно высушенную до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре + 105°C навеску грунта массой около 15 г на каждые 100 см³ вместимости пикнометра, высыпают ее в пикнометр с водой и взвешивают, получая массу m_3 . Вычитая из массы m_3 (пикнометра с водой и грунтом) массу m_2 (пикнометра с водой) получаем массу m_4 сухого грунта, т. е. массу частиц m_s ($m_4 = m_s = m_3 - m_2$) внесенного в пикнометр грунта. Затем в пикнометр доливают воду до мерной черты на горлышке, а в случае применения пикнометра с капилляром в пробке – до шейки

пикнометра. Пикнометр тщательно вытирают фильтровальной бумагой и взвешивают, получая при этом массу m_5 пикнометра с грунтом и водой, заполненной пикнометр до мерной черты на его горлышке. После этого пикнометр освобождают от грунта и воды, ополаскивают и вливают в него до мерной черты (или до шейки) воду, тщательно вытирают и взвешивают, получая массу m_6 пикнометра полностью заполненного только водой. Тогда не трудно увидеть, что $(m_4 + m_6 - m_5)$ – это масса вытесненной твердыми частицами воды (в объеме твердых частиц, помещенных в пикнометр), а суммарный объем V_s твердых частиц в навеске грунта, помещенного в пикнометр, будет равна $[(m_4 + m_6 - m_5)/\rho_w]$, где ρ_w – плотность воды в г/см^3 .

Следовательно, плотность частиц ρ_s должна быть вычислена по формуле

$$\rho_s = m_4 / [(m_4 + m_6 - m_5)/\rho_w] \quad (1.5)$$

где $m_4 = m_5$ – масса частиц в навеске грунта, помещаемого в пикнометр, г;
 m_6 – масса пикнометра, полностью заполненного только водой, г;
 m_4 – масса пикнометра с навеской грунта и водой, заполненной пикнометр до мерной черты на горлышке, г;
 ρ_w – плотность воды, г/см^3 .

Определение плотности частиц ρ_s целесообразно снести в таблицу 1.5.

Таблица 1.5. Определение плотности частиц

№№ пикнометров	Масса пустого пикнометра m_1 , г	Масса пикнометра + 1/3 воды m_2	Масса пикнометра + 1/3 воды + навеска фунта m_3 , г	Масса сухого грунта $m_4 = m_5 = (m_3 - m_2)$, г	Масса полного пикнометра с водой и фунтом	Масса полного пикнометра с водой m_6 , г	$[(m_4 + m_6) - m_5]$, г	ρ_s г/см^3

1.2.5. Коэффициент пористости

Коэффициент пористости e исследуемого грунта, вычисляют по формуле

$$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d \quad (1.6)$$

где ρ_s – плотность частиц грунта, г/см^3 ; ρ_d – плотность сухого грунта, г/см^3 .

Имея численное значение коэффициента пористости e устанавливают вид песчаного грунта – плотность его сложения.

Вывод: песок ... (гравелистый, крупный, средней крупности, мелкий, пылеватый), имеющий коэффициент пористости e – ..., согласно ГОСТ «Грунты. Классификация» (приложение Б), относится к пескам (плотного, средней плотности, рыхлого) сложения.

1.3. Определение коэффициента водонасыщения

При классифицировании песчаных грунтов коэффициент водонасыщения S_r в соответствии с ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» (приложение Б) необходима для установления одной из его разновидностей, а именно: маловлажные, влажные, насыщенные водой (см. приложение 3). Коэффициент водонасыщения (степень заполнения его пор водой) определяют как отношение имеющейся влажности W грунта к его влажности W_{sat} при полном заполнении пор водой и вычисляют по формуле

$$S_r = (W \cdot \rho_s) / (e \cdot \rho_w), \quad (1.7)$$

где W , ρ_s , e , ρ_w - показатели, названные выше, смотри, например, формулы (1.2), (1.4), (1.6).

Вывод: песок, имеющий степень влажности $S_r = \dots$, согласно ГОСТ, относится к ... (насыщенным водой, влажным, маловлажным).

Итогом данной лабораторной работы должно быть заключение: «Следовательно, исследуемый грунт – песок ... (гравелистый, крупный, средней крупности, мелкий, пылеватый), ... (плотного, средней плотности, рыхлого) сложения, ... (маловлажный, влажный, насыщенный водой)».

2. Определение классификационных показателей глинистых грунтов

По результатам данной лабораторной работы необходимо определить два классификационных показателя глинистого фунта: число пластичности I_p и показатель текучести I_L . Получив численные значения этих показателей необходимо согласно ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» (приложение Б) определить наименование грунта.

2.1. Определение числа пластичности грунта

При классифицировании глинистых грунтов число пластичности I_p необходимо для установления типа грунта – наименование глинистого грунта: супесь, суглинок, глина.

Для определения численного значения числа пластичности необходимо иметь численное значение граничных влажностей: влажности на границе пластичности (W_p) и влажности на границе текучести (W_L).

2.1.1. Влажность на границе пластичности

Влажность на границе пластичности (W_p) определяют методом раскатывания как влажность приготовленной из исследуемого глинистого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут, начинает распадаться на кусочки длиной 3...10 мм при диаметре жгутика, равном 3 мм. Определение (W_p) проводят в нижеследующем порядке. Берут 50 г хорошо растертого воздушного сухого исследуемого глинистого фунта и помещают его в фарфоровую или металлическую чашку, наливают в нее 4...5 граммов воды и тщательно перемешивают. Из приготовленной таким образом пасты берут небольшой кусочек, скатывают его в шарик, диаметром не более 1 см, затем на стеклянной или пластиковой пластинке ладонью раскатывают в жгут. Если же паста, раскатываемая в жгут, распадается на кусочки при его диаметре более 3-х мм, то это означает, что влажность исследуемого грунта не достигла значения W_p .

В этом случае все кусочки пасты возвращают в чашку, доливают в нее 1 грамм воды, тщательно шпателем перемешивают и снова из приготовленной пасты берут кусочек, скатывают его в шарик и раскатывают его в жгут. Если эта паста, раскатываемая в жгут, опять распадается на кусочки при диаметре жгута более 3 мм, кусочки пасты снова возвращают в чашку, доливают 1 грамм воды, тщательно перемешивают и процесс раскатывания повторяют. И так до тех пор, пока паста, раскатываемая в жгут, не будет распадаться на кусочки длиной 3...10 мм при его диаметре в 3 мм. Это будет означать, что влажность исследуемого глинистого грунта достигла граничного значения, равного влажности на границе пластичности W_p .

Численное значение W_p определяют по формуле

$$W_p = \frac{m_{b.c.} + m_w - m_d}{m_d}, \quad (2.1)$$

где $m_{b.c.}$ – масса воздушного сухого грунта, для приготовления пасты, г; m_w – суммарная масса долитой при приготовлении пасты воды, г; m_d – масса сухого грунта, взятого для приготовления пасты, г.

Массу сухого грунта m_d определяют по формуле

$$m_d = \frac{m_{b.c.}}{1 + W_{e.c.}} \quad (2.2)$$

где $m_{b.c.}$ – то же, что и в формуле (2.1.); $W_{e.c.}$ – влажность воздушного сухого грунта, г/г.

Влажность воздушно сухого грунта при выполнении лабораторной работы можно принять равной 5-ти процентам.

Если паста, раскатываемая в жгут, при диаметре 3 мм не распадается на кусочки, а распадается при меньшем диаметре или вообще не распадается, то это означает, что влажность исследуемого грунта превысила влажность, равную влажности на границе пластичности. В этом случае берут новую навеску (в 50 г) воздушно сухого грунта и эксперимент начинают сначала.

2.1.2. Влажность на границе текучести

Влажность на границе текучести (W_L) определяют с помощью специального прибора, именуемого балансирующим конусом (конус Васильева А.М.), как влажность приготовленной из исследуемого глинистого грунта пасты, при которой балансирующий конус погружается в нее под действием собственного веса на глубину 10 мм за 5 секунд. Схема балансирующего конуса показана на рисунке 2.1.

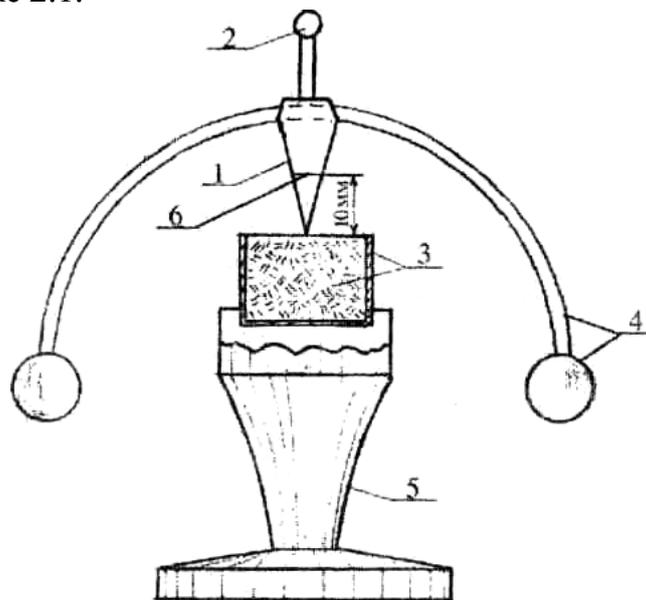


Рисунок 2.1 – Балансирующий конус с общей массой $76 \pm 0/2$ г:
1 – конус с углом при вершине 30° ; 2 – ручка; 3 – стаканчик с грунтом;
4 – балансир; 5 – подставка; 6 – круговая метка (риска), расположенная на расстоянии (высоте) 10 мм от вершины конуса

Определение W_L проводят в нижеследующем порядке. Все кусочки пасты после раскатывания возвращают в чашку, доливают в нее 1 грамм воды и тщательно шпателем перемешивают. Тщательно перемешанную пасту небольшими порциями плотно (без воздушных полостей) укладывают в цилиндрический стаканчик (см. поз. 3 рис. 2.1).

Поверхность пасты заглаживают (выравнивают) шпателем вровень с краями стаканчика и устанавливают его на подставку (см. поз. 5 рис. 2.1) затем берут балансный конус (см. поз. 1 и 4 рис. 2.1) подводят его к центру поверхности пасты так, чтобы его острие касалось пасты, и плавно отпускают.

Если балансирный конус под действием собственного веса через 5 секунд погрузится в пасту на глубину 10 мм (до круговой риски, см. поз. 6 рис. 2.1) то это будет означать, что влажность исследуемого глинистого грунта достигла граничного значения, равного влажности на границе текучести – W_L .

Если балансирный корпус через 5 секунд погрузится на глубину менее 10 мм, то это означает, что влажность исследуемого грунта не достигла значения влажности на границе текучести – W_L . В этом случае грунттовую пасту извлекают из стаканчика, возвращают в чашку, доливают в нее 1 грамм воды и тщательно шпателем перемешивают с оставшейся в чашке пастой. Далее повторяют все, те же, операции. И так до тех пор, пока конус не будет погружаться в пасту через 5 секунд на глубину 10 мм. Это будет означать, что влажность исследуемого глинистого грунта достигла граничного значения, равного влажности на границе текучести – W_L . Численное значение W_L определяют по формуле (2.1), в которой m_w – суммарная масса воды долитой в пасту при определении W_p и добавленная в пасту после, при определении W_L .

Если балансирный корпус через 5 секунд (или ранее) погрузится на глубину более 10 мм, то это означает, что влажность исследуемого грунта превысила влажность, равную влажности на границе текучести. В этом случае берут новую навеску (50 г) воздушно сухого грунта, помещают его в чашку и наливают в нее воду в количестве, равном по массе количеству воды, долитой в грунт при определении влажности W_p . Далее эксперимент продолжают в порядке, изложенном выше.

Имея численные значения граничных влажностей W_L и W_p , определяют число пластичности по формуле

$$I_p = W_L - W_p, \quad (2.3)$$

где W_L – влажность на границе текучести, %; W_p – влажность на границе пластичности, %.

Вывод: глинистый грунт, имеющий $I_p = \dots$, согласно ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация» (приложение Б) относится к ... (глинам, суглинкам, супесям).

2.2. Определение показателя текучести

Показатель текучести I_L определяют по формуле

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} \quad (2.4)$$

где W – влажность исследуемого грунта; W_p и W_L – то же, что и в формуле (2.3).

Вывод: ... (глина, суглинок, супесь), имеющая(ий) показатель текучести $I_L = \dots$, согласно ГОСТ25100-2020 «Грунты. Классификация» (приложение Б) относится к ... (твердым, пластичным, текучим и т.п.).

Итогом данной лабораторной работы должно быть заключение: «Исследуемый грунт – (глина, суглинок, супесь) ... (твердая, пластичная, текучая и т.п.)».

3. Определение показателей деформируемости грунтов по результатам компрессионных испытаний

По результатам данной лабораторной работы необходимо построить компрессионную кривую – зависимость коэффициента пористости e от уплотняющего давления P , $e = f(P)$ (ветвь уплотнения и ветвь разуплотнения). Построив компрессионную кривую необходимо по ветви уплотнения определить модуль деформации грунта E .

Компрессионные испытания производят в компрессионных приборах – одометрах. Принципиальная схема компрессионного прибора – одометра показана на рисунке 3.1. В одометре испытуемый образец грунта подвергается нагружению силой F_w (кН) с помощью рычажного устройства, создающего под штампом 9 уплотняющее (сжимающее) давление P (кПа). Благодаря большой жесткости грунтоотборочного кольца 2 и обоймы 3 образец грунта не имеет возможности бокового расширения, он только уплотняется (сжимается), т.е. имеет только вертикальную деформацию Δh_i .

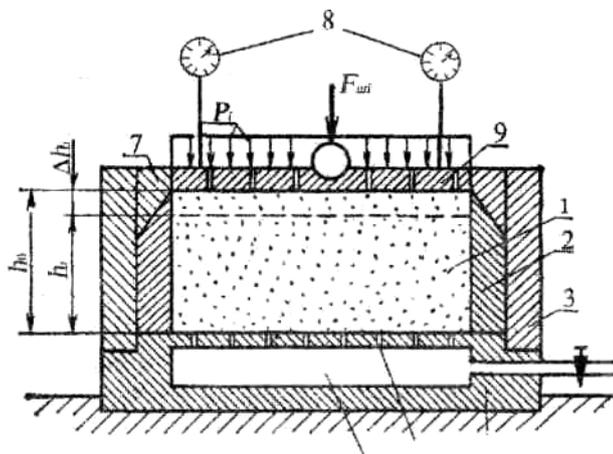


Рисунок 3.1 – Принципиальная схема компрессионного прибора (одометра):

- 1 – испытуемый образец грунта; 2 – жесткое грунтоотборочное кольцо;
- 3 –обойма-корпус; 4 – поддон; 5 – перфорированный верх; 6 – полость для сбора и отвода отжимаемой воды; 7 – направляющее кольцо;
- 8 – индикаторы часового типа; 9 – перфорированный штамп;
- F_{wi} – сила создающая уплотняющее (сжимающее) давление P_i ;
- h – высота (толщина) образца до нагружения;
- h_i – высота (толщина) образца после нагружения;
- Δh_i – вертикальная деформация (уплотнение) образца после нагружения его уплотняющим давлением P_i

Площадь испытуемого образца в грунтоотборочном кольце 2 $A = 60 \text{ см}^2$, высота грунтоотборочного кольца, а следовательно, и толщина испытуемого образца до нагружения $h_0 = 3,7 \text{ см}$. Соотношение плеч рычага 1:10. Вертикальную деформацию (уплотнение) образца Δh_i фиксируют (замеряют) с помощью индикаторов часового типа 8 с точностью до 0,001 см.

Уплотнение образца Δhi , см	...								
Коэффициент пористости e_i									
Модуль деформации в интервале от $P=0$ до P_i , кПа	—								
Модуль деформации в интервале от P_i до $P_{(i+1)}$, кПа $P_{(i+1)}$, кПа									

4. Через пять минут после установки груза M_1 снимают с индикаторов отсчеты и записывают в таблице лабораторного журнала, а на подвеску рычажного устройства устанавливают груз (с добавлением гирь) M_1 массой, соответствующей второй ступени уплотняющего давления $P_2 = 200$ кПа. Время установки груза M_2 фиксируют в таблице лабораторного журнала.

5. Через пять минут после установки груза M_3 снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице лабораторного журнала, а на подвеску рычажного устройства устанавливают (добавлением гирь) груз M_3 массой, соответствующей третьей ступени уплотняющего давления $P_3 = 300$ кПа. Время установки груза M_3 фиксируют в таблице журнала.

6. Через пять минут после установки груза M_3 снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице журнала, а на подвеску рычажного устройства устанавливают (добавлением гирь) груз M_4 массой, соответствующей четвертой ступени уплотняющего давления $P_4 = 400$ кПа. Время установки груза M_4 фиксируют в таблице журнала.

7. Через пять минут после установки груза M_4 снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице журнала, а с подвески рычажного устройства снимают часть груза, так, чтобы на подвеске остался груз, равный M_3 массой, соответствующей уплотняющему давлению $P_3 = 300$ кПа. Время снятия с подвески части груза фиксируют в таблице журнала.

8. Через пять минут после снятия с подвески части груза снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице журнала. Затем снимают с подвески еще часть груза, так, чтобы на подвеске остался груз, равный M_2 массой, соответствующей уплотняющему давлению $P_2 = 200$ кПа. Время снятия с подвески этой части груза также фиксируют в таблице журнала.

9. Через пять минут после снятия с подвески части груза снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице журнала. Затем снимают с подвески еще часть груза, так, чтобы на подвеске остался груз, равный M_1 массой, соответствующей уплотняющему давлению $P_1 = 100$ кПа. Время снятия с подвески этой части груза также фиксируют в таблице журнала.

10. Через пять минут снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице журнала. Затем снимают с подвески оставшуюся на ней часть груза. Таким образом, уплотняющее давление становится равным нулю $P = 0$, т.е. испытуемый образец грунта полностью разгружен.

11. Через пятнадцать минут после полной разгрузки образца грунта, снимают с индикаторов отсчет и записывают их в таблице журнала.

3.2. Обработка результатов испытаний

3.2.1. Определение коэффициента пористости

Коэффициент пористости e_i образца испытываемого грунта при i -ой ступени уплотняющего давления P_i определяют по формуле

$$e_i = e_0 - \Delta h_i / h_0 (1 + e_0) \quad (3.6)$$

где e_0 – коэффициент пористости образца испытываемого грунта до нагружения (при $P_i = 0$); h_0 – толщина образца грунта до нагружения, $h_0 = 3,7$ см; Δh_i – уплотнение (сжатие) образца при i -ой ступени P_i уплотняющего давления.

Коэффициент пористости e_0 образца испытываемого грунта до нагружения определяют по формуле

$$E_0 = (P_s - P_{d.0}) / P_{d.0} \quad (3.7)$$

где P_s – плотность частиц испытываемого грунта, т/м³; $P_{d.0}$ – плотность сухого испытываемого грунта, т/м³.

Плотность сухого грунта определяют по формуле

$$P_{d.0} = p_0 / (1 + W_0) \quad (3.8)$$

где P_0 – плотность грунта (образца в приборе) до нагружения, т/м³; W_0 – влажность грунта до нагружения, т/т.

3.2.2. Построение компрессионной кривой

Компрессионную кривую (ветвь уплотнения и ветвь разуплотнения – разгрузки) строят в прямоугольных (декартовых) координатах. По оси абсцисс откладывают, приняв соответствующий масштаб, уплотняющее давление P_i , в кПа, по оси ординат – коэффициент пористости e . При этом, численное значение коэффициента пористости от оси абсцисс откладывают, начиная не с нуля, а с значения коэффициента (в рассматриваемом случае), близкого к численному значению при $P_i = 400$ кПа.

Типичная компрессионная кривая показана на рисунке 3.2.

3.2.3. Определение модуля деформации грунта

Модуль деформации грунта E (кПа) в интервале уплотняющих давлений от P_i до P_{i+1} определяют по формуле

$$E = \beta \cdot [(P_{i+1} - P_i)(1 + e_i)] / (e_i - e_{i+1}) \quad (3.9)$$

где β – коэффициент, учитывающий возможное боковое расширение грунта в основании фундаментов; P_{i+1} – $(i+1)$ -ая ступень (см. рис. 3.2) уплотняющего давления, кПа; P_i – предыдущая ступень (см. рис. 3.2) уплотняющего давления, кПа; e_i – коэффициент пористости грунта

при P_i ступени уплотняющего давления; e_{i+1} – коэффициент пористости грунта при P_{i+1} ступени уплотняющего давления.

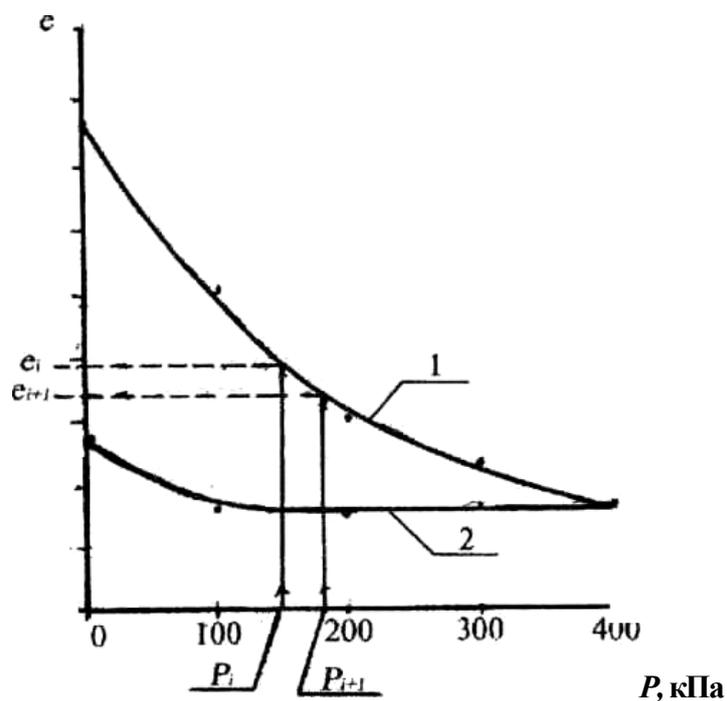


Рисунок 3.2. Типичная компрессионная кривая:
1 – ветвь уплотнения; 2 – ветвь разуплотнения

Коэффициент β определяют по формуле

$$\beta = 1 - [2v^2 / (1 - v)], \quad (3.10)$$

где v – коэффициент поперечного (бокового) расширения (коэффициент Пуассона).

4. Определение показателей просадочности грунтов

По результатам данной лабораторной работы необходимо построить кривую просадочности – зависимость относительной просадки ε_{sl} от уплотняющего давления P , $\varepsilon_{sl} = f(P)$ и определить начальное просадочное давление P_{st} .

Для графического построения зависимости $\varepsilon_{sl} = f(P)$ должно быть испытано четыре образца, взятых (вырезанных) из одного монолита. Каждый образец грунта испытывается при своем заданном уплотняющем давлении P .

Испытание лессовых грунтов на просадочность производят в компрессионном приборе, принципиальная схема которого показано на рисунке 2 и дополнительно на рисунке 4.1.

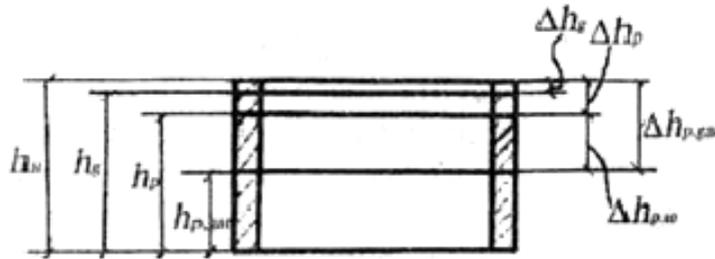


Рисунок 4.1. Схема образца грунта, испытываемого на просадочность, в компрессионном приборе:

h_w – начальная высота (толщина) образца; Δh_g – уплотнение образца давлением P_g , равному природному напряжению; h_g – высота образца после уплотнения давлением P_g ; Δh_p – уплотнение образца заданным (расчетным) давлением P_p ; h_p – высота образца после уплотнения давлением ($P_p > P_g$); $\Delta h_{p, sat}$ – полное (суммарное) уплотнение образца давлением P_p после увлажнения; $\Delta h_{p, w}$ – уплотнение образца только за счет увлажнения (действия воды) грунта – соответственно просадке грунта при давлении P_p .

4.1. Проведение испытаний

К началу испытаний прибор собран и испытываемый образец лессового грунта в грунтоотборочном кольце помещен в обойму корпуса прибора. Испытание проводят в нижеследующей последовательности.

1. Проверяют правильность запасовки тросиков нагружающего рычажного устройства.

2. Устанавливают индикаторы часового типа «на ноль».

3. На подвеску рычажного устройства плавно, без толчков и ударов устанавливают груз (гирю) массой M_g (кг), соответствующей природному напряжению P_g (кПа) на глубине взятия образцов (монолитов) грунта для испытаний. Монолиты для данной лабораторной работы отобраны (взяты) с глубины 3,5 м, что соответствует природному напряжению $P_g = 50$ кПа.

Время (момент) установки груза фиксируют в таблице лабораторного журнала. Форма таблицы лабораторного журнала приведена в таблице 4.1.

4. Через пять минут после установки груза M_g снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице (см. табл. 4.1) лабораторного журнала, а на подвеску рычажного устройства устанавливают груз (добавлением гирь) массой M_p , соответствующей заданному (расчетному) уплотняющему давлению P . Время установки груза M_p фиксируют в таблице журнала (см. табл. 4.1).

5. Через пять минут после установки груза M_p снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице журнала (см. табл. 4.1).

6. Сразу же после снятия отсчетов с индикаторов испытуемый образец грунта увлажняют до практически полного водонасыщения.

7. Через 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 минут от начала увлажнения образца испытуемого грунта снимают с индикаторов отсчеты и записывают их в таблице лабораторного журнала (см. табл. 4.2).

8. Через 60 минут от начала замачивания образца грунта условно (в данной лабораторной работе) считают просадку законченной.

4.2. Обработка результатов испытаний

Обработка результатов испытаний сводится в таблицу 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1* – Результаты определения уплотнения образцов грунта уплотняющими давлениями P_g и P_p .

Индекс	P	M	t	i_1	i_2	i_{cp}	$\Delta h, \text{ см}$	$h, \text{ см}$
$g \rightarrow$	P_g	M_g					Δh_g	h_g
$P \rightarrow$	P_p	M_p					Δh_p	h_p

* В этой таблице:

1) g и P – индексы, обозначающие, соответственно, принадлежность P , M , t , i , Δh , и h к природному и заданному (расчетному) давлениям; P_g – уплотняющее природное давление, равное природному напряжению на глубине отбора монолитов испытуемого грунта, кПа; M_g – груз на подвеске рычажного устройства компрессионного прибора, соответствующий P_g кг; P_p и M_p – заданное (расчетное) уплотняющее давление (в кПа) и соответствующий ему груз на подвеске (в кг); t – время установки груза на подвеску (в час, мин.); i_1 , i_2 и i_{cp} – отсчеты по первому, соответственно, по второму индикаторам и средний, см; Δh – уплотнение образца фунта, см; h – высота образца грунта, см;

2) Если индекаторы имеют миллиметровую шкалу (которая меньше диаметром) только черного цвета, то начальным отсчетом является $i_n = 1,000$ см, а уплотнение Δh образца грунта следует определять по формуле

$$\Delta h = i_n - i_{cp} = 1,000 - i_{cp} \quad (4.2)$$

Если индикаторы имеют шкалы красного цвета, то начальным отсчетом является $i_n = 0,000$ см, а уплотнение Δh образца грунта следует определять по формуле

$$\Delta h = i_{cp} - i_n - i_{cp} - 0,000 = i_{cp} \quad (4.3)$$

3) Высоту образца h_g и h_p определяют по формуле

$$h = h_n - \Delta h, \quad (4.4)$$

где h_n – начальная высота образца, $h_n = 3,7$ см; $\Delta h = \Delta h_g$ или $\Delta h = \Delta h_p$ – уплотнение образца, соответственно при давлении P_g и P_p , см.

Таблица 4.2* – Результаты определения просадки ε_{se} грунта в результате его увлажнения (замачивания) под заданным (расчетным) уплотняющим давлением P_p .

t , мин.	5	10	15	20	30	40	50	60
i_1 , см								
i_2 , см								
i_{cp} , см								
$\Delta h_{p, sat}$, см								
$h_{p, sat}$, см								
ε_{sb} см/см								

* В этой таблице: t – время от начала замачивания грунта; i_1, i_2 – соответственно отсчеты по первому индикатору, по второму индикатору; i_{cp} – средний отсчет; $\Delta h_{p, sat} = 1,000 - i_{cp}$ или $= i_{cp} - 0,000$ (см. примечание к таблице 4.1.) – уплотнение образца грунта давлением P_p после увлажнения (замачивания); ε_{se} – относительная просадка испытываемого грунта

4.2.1. Определение относительной просадки

Относительную просадку ε_{sl} (в см/см) определяют по формуле

$$\varepsilon_{sl} = [(h_p - h_{p, sat}) / h_g], \quad (4.5)$$

где h_p – высота образца грунта после полного его уплотнения заданным (расчетным) давлением $P_p > P_g$ при природной влажности (см. табл. 4.1), $h_{p, sat}$ – высота образца грунта (см. табл. 4.2), уплотненного, заданным (расчетным) давлением P_p после увлажнения (замачивания), см; h_g – высота образца грунта (см. табл. 4.1) при природной влажности после полного его уплотнения давлением, равным природному давлению (напряжению) P_g , см.

4.2.2. Построение кривой просадочности

По данным таблицы 4.2. сначала следует построить в прямоугольных (декартовых) координатах зависимость относительной просадки ε_{sl} от времени t , $\varepsilon_{sl} = f(t)$ При заданном (расчетном) давлении P_p . Время от начала замачивания откладывают по оси абсцисс, относительную просадку ε_{sl} – по оси ординат.

Типичная зависимость $\varepsilon_{st} = f(t)$ при $P = \text{const}$ показана на рисунке 4.3. По этой зависимости условно определяют конечную (при $t = \infty$) относительную просадку $\varepsilon_{sl\infty}$.

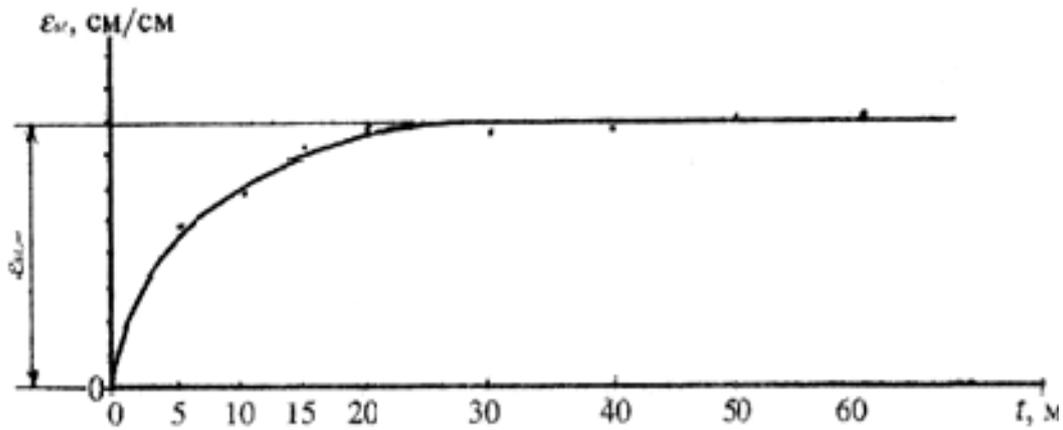


Рисунок 4.3. Типичная зависимость относительной просадки (ϵ_{st}) от времени (t) замачивания образца грунта под нагрузкой $P_0 = \text{const}$; ϵ_{st} – конечная относительная просадка (при $t = \infty$)

По данным таблицы 4.2 и рисунка 4.3, имея результаты испытаний 4-х образцов (каждый образец испытывается при своем заданном численном значении P_p) необходимо построить в прямоугольных координатах зависимость конечной относительной просадки $\epsilon_{st\infty}$ испытуемого грунта от заданного (расчетного) давления P_p . Типичная зависимость $\epsilon_{st\infty} = f(P)$ – кривая просадочности показана на рисунке 4.4.

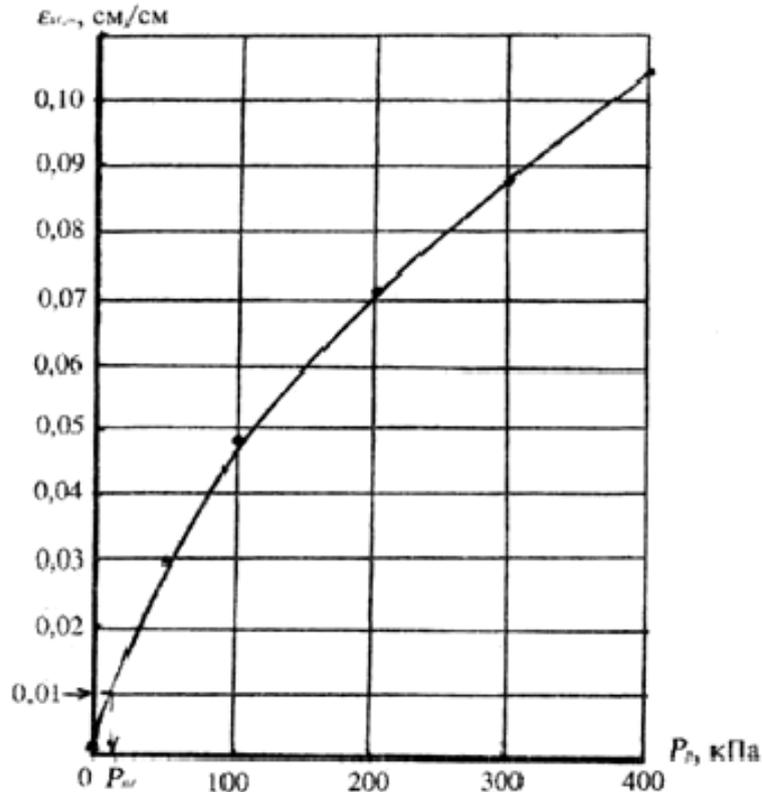


Рисунок 4.4. Типичная зависимость конечной просадки ($\epsilon_{st\infty}$) от заданного (расчетного) давления P_p (по Н.Н. Фролову); P_{s1} – начальное просадочное давление

4.2.3. Определение начального просадочного давления

Начальное просадочное давление P_{sl} определяют по кривой просадочности (см. рис. 6). Для этого от оси ординат при $\varepsilon_{sl\infty} = 0,01$ см/см проводят прямую линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с кривой просадочности, а от точки пересечения проводят вертикальную прямую линию до пересечения ее с осью абсцисс. Эта точка пересечения показывает численное значение начального просадочного давления P_{sl} (см. рис. 6)

5. Определение показателей прочности минеральных грунтов по результатам испытания их образцов в односрезном плоскостном (сдвиговом) приборе

По результатам данной лабораторной работы необходимо построить диаграмму предельного сопротивления грунта сдвигу и по ней определить показатели прочности грунта: угол внутреннего трения φ (в град.) и удельное сцепление C (в кПа). Для построения диаграммы предельного сопротивления грунта сдвигу необходимо испытать его образцы при трех уплотняющих (нормальных) давлениях $P = 100$, $P = 200$ и $P = 300$ кПа.

Принципиальная схема односрезного плоскостного прибора – прибора прямого сдвига показана на рисунке 5.1.

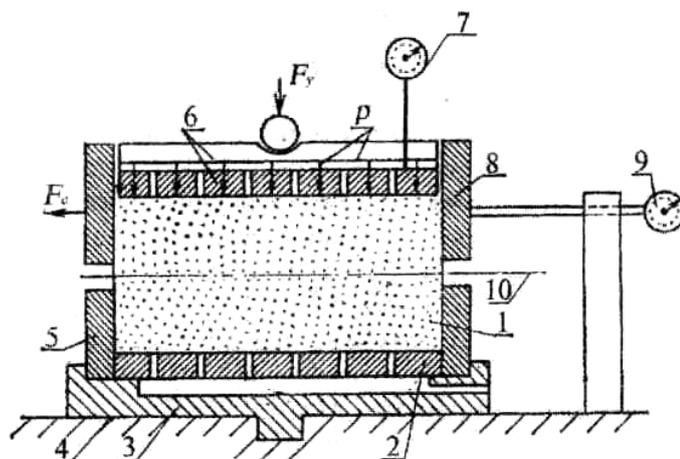


Рисунок 5.1. Принципиальная схема односрезного плоскостного прибора прямого сдвига:

- 1 – образец грунта; 2 – фильтр; 3 – поддон; 4 – станина;
 5 – неподвижное кольцо-обойма; 6 – фильтр-штамп; 7 – индикатор для замера вертикальных деформаций; 8 – подвижное кольцо-обойма;
 9 – индикатор для замера сдвиговых деформаций; 10 – плоскость сдвига;
 F_y – уплотняющая сила; F_c – сдвигающая сила;
 P – уплотняющее давление

В сдвиговом приборе уплотняющая F_y и сдвигающая F_c силы передаются на испытуемый образец грунта с помощью рычажных устройств. Соотношение плеч рычагов обоих устройств 1:10. Площадь испытуемого образца $A = 40 \text{ см}^2$. С помощью индикатора 9 измеряют сдвиговую деформацию, а с помощью индикатора 7 измеряют вертикальную деформацию испытуемого образца.

Чтобы создать под штампом 6, имеющем площадь, равную площади образца A (м^2), уплотняющее давление P (кПа = $\text{кН}/\text{м}^2$) необходимо приложить к нему уплотняющую силу F_y (кН),

$$F_y = AP, \quad (5.1)$$

Для этого, учитывая формулу (5.1) и соотношение плеч рычага 1:10, на

подвеске рычажного устройства, создающего уплотняющее давление P , должен быть установлен груз (гири) массой M_y ,

$$M_y = (0,1F_y)/g = (0,1 A.P)/g \quad (5.2)$$

где g – ускорение свободного падения тела, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

В расчетах оснований и фундаментов допускается принимать значение $g = 10 \text{ м/с}^2$. Тогда, имея площадь образца испытываемого грунта $A = 40 \text{ см}^2 = 0,004 \text{ м}^2$, и учитывая формулы (5.1) и (5.2),

$$M_y = 0,00004P, \text{т} \quad (5.3)$$

или

$$M_y = 0,04P, \text{кг}. \quad (5.4)$$

Чтобы создать какую-либо сдвигающую силу F_c (кН), прикладываемую к подвижному кольцу 8, учитывая соотношение плеч рычагов 1:10, на подвеску рычажного устройства, создающего сдвигающую силу F_c , должен быть установлен груз (гири) массой M_c (т).

$$M_c = [(0,1F_c)/g] = (0,01F_c) \text{ в т} \quad (5.5)$$

или

$$M_c = (10 F_c) \text{ в кг}. \quad (5.6)$$

Сдвигающая сила F_c передается на подвижное (верхнее) кольцо 8 ступенями. Первая ступень сдвигающей силы F_c должна составлять $0,05F_y$, вторая $0,1F_y$, третья $0,15F_y$, четвертая $0,2F_y$ и т.д. с добавлением к каждой последующей ступени по $0,05F_y$ до окончания сдвига.

Следовательно, согласно формуле (5.6), на подвеску рычажного устройства, создающего сдвигающую силу F_c (в кН), с учетом формул (5.1)...(5.4), должны быть, соответственно, установлены грузы (гири) массой в кг: для первой ступени $F_c - M_{c1} = 0,002P$; для второй – $M_{c2} = 0,004P$; для третьей – $M_{c3} = 0,006P$; для четвертой – $M_{c4} = 0,008P$ и т.д. с добавлением для каждой последующей ступени по $0,002P$ (здесь везде P в кПа).

5.1. Проведение испытаний

К началу испытаний прибор собран, испытываемый образец грунта находится в кольцах-обоймах 5 и 8, на него передано уплотняющее давление P (кПа). Испытание проводят в нижеследующей последовательности.

1. Проверяют зазор между верхним (8) и нижним (5) кольцами, он должен составлять $0,5... 1 \text{ мм}$.

2. Проверяют правильность запасовки тросиков рычажного устройства, создающего сдвигающую силу F_c .

3. Устанавливают индикаторы часового типа «на ноль».

4. На подвеску рычажного устройства, создающего сдвигающую силу (назовем это рычажное устройство «сдвигающим»), устанавливают, плавно без толчков, груз (гирию) в килограммах массой $M_{c1} = 0,002P$ (P здесь в кПа).

5. Через пять минут после установки груза M_{c1} снимают с индикатора 9 (см. рис. 7) отсчет и записывают его в таблице (см. табл. 5.1) лабораторного журнала, а на подвеску сдвигающего рычажного устройства устанавливают

груз (добавлением гирь) M_{c2} . Время установки груза M_{c2} фиксируют в таблице 5.1.

6. Через пять минут после установки груза M_{c2} снимают с индикатора 9 отсчет и записывают его в таблице 5.1, а на подвеску сдвигающего рычажного устройства устанавливают груз (добавлением гирь) M_{c3} . Время установки груза M_{c3} фиксируют в таблице 5.1.

7. Далее все в этой же последовательности, как в пп. 5, 6, до тех пор, пока не произойдет срез.

8. Испытание считают законченным, если при приложении очередной ступени сдвигающей силы F_c (установки очередной ступени груза на подвеску сдвигающего рычажного устройства) верхняя часть (в подвижном кольце 8) образца «мгновенно» сдвинется (срежется) относительно нижней части образца (в неподвижном кольце 5) или, если общая сдвиговая деформация X достигнет 5 мм.

Таблица 5.1 – Результаты испытаний образца грунта на сдвиг

$P=$ кПа						
Шифр сдвигающего груза M_c	M_{c1}	M_{c2}	M_{c3}	M_{cn}
Масса груза M_c , кг						
Время T установки груза, час, мин.						
Отсчет по индикатору 9 (см. рис. 7), мм						
Сдвиговая деформация λ , мм						
Сдвигающая сила F_c , кН						
Касательное напряжение τ' (в кПа) в плоскости сдвига 10 (см. рис. 7)						

5.2. Обработка результатов

Сдвигающую силу следует определять по формуле

$$F_c = 0,1M_c \quad (5.7)$$

где F_c – сдвигающая сила, кН; M_c – масса груза на подвеске сдвигающего рычажного устройства, кг.

Касательное напряжение, возникающее в плоскости среза 10 (см. рис. 5.1) определяют по формуле

$$\tau' = (F_c / A) \quad (5.8)$$

где τ' – касательное напряжение, кПа; F_c – сдвигающая сила, кН;

A – площадь сечения образца грунта, м².

Площадь сечения образца, как указано выше $A = 40 \text{ см} = 0,004 \text{ м}^2$.

Следовательно, касательное напряжение $\tau' = (F_c / 0,004) = 250F_c$, а учитывая формулу (5.7) получим

$$\tau' = 25M_c \quad (5.9)$$

5.3. Построение диаграммы предельного сопротивления грунта сдвигу и определение φ и c

По данным таблицы 5.1 необходимо построить зависимость сдвиговой деформации λ от созданного в образце по плоскости сдвига 10 (см. рис. 5.1) касательного напряжения τ' , $\lambda = f(\tau')$. При этом, касательные напряжения τ' необходимо откладывать по оси ординат, а сдвиговую деформацию λ – по оси абсцисс. Типичные зависимости $\lambda = f(\tau')$ показаны на рисунке 5.2.

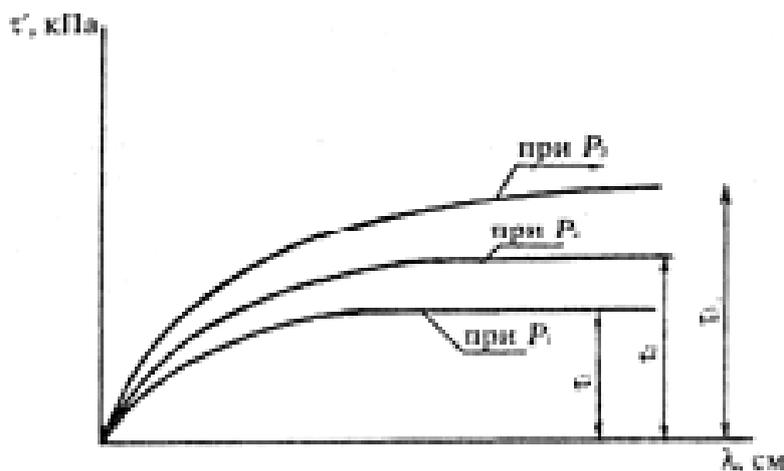


Рисунок 5.2. Типичные зависимости сдвиговой деформации λ от касательных напряжений τ' : P_1, P_2, P_3 – уплотняющие давления; τ_1, τ_2, τ_3 – предельные касательные напряжения (предельные сопротивления грунта сдвигу) соответствующие P_1, P_2, P_3

Если после приложения какой-то очередной ступени сдвигающей силы Fc происходит «мгновенный» срез, то за предельное сопротивление грунта сдвигу следует принять касательное напряжение, соответствующее этой силе. При этом касательном напряжении кривая $\lambda = f(\tau')$ идет параллельно оси абсцисс. Если мгновенный срез не происходит и кривая $\lambda = f(\tau')$ не переходит в прямую линию, параллельную оси абсцисс, то за предельное сопротивление грунта сдвигу следует принять касательное напряжение τ' , при котором сдвиговая деформация λ будет составлять 5 мм.

Получив по зависимости $\lambda = f(\tau')$ предельное касательное напряжение x – предельное сопротивление грунта сдвигу – при различных уплотняющих давлениях P строят диаграмму предельного сопротивления сдвигу. Типичная диаграмма показана на рисунке 5.3. При построении диаграммы уплотняющее давление P откладывают по оси абсцисс, а предельные касательные напряжения τ' – по оси ординат. При этом, масштаб P и τ' должен быть один и тот же. Через полученные точки следует провести прямую линию, которая и будет являться диаграммой предельного сопротивления грунта сдвигу. Отрезок, отсекаемый этой прямой на оси ординат, будет показывать удельное сцепление C , а угол наклона этой прямой к оси абсцисс – угол внутреннего трения φ^0 (см. рис. 5.3).

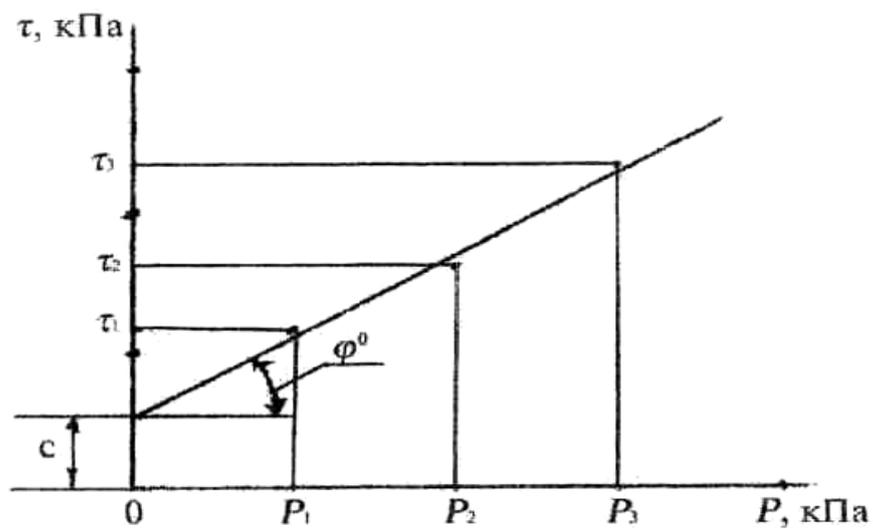


Рисунок 9 – Типичная диаграмма предельного сопротивления грунта сдвигу – $\tau = f(P)$:

c – удельное сцепление грунта;

φ – угол внутреннего трения грунта

6. Определение показателей набухаемости глинистого грунта

По результатам данной лабораторной работы необходимо: построить зависимость показателя свободного набухания ε_{SW} от времени набухания t ; определить максимальное численное значение показателя свободного набухания $\varepsilon_{SW,max}$ и влажность грунта W после набухания.

Показатели набухаемости при свободном набухании определяют по результатам испытания образцов грунта в приборе свободного набухания грунтов (ПНГ), принципиальная схема которого показана на рисунок 6.1.

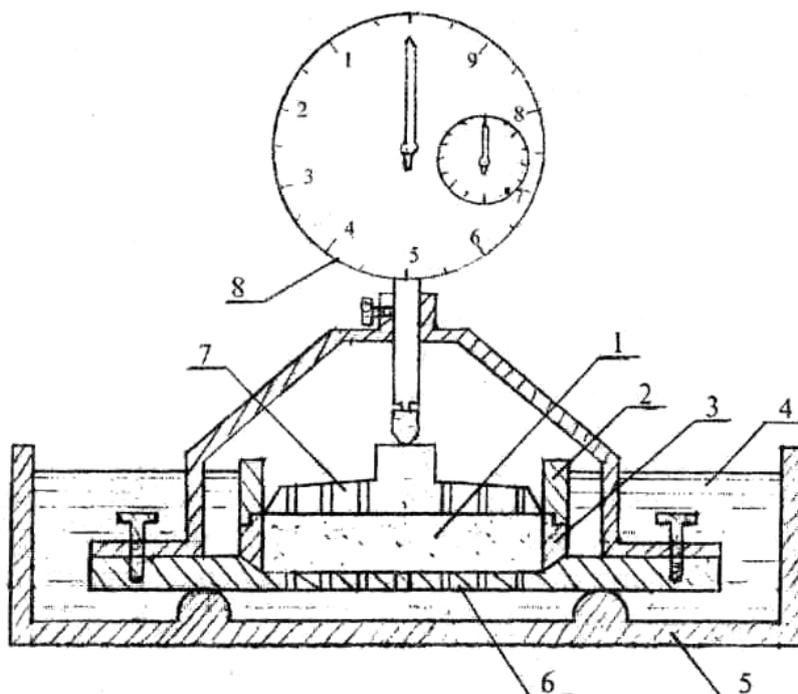


Рисунок 6.1. Схема прибора ПНГ - прибора свободного набухания грунтов:
 1 – образец грунта; 2 – направляющее кольцо; 3 – грунтоотборочное кольцо;
 4 – вола; 5 – ванночка; 6 – поддон-фильтр; 7 – штамп-фильтр;
 8 – индикатор часового типа

Высота (толщина) испытуемого образца грунта в приборе равна 10 мм.

6.1. Проведение испытаний

К началу испытаний прибор собран, и испытуемый образец грунта в грунтоотборочном кольце помещен в обойму. Испытание проводят в нижеследующей последовательности.

1. Проверяют горизонтальность лабораторного стола, а следовательно, ПНГ, помещенного на нем.

2. Устанавливают индикатор часового типа «на ноль».

3. Наполняют ванночку водой, так, чтобы поверхность воды не превышала кромки направляющего кольца 2 (см. рис. 6.1) и не попадала на

испытуемый образец сверху.

4. Сразу же после заполнения ванночки водой в таблицу лабораторного журнала записывают время начала замачивания. Форма таблицы приведена ниже (см. табл. 6.1).

5. Через 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 минут от начала замачивания образца испытуемого грунта снимают с индикатора отсчет и записывают его в таблицу лабораторного журнала (см. табл. 6.1).

6. Через 60 минут от начала замачивания образца грунта условно считают набухание законченным.

6.2. Обработка результатов испытаний

6.2.1 Относительное набухание

Относительное набухание $\varepsilon_{sw,i}$ (в %) определяют по формуле

$$\varepsilon_{sw,i} = (\Delta h_i / h) 100 \quad (6.1)$$

где Δh_i – абсолютное набухание, см; h – толщина (высота) испытуемого образца до начала увлажнения, $h = 1$ см.

Таблица 6.1 – Результаты испытаний образца грунта на набухаемость

Время от начала замачивания t , мин	5	10	15	20	30	40	50	60
Отсчет по индикатору – абсолютное набухание Δh , см								
Относительное набухание ε_{sw} , %								

6.2.2. Влажность грунта W после набухания

Влажность грунта W после набухания определяют так же, как и в 1-ой лабораторной работе «Определение классификационных показателей песчаных грунтов» (см. п. 1.2.2).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25100-2020 Грунты. Классификация. Последняя редакция: дата введения 2021-01-01. М.: Стандартинформ, 2023. – 42 с.
2. ГОСТ 20522–2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Последняя редакция: дата введения 2013-07-01. М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
3. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83. М.: ГП ЦПП, 2017. – 162 с.
4. Определение технологических параметров строительных процессов: методические указания / Ю. С. Приходько, А. Г. Прозоровский, А. П. Смирнов [и др.]; Московский государственный университет природообустройства. – Москва: МГУП, 2009. – 86 с.
5. Коваль, С. Обоснование параметров компенсационного нагнетания инъекционных смесей в грунтовые массивы в процессе защиты от деформаций и восстановления планово-высотного положения зданий, сооружений, опор мостов, тоннелей, метрополитенов и других объектов транспортной инфраструктуры / С. Коваль, И. Харченко, А. Харченко [и др.] // Русский инженер. — 2022. — № 2. — С. 34–39.

Учебно-методическое издание

Савельев Александр Валентинович
Жарницкий Валерий Яковлевич
Смирнов Александр Петрович

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Механика
грунтов, основания и фундаменты»
для бакалавров направления 35.03.11 «Гидромелиорация»,
направленностей «Проектирование и строительство
гидромелиоративных систем» и «Техника и технологии
гидромелиоративных работ»

Компьютерная верстка Савельев А.В., Смирнов А.П.

Подписано в печать 20.04. 2023.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл.- печ. л. 2,1 Уч.- изд. л. 2,2. Тираж 40. Заказ № 47-10388.

Издательство Лик
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-952-603-0-609

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе
«Колорит»
346430, г. Новочеркасск, пр. Платовский, 82 Е
тел: 8(8635)226-442, 8-918-518-04-29, center-op@mail.ru