

Министерство образования РФ

Камский государственный политехнический
институт

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ФИЗИКО-
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ГРУНТОВ**

Методические указания к лабораторным
работам по механике грунтов

Набережные Челны 2003

УДК 624.131

Печатается по решению научно-методического совета Камского политехнического института от 2003 г.

Исследование физико-механических свойств грунтов:
Методические указания к лабораторным работам по механике грунтов. Набережные Челны. 2003, с.

Составитель Ш.Х.Нетфуллов

Методические указания предназначены в помощь студентам инженерно-строительного факультета. Разъясняются основные теоретические вопросы по исследованию физических и механических свойств грунтов. Приводится перечень оборудования, последовательность выполнения работ, список литературы и приложения.

Ил.11 , табл.2, список лит.4 назв.

Рецензент: доцент, канд.техн.наук А.В. Столбов

Камский государственный политехнический институт , 2003 г.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Основная цель настоящих указаний – закрепить и углубить знания студентов по курсу „Механика грунтов”, научить его обращаться с приборами и инструментами и самостоятельно определить целый ряд характеристик грунтов, используемых при решении практических задач.

Работы выполняются в последовательности, указанной руководителем занятий. Каждую выполненную лабораторную работу оформлять в специальном журнале, в котором в сжатой форме заносится методика определений и вычислений, построение графических зависимостей и зарисовки некоторых приборов.

Хорошо оформленный лабораторный журнал служит отчетом по выполненным работам и проверяется преподавателем при сдаче зачета.

По окончании каждого занятия перед уходом из лаборатории студент должен привести в порядок свое рабочее место.

Студент должен соблюдать все необходимые меры предосторожности, указанные в инструкции по технике безопасности и противопожарной технике, с которой подлежит ознакомиться в первый день занятий.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Грунт — горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Грунты могут служить:

- 1) материалом основания зданий и сооружений;
- 2) средой для размещения в них сооружений;
- 3) материалом самого сооружения.

Грунт скальный — грунт, состоящий из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа.

Грунт полускальный — грунт, состоящий из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурный связи цементационного типа.

Условная граница между скальными и полускальными грунтами принимается по прочности на одноосное сжатие ($R_c \geq 5$ МПа — скальные грунты, $R_c < 5$ МПа — полускальные грунты).

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

Структура грунта — пространственная организация компонентов грунта, характеризующаяся совокупностью морфологических (размер, форма частиц, их количественное соотношение), геометрических (пространственная композиция структурных элементов) и энергетических признаков (тип структурных связей и общая энергия структуры) и определяющаяся составом, количественным соотношением и взаимодействием компонентов грунта.

Текстура грунта — пространственное расположение слагающих грунт элементов (слоистость, трещиноватость и др).

Состав грунта вещественный — категория, характеризующая химико-минеральный состав твердых, жидких и газовых компонентов.

Органическое вещество — органические соединения, входящие в состав грунта в виде неразложившихся остатков растительных и животных организмов, и также продуктов их разложения и преобразования.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Степень засоленности — характеристика, определяющая количество воднорастворимых солей в грунте D_{sal} , %.

Степень морозной пучинистости — характеристика, отражающая способность грунта к морозному пучению, выражается относительной деформацией морозного пучения ε_{fn} , д. е., которая определяется по формуле

$$\varepsilon_{fn} = \frac{h_{0,f} - h_0}{h_0}, \quad (1)$$

где $h_{0,f}$ — высота образца мерзлого грунта, см;

h_0 — начальная высота образца талого грунта до замерзания, см.

Предел прочности грунта на одноосное сжатие R_c , МПа — отношение нагрузки, при которой происходит разрушение образца, к площади первоначального поперечного сечения.

Плотность скелета грунта — плотность сухого грунта ρ_d , г/см³, определяемая по формуле

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}, \quad (2)$$

где ρ — плотность грунта, г/см³;

W — влажность грунта, д. е.

Коэффициент выветрелости K_{wr} , д. е. — отношение плотности выветрелого грунта к плотности монолитного грунта.

Коэффициент размягчаемости в воде $K_{so\phi}$, д. е. — отношение пределов прочности грунта на одноосное сжатие в водонасыщенном и в воздушно-сухом состоянии.

Степень растворимости в воде — характеристика, отражающая способность грунтов растворяться в воде и выражающаяся в количестве воднорастворимых солей, q_{sr} , г/л.

Степень водопроницаемости — характеристика, отражающая способность грунтов пропускать через себя воду и количественно выражающаяся в коэффициенте фильтрации K_f , м/сут. Определяется по ГОСТ 12536.

Гранулометрический состав — количественное соотношение частиц различной крупности в дисперсных грунтах. Определяется по ГОСТ 12536.

Степень неоднородности гранулометрического состава C_u — показатель неоднородности гранулометрического состава. Определяется по формуле

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}, \quad (3)$$

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

Число пластичности I_p — разность влажностей, соответствующая двум состояниям грунта: на границе текучести W_L и на границе раскатывания W_p . W_L и W_p определяют по ГОСТ 5180.

Показатель текучести I_L — отношение разности влажностей, соответствующих двум состояниям грунта: естественному W и на границе раскатывания W_p , к числу пластичности I_p .

Относительная деформация набухания без нагрузки ϵ_{sw} , д. е. — отношение увеличения высоты образца грунта после

свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения к начальной высоте образца природной влажности. Определяется по ГОСТ 24143.

Относительная деформация просадочности ε_s , д. е. — отношение разности высот образцов, соответственно, природной влажности и после его полного водонасыщения при определенном давлении к высоте образца природной влажности. Определяется по ГОСТ 23161.

Коэффициент водонасыщения S_r , д. е. — степень заполнения объема пор водой. Определяется по формуле

$$S_r = \frac{W \rho_s}{e \rho_w}, \quad (4)$$

где W — природная влажность грунта, д. е.;

e — коэффициент пористости;

ρ_s — плотность частиц грунта, г/см³;

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

Коэффициент пористости e определяется по формуле

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

где ρ_s — плотность частиц грунта, г/см³;

ρ_d — плотность сухого грунта, г/см³.

Степень плотности песков I_D определяется по формуле

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}, \quad (6)$$

где e — коэффициент пористости при естественном или искусственном сложении;

e_{\max} — коэффициент пористости в предельно-плотном сложении;

e_{\min} — коэффициент пористости в предельно-рыхлом сложении.

Относительное содержание органического вещества I_r , д. е. — отношение массы сухих растительных остатков к массе абсолютно сухого грунта.

Степень разложения торфа D_{dr} , д. е. — характеристика, выражающаяся отношением массы бесструктурной (полностью разложившейся) части, включающей гуминовые кислоты и мелкие частицы негумифицированных остатков растений, к общей массе торфа. Определяется по ГОСТ 10650.

Степень зольности торфа D_{ds} , д. е. — характеристика, выражающаяся отношением массы минеральной части грунта ко всей его массе в абсолютно сухом состоянии. Определяется по ГОСТ 11306.

Грунт мерзлый — грунт, имеющий отрицательную или нулевую температуру, содержащий в своем составе видимые ледяные включения и (или) лед-цемент и характеризующийся криогенными структурными связями.

Грунт многолетнемерзлый (синоним — **грунт вечномерзлый**) — грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет.

Грунт сезонномерзлый — грунт, находящийся в мерзлом состоянии периодически в течение холодного сезона.

Грунт пластичномерзлый — дисперсный грунт, сцементированный льдом, но обладающий вязкими свойствами и сжимаемостью под внешней нагрузкой.

Криогенные структурные связи грунта — кристаллизационные связи, возникающие во влажных дисперсных и трещиноватых скальных грунтах при отрицательной температуре в результате сцементирования льдом.

Криогенная текстура — совокупность признаков сложения мерзлого грунта, обусловленная ориентировкой, относительным расположением и распределением различных по форме и размерам ледяных включений и льда-цемента.

Техногенные грунты — естественные грунты, измененные и перемещенные в результате производственной и хозяйственной деятельности человека, и антропогенные образования.

Грунты, измененные физическим воздействием, — природные грунты, в которых техногенное воздействие (уплотнение, замораживание, тепловое воздействие и т. д.) изменяет строение и фазовый состав.

Грунты, измененные химико-физическим воздействием, — природные грунты, в которых техногенное воздействие изменяет их вещественный состав, структуру и текстуру.

Насыпные грунты — техногенные грунты, перемещение и укладка которых осуществляются с использованием транспортных средств, взрыва.

Намывные грунты — техногенные грунты, перемещение и укладка которых осуществляются с помощью средств гидромеханизации.

Влажность грунта w — отношение массы воды в объеме грунта к массе этого грунта, высушенного до постоянной массы.

Гигроскопическая влажность w_g — влажность грунта в воздушно-сухом состоянии, т. е. в состоянии равновесия с влажностью и температурой окружающего воздуха.

Граница текучести w_L — влажность грунта, при которой грунт находится на границе пластичного и текучего состояний.

Граница раскатывания (пластичности) w_p — влажность грунта, при которой грунт находится на границе твердого и пластичного состояний.

Плотность грунта ρ — масса единицы объема грунта.

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

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

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

Масса грунта — свойство тела или вещества, характеризующее их инерционность и способность создавать гравитационное поле (скалярная величина).

Коэффициент пористости — отношение объема пор к объему твердых частиц грунта.

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

Воздушно-сухое состояние грунта — состояние грунта, высушенного на воздухе.

Предельно рыхлое состояние грунта — состояние грунта при минимальной плотности.

Предельно плотное состояние грунта — состояние грунта при максимальной плотности.

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

Гигроскопическая влажность - влажность грунта в воздушно-сухом состоянии, т.е. в состоянии равновесия с влажностью и температурой окружающего воздуха.

Водонасыщенное состояние грунта - состояние грунта при практически полном заполнении пор грунта водой.

Гранулометрический (зерновой) состав грунта - количественное содержание в грунте твердых частиц того или иного размера.

Микроагрегатный состав грунта - количественное содержание в грунте твердых водостойких агрегированных частиц того или иного размера.

Коэффициент фильтрации - скорость фильтрации воды в грунте при градиенте напора, равном единице.

Градиент напора - отношение разности гидростатических напоров воды (потери напора) к длине пути фильтрации.

Структурная прочность - вертикальное напряжение в образце грунта, соответствующее началу перехода от упругих к пластическим деформациям сжатия.

Вертикальное давление на образец грунта - отношение вертикальной нагрузки, приложенной к образцу, к площади его поперечного сечения.

Сопротивление грунта срезу - характеристика прочности грунта, определяемая значением касательного напряжения, при котором происходит разрушение (срез).

Коэффициент сжимаемости - отношение относительной вертикальной деформации (изменения коэффициента пористости) к давлению, вызвавшему эту деформацию.

Угол внутреннего трения - параметр прямой зависимости сопротивления грунта срезу от вертикального давления, определяемый как угол наклона этой прямой к оси абсцисс.

Удельное сцепление грунта - параметр прямой зависимости сопротивления грунта срезу от вертикального давления, определяемый как отрезок, отсекаемый этой прямой на оси ординат.

Модуль деформации - коэффициент пропорциональности линейной связи между приращениями давления на образец и его деформацией.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.

Определение плотности частиц незасоленных грунтов. (по ГОСТу 5180-84)

Плотностью частиц грунта называется отношение массы сухого грунта (исключая массы в его в порах) к объему его твердой части (твердой фазы). Она служит показателем минерального состава грунтов. Для большинства грунтов, лишенных органических веществ, плотность частиц грунта колеблется в незначительных пределах от 2,6 до 2,8 т/м³. Значение плотности частиц грунта необходимо для вычисления дополнительных (производных) характеристик грунтов.

Аппаратура и материалы.

1. Образец грунта (200 г), высушенный до абсолютно сухого состояния при температуре 105° и растертый в порошок.
2. Пикнометр. (рис. 1).
3. Электроплитка с песчаной баней.
4. Промывалка.
5. Сушильный шкаф.
6. Термометр.
7. Дистиллированная вода.
8. Весы технические с разновесами.
9. Штапель или ложечка.
10. Фильтровальная бумага.

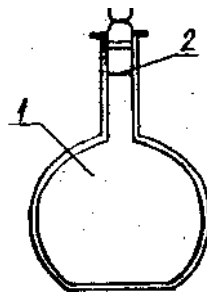


Рис 1. Виды пикнометра 1- пикнометр с притертой пробкой ;
2- кольцевая шейка.

Проведение испытания.

1. Взвешивают высушенный чистый пикнометр – **m0** . Взвешивание производится с точностью до 001, г.
2. Далее взвешивают на листе бумаги пробу грунта примерно 15 г. На каждые 100мл. емкости пикнометра. Осторожно через воронку пробу грунта переносят в пикнометр и взвешивают грунт вместе с пикнометром - **m1**.
3. В пикнометр с грунтом наливают примерно на 0,33 его объема дистиллированной воды, кипятят содержимое на песчаной бане (для удаления воздуха и расчленения агрегатов грунта). Суглинок и глину кипятят в течении 1 часа с момента закипания , а пески и супеси – 30 минут.
4. После кипячения пикнометр с водой охлаждают в ванне с водой до комнатной температуры и доливают дистиллированную воду строго до метки. Если уровень воды окажется выше метки, то излишки удаляют свернутый в трубочкой фильтровальной бумагой. Если уровень воды меньше чуть ниже метки, то недостаток дополняют из промывалки (колба с дистиллированной водой, в пробку которой вставлены две изогнутые под прямым углом трубки). Обтирают пикнометр снаружи фильтровальной бумагой и взвешивают - **m2**.
5. Замеряют температуры грунтовой суспензии в пикнометре после взвешивания.
6. Содержимое пикнометра удаляют, пикнометр тщательно промывают, после чего его наполняют дистиллированной водой строго до метки и замеряют температуру. Разница температуры воды при первом и втором взвешивании не должно быть.
7. пикнометр с наружи обтирают фильтровальной бумагой и взвешивают – **m3**.
8. по полученным данным вычисляют плотность частиц грунта с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$P_s = \frac{(m_1 - m_0) \cdot P_w}{m_3 + m_1 - m_0 - m_2}, \quad \text{г/см}^3$$

P_w – плотность воды, равной 1 г/см³.

9. данные определения заносят в журнал.

10. определение плотности частиц грунта введется с контролем.

Если результаты двух определений расходятся больше чем на $0,02 \text{ г/см}^3$, то, обычно, анализ повторяется.

ЛАБОРОТОРНАЯ РАБОТА № 2.

Определение гранулометрического состава грунта (по ГОСТу 12536 – 79)

Гранулометрическим (зерновым) составом грунта называют содержание по массе групп частиц грунта различной крупности по отношению к общей массе абсолютно сухого грунта. Для его определения проводится гранулометрический анализ, состоящий в разделении навески грунта на составляющие его фракции частиц и обломков (от самых крупных, размером десятки миллиметров, до очень мелких размеров тысячные доли миллиметра) и последующем определении процентного содержания каждой фракции к массе навески.

Гранулометрический состав является одной из важнейших характеристик грунта, имеющие весьма существенное значение для оценки его физико-механических свойств при использовании качестве основания, среды и материала при строительстве.

В настоящее время в практике лабораторных испытаний имеются много способов гранулометрического анализа грунтов, основанных на различных принципах. В наших методических указаниях приведены лишь те, которые широко используются в строительных лабораториях:

1. Ситовой метод без промывки водой (частицы крупностью от 10 до 0,5 мм);
2. Ситовой метод с промывкой водой (частицы размером 0,05 • 0,1 мм);
3. Пипеточной метод.

Ситовой метод (с промывкой водой)

Аппаратура и материалы:

- 1.Набор сит (с поддоном) с отверстиями 10; 5; 2; 1; 0,25; 0,1 мм.
- 2.Весы лабораторные с разновесами.
- 3.Пестик с резиновым наконечником.
- 4.Фарфоровая ступка.
- 5.Груша резиновая.
- 6.Чашка фарфоровая.
- 7.Стаканчики стеклянные.
- 8.Шкаф сушильный.
- 9.Грунт.

Проведение испытания.

- 1.Отбирают среднюю пробу грунта методом квартования. Масса средней пробы **m** должна составлять: для грунтов содержащих частиц размером более 2 мм – 100г; для грунтов, содержащих до 10 % (по массе) частиц размером более 2 мм – не менее 500г; для грунтов, содержащих от 10 – 30% частиц размером более 2 мм – 1000г; для грунтов, содержащих свыше 30% частиц размером более 2 мм – не менее 2000г.
- 2.Высыпают пробу грунта в заранее взвешенную фарфоровую чашку с массой **m₂**. Смачивают грунт с водой и растирают пестиком с резиновым наконечником.
- 3.Заливают грунт с водой, взмучивают и дают отстоят 10 – 13 с. Сливают неосевшую взвесь сквозь сито с отверстиями размером 0,1 мм. Взмучивание и сливание производят до полного осветления воды над осадком. Смывают оставшие на сите частицы при помощи резиновой груши в фарфоровую чашку, а оставшуюся воду сливают.
- 4.Промытую пробу грунта высушивают в сушильном шкафу или на электроплитке до воздушно-сухого состояния и взвешивают чашку с грунтом **m₃**.

5. Определяют массу частиц мельче 0,1 мм по разности масс, взятой для анализа **m₂**, и массой высушенной пробы грунта после промывки **m₃**.

$$m_{<0.1} = m_2 - m_3$$

6. Просеивают грунт сквозь сит с размером отверстий 10; 5; 2; 1; 0,25; 0,1 мм. Полноту просеивания фракции грунта проверяют над листом бумаги.

7. Взвешивают содержимое каждого сита отдельно. Содержимое в грунте каждой фракции **A** в % вычисляют по формуле:

$$A = \frac{m_{\Phi}}{m} \cdot 100, \quad (1)$$

где **m_ф** – масса данной фракции грунта, г;

m – масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

8. Результаты анализа заносятся в журнал лабораторных работ.

9. Определяют общую массу отдельных фракций грунта.

Масса частиц крупнее 10мм	_____ г	_____ %
2мм	_____ г	_____ %
0.5мм	_____ г	_____ %
0.25мм	_____ г	_____ %
0.1мм	_____ г	_____ %

10. Определяют тип грунта по данным п.9 согласно приложения № 1.

Лабораторная работа № 3.

Определение плотности грунта природного сложения. (по ГОСТу 5180 – 84)

Плотность грунта называют отношение массы грунта, включая массу воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему. Плотность может быть определена для грунтов естественной структуры и влажности, а также для грунтов с нарушенной структурой – насыпных, разрыхленных и уплотненных различными способами. В первом случае – когда грунт служит основанием сооружений, а во втором случае – когда грунт служит материалом земляных сооружений и для засыпки. Для наиболее распространенных грунтов величина его плотности не превосходит $2,14 \text{ г/см}^3$, а чаще всего составляет $1,5 - 1,9 \text{ г/см}^3$.

Плотность грунта зависит от минерального состава, пористости и влажности, чем больше влажность, тем больше его плотность. Максимальное значение при данной пористости плотность грунт достигает при полном заполнении пор водой.

Значение плотности грунта используется как косвенный расчетный показатель в фундаментах при вычислении расчетного давления грунта на основание, расчете распределения напряжений в грунтах основании под фундаментом, устойчивости откосов и давления грунта на ограждающие конструкции и в некоторых случаях.

Кроме того, величина плотности используется для классификации грунтов и вычисления плотности частиц грунта, плотности сухого грунта, пористости.

Определение плотности грунта с природной влажностью и ненарушенным сложением производится методом режущего кольца или методом парфинирования.

Метод режущего кольца.

Метод режущего кольца применяют для связных грунтов, легко поддающихся резке ножом, нес крошащихся, а также в случаях,

когда объем и форма образца грунта могут быть сохранены при жесткой тары, например, для песчаных грунтов не нарушенного сложения естественной влажностью.

Аппаратура и материалы.

- 1.Монолит грунта.
- 2.Режущее кольцо или тонкостенный цилиндр.
- 3.Нож.
- 4.Стекло.
- 5.Весы технические и разновесы.

Проведение испытания.

- 1.Определить массу кольца режущего кольца **m1**.
- 2.Определить объем режущего кольца **V**.
- 3.На выровненную площадку монолита грунта поставить острым краем вниз. Режущее кольцо осторожно выдавливается в грунт, грунт с внешней стороны кольца постепенно удаляют. Кольцо вдавливают таким образом, чтобы его верхний край был ниже поверхности грунта. Грунт при этом должен полностью заполнять кольцо и выступать на 0,5 – 1,0 см над его верхним краем. После заполнения всей полости кольца столбик подрезают снизу ” на конус ” и отделяют кольцо с грунтом от монолита. Заподлицо зачищают нижнюю и верхнюю поверхность грунта, находящегося в кольце. При отборе сыпучего грунта (песок) аналогичным методом образцы отбираются тонкостенные цилиндры с режущим краем. После надавливания грунт в грунт цилиндр подрезают снизу съёмным дном.
4. Взвесить образец грунта вместе с кольцом на технических весах (с точностью до 0,01 г.) и определить массу **m2**.
5. Вычислить плотность грунта

$$\rho = \frac{m2 - m1}{V}, \quad \text{г/см}^3.$$

6. Для каждого грунта количество параллельных определений устанавливают в зависимости от степени неоднородности грунта не менее двух (независимо от метода определения). Расхождения в результатах параллельных определений для однородных грунтов больше $0,03 \text{ г/см}^3$ не допускается.
7. За плотность образца принимают среднее арифметическое значение результатов параллельных определений.
8. Данные определения заносятся в журнал лабораторных работ.

Метод парафинирования.

Метод парафинирования применяют для связных грунтов, трудно поддающихся вырезке или склонных к крошению.

Аппарат и материалы.

1. Образец грунта.
2. Нитки.
3. Парафин.
4. Электроплитка.
5. Мензурка или стакан воды.
6. Подставка.
7. Технические весы с разновесами.
8. Фарфоровая чашка.
9. Термометр.

Проведение испытания.

1. Растопляют около 100г парафина и нагревают его до $57-60^{\circ}\text{C}$.
2. Отбирают без нарушения сложения кусок грунта не менее 30 см^3 , придают ему овальную форму, обрезают острые выступающие части ножом, и определяют массу **m**.
3. Покрывают образец грунта парафинной оболочкой толщиной около 1 мм, погружая его, привязав на нитку, в расплавленный парафин. При этом путем прокола и заглаживания места прокола нагретой иглой удаляют пузырьки воздуха, обнаруженные в застывшей парафиновой оболочке; покрывают

образец вторым слоем парафина, взвешивают и получают массу **m1**.

4. Определяют объем парафина **V** путем деления его веса на плотность, равную 0,9 г/см³.

$$V = \frac{m1 - m}{0.9}, \text{ см}^3.$$

5. Взвешивая парафинированный образец грунта в воде определяют его массу **m2**. Объем парафинированного образца будет равен

$$V2 = \frac{m1 - m2}{\rho_{\text{w}}}, \text{ см}^3.$$

где **ρw** – плотность воды, принимаемой равной 1 г/см³.

Для взвешивания парафинированного образца в воде над чашкой весов на подставке в виде скамеечки устанавливают стакан с водой

(масса его не должна передаваться из коромысла весов).

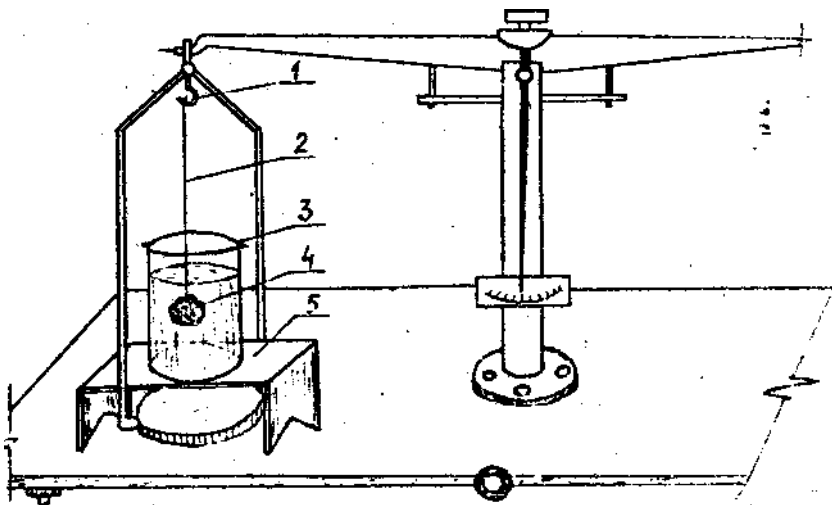
На конце нити, которой обязан образец, делают петлю и надевают его на серьгу коромысла весов, а парафинированный грунт опускают в стакан с водой. Образец не должен касаться стенок стакана и выступать над поверхностью воды. (рис. 3).

6. Вычисляют плотность грунта по формуле

$$\rho = \frac{m}{V2 - V1}, \text{ г/см}^3.$$

7. Данные определения заносят в журнал лабораторных работ.

8. Определение плотности грунта ведется с контролем. Расхождение между повторными определениями не должно превышать 0,03 г/см³



Лабораторная работа № 4.

Определение влажности грунта.

(по ГОСТу 5180-84)

Влажностью грунта называют количество (%) содержащиеся в нем воды по отношению к абсолютно сухой массе. Чем более мелкозернист грунт, тем в более широких пределах может изменяться его влажность. Влажность является важной характеристикой состояния грунтов и важным косвенным показателем, необходимым для вычисления пористости, степени влажности и др.

Все взвешивания при определении влажности грунта производят на технических весах с точностью до 0,01г.

Аппаратура и материалы.

1. Образец сухого грунта.
2. Бюкс.
3. Весы технические с разновесами.
4. Сушильный шкаф.
5. Эксикатор с хлористым кальцием.

Проведение испытания.

1. Взвешивают заранее высушенный пронумерованный стеклянный или алюминиевый стаканчик (бюкс), получают массу **m_0** .
 2. В бюкс помещают 15 г влажного грунта, взвешивают и получают массу **m_1** .
 3. Взвешенный бюкс с грунтом при открытой крышке устанавливают в сушильный шкаф, отрегулированный на нагрев до 105°C. Пробу в шкафу выдерживают при этой температуре в течении 5 час. для глинистых и 3 час. для песчаных грунтов.(рис.4)
 4. По истечению срока сушки бюкс с высушенным грунтом закрывают крышкой и переносят для остывания до комнатной температуры в эксикатор с хлористым кальцием. После этого определяют взвешиванием массу высушенного грунта **m_2** . (рис.5).
- Для высушивания грунта до сухого состояния производят повторное высушивание в течение 2 час. для глинистых и 1 час. для песчаных грунтов с последующим контрольным высушиванием пробы.
- Перед каждым высушиванием грунт охлаждают в эксикаторе во избежания поглощения грунтом влаги из воздуха. Высушивание заканчивают, когда два последующих взвешивания дадут одинаковой результат или разница между ними будет 0,01 г.
5. Вычисляют влажность грунта (как отношение массы воды к массе сухого грунта) по формуле :

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_0} \cdot 100 \quad \%$$

6. Данные определения записывают в журнал лабораторных работ. Влажность образцов грунта вычисляют как среднее арифметическое результатов двух параллельных определений.

Лабораторная работа № 5

Определение характерных влажностей глинистого грунта.

(по ГОСТу 5180-84)

В зависимости от степени увлажнения глинистые грунты могут быть твердыми, полутвердыми, пластичными и текучими.

При переходе из одного состояния консистенции в другое грунт переходит через две характерные влажности: влажность границы раскатывания w_p и влажность границы текучести w_L .

Определение предела текучести методом конуса А.М.Васильева.

Влажность глинистого грунта при переходе его из пластичного в текучее состояние называют пределом текучести (верхний предел текучести). При этой влажности связь между частицами исчезает, из-за чего они очень легко смещаются, и грунт теряет устойчивость.

Достижению предела текучести соответствует влажность грунта, при которой балансирный конус Васильева с углом при вершине 30° и весов 76 г погружают под влиянием собственного веса в грунтовое тесто на глубину 10 мм за 5 с (рис.6).

Балансирное устройство состоит из двух металлических шаров, укрепленных на концах согнутой в полуокружность проволоки. В центре тяжести этого устройства укреплен конус.

Аппаратура и материалы.

1. Грунт.
2. Чашка.
3. Шпатель.
4. Колба с водой.
5. Металлический стаканчик.
6. Балансирный конус.
7. Технический вазелин.
8. Сушильный шкаф.
9. Секундомер.
10. Бюксы – 2.
11. Весы лабораторные.
12. Ступка фарфоровая.
13. Пестик с резиновым наконечником.

Проведение испытания.

1.Среднюю пробу грунта объемом около 50 см³, прошедшую сквозь сито с отверстиями в 1,0 мм, смачивают водой и тщательно растирают шпателем до получения однородной массы.

2.Грунт переносят в чашку с тем , чтобы высота слоя была не менее 20 мм, поверхность грунта выравнивают шпателем до краев чашки.

3.К поверхности грунта подносят сверху острие конуса, смазанного тонким слоем вазелина, и отнимая без рывка руку, дают ему возможность погрузиться в грунт под действием собственного веса; погружение конуса на глубину 10 мм (до метки) за 5 с. указывает на достижение искомой границы текучести, а если менее 10 мм, то добавляют воды и повторяют испытание, а если же конус погрузился более 10 мм, то добавляют сухой грунт, тщательно перемешивают массу и повторяют испытание.

4.Из грунтового теста отбирается проба более 15 г, помещается во взвешенный ранее бюкс, взвешивается и высушивается в сушильном шкафу до постоянного веса.

5.За влажность на границе текучести берут среднее арифметическое значение двух определений, расхождение между двумя параллельными определениями допускается до 2 %.

Определение предела раскатывания методом раскатывания в шнур.

Граница раскатывания соответствует влажности, при которой грунт находится на границе перехода из пластичного состояния в твердое. При увеличении влажности выше границы раскатывания грунт переходит в пластичное состояние и начинает резко снижать устойчивость под нагрузкой.

Аппаратура и материалы.

1. Грунт (сухой и в виде теста).
2. Чашка.
3. Шпатель.
4. Стекло.
5. Бюксы.
6. Сушильный шкаф.
7. Весы технические с разновесами.

Проведение испытания.

1. От приготовленной грунтовой пасты отделяют небольшие кусочки и раскатывают их на стекле при слабом нажиме ладони до образования шнура диаметром 3 мм.
2. Если при этих условиях шнур начинает крошиться, то значит влажность грунтового теста соответствует влажности границы раскатывания.
3. Если грунтовый шнур не крошится, то следует его собрать в комок и опыт повторить.
4. Примерно 10 г кусочного шнура помещается во взвешенный предварительно бюкс, взвешивается и высушивается до постоянной массы.
5. Рекомендуется два параллельные определения влажности, расхождение между ними не должно превышать 2 %.
6. Если жгут при любой влажности крошится ранее, чем достигает толщины 3 мм, то считают, что данный грунт не имеет границы раскатывания, то есть грунт не относится к глинистым.

Результаты определений границы текучести и границы раскатывания заносятся в журнал лабораторных работ.

Лабораторная работа № 6.

Определение расчетных физических характеристик грунта.

Пользуясь справочными таблицами в приложении 2-4 необходимо определить на основе полученных из опытов результатов – плотности и плотности частиц грунта, массовой и характерных влажностей, дополнительные характеристики грунта. Определить состояние грунта.

Плотность сухого грунта.

Плотностью сухого грунта (скелета грунта) ρ_d - называется отношение массы сухого грунта (исключая воды в порах) ко всему занимаемому этим грунтом объему. Плотность сухого грунта необходимо знать для определения характеристик грунта и определяется по формуле:

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + 0.01\omega)} \quad ,$$

где ω – влажность грунта ;

ρ – плотность влажного грунта, г/см³;

Значение плотности сухого грунта для грунтов естественного сложения колеблется в пределах 1,3 – 1,6, г/см³. Малое значение его соответствует грунтам с большой пористостью.

Плотность грунта с учетом взвешивающего действия.

Эта величина необходима для определения плотности и давления от собственной массы грунта, расположенного ниже уровня грунтовых вод.

$$\rho = (\rho_s - 1) \cdot (1 - n) \quad \text{г/см}^3.$$

Пористость.

Пористость n – отношение объема пор в грунте к общему объему грунта и вычисляют по формуле:

$$n = \left(1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \right) \cdot 100 \quad \%,$$

где ρ_d – плотность сухого грунта;

ρ_s – плотность частиц грунта.

Коэффициент пористости.

Коэффициент пористости (приведенная пористость) e – отношение в долях единицы объема пор в грунте V_n к объему твердых частиц V_s :

$$e = \frac{V_n}{V_s} = \frac{(\rho_s - \rho_d)}{\rho_d},$$

По коэффициенту пористости определяют плотность песков (приложение 2), рассчитывают водопроницаемость и сжимаемость грунтов. Величина пористости колеблется 0,4 (пески) до 1,5 и выше (глины).

Степень влажности.

Степень влажности для талого грунта – степень заполнения пор водой, выраженная в долях единицы и определяемая по формуле

$$S_r = \frac{\omega \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w},$$

где ω – природная влажность грунта, выраженная в долях единицы;

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

По степеням влажности крупнообломочные и песчаные грунты классифицируются на маловлажные при $S_r \leq 0.5$; влажные при $0.5 \leq S_r \leq 0.8$ и насыщенные водой, когда $0.8 \leq S_r \leq 1$.

Для глинистых грунтов степень влажности определяется для проверки просадочности грунтов.

Полная влагоемкость.

Полная влагоемкость W_n – величина влажности при полном заполнении пор грунта водой и определяется по формуле:

$$W_n = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s}$$

Величина полной влагоемкости необходимо для расчета методов закрепления грунта.

Числа пластичности.

Число пластичности грунта **J_p** – разность влажности, соответствующих двум состояниям грунта: на границе текучести **ω_L** и на границе раскатывания (пластичности) **ω_p**.

Число пластичности является важной классификационной характеристикой глинистых грунтов и по нему (приложение 3) определяют типы и виды глинистых грунтов. По нему судят о степени глинистости, физико-механических и водных свойствах грунта.

Показатель текучести.

Показатель текучести **J_L** показывает способность грунтов к деформациям и зависит от величины содержания в них воды. Если **ω < ω_p**, то глинистые грунты имеют твердую консистенцию, а при **ω > ω_L** текучую. Показатель текучести определяют по формуле:

$$J = \frac{(\omega - \omega_p)}{(\omega_L - \omega_p)} .$$

Глинистые непросадочные грунты по показателю консистенции различают на разновидности (приложение № 4).

Лабораторная работа № 7.

Определение сжимаемости грунта. (по ГОСТу 12248-96)

Сжимаемостью грунтов называется способность их уменьшаться в объеме под действием внешней нагрузки. Показателями, характеризующими сжимаемость грунтов, является коэффициент уплотнения **m₀**, модуль общей деформации **E₀**. Эти показатели, определенные в условиях невозможности бокового расширения, называются компрессионными характеристиками, а испытания –

компрессионными испытаниями. Они проводятся в компрессионных приборах конструкции. Гидропроекта (рис.7: одометр, стабилومتر) и состоят в уплотнении образца грунта, увеличивающейся ступенями нагрузкой (в условиях невозможности бокового расширения грунта) с фиксацией деформации сжатия.

Показатели сжимаемости грунтов используется для расчета осадок фундаментов сооружений.

Оборудование, аппаратура и материалы:

1. Компрессионный прибор.
2. Кольцо с грунтом.
3. Фильтровальная бумага.
4. Нож.
5. Гири.

Порядок выполнения работы:

1. Кольцо 2 с грунтом 1 покрывается с двух сторон влажными фильтровальными бумагами 3 и помещают в компрессионный прибор.
2. Накладывают штамп 5 прибору сверху на и на штамп устанавливают держатели с индикаторами часового типа 4.
3. Приводят в рабочее положение рычажную систему прибора 6.
4. Поворотом шкалы индикаторов 4 устанавливают начальный нулевой отсчет.
5. Ставят на подвеску сектора 7 первую ступень нагрузки 3 кг ($P_1 = 0.05 \text{ МПа}$).
Одновременно с приложением нагрузки включается секундомер.
6. Записывают в журнал испытаний отсчеты по индикаторам через 1,3,5,10 минут с момента приложения нагрузки. В учебных целях за критерии времени условия стабилизации деформации принимаем 10 минут с момента приложения нагрузки на грунт.
По ГОСТу 12248-96 показания индикаторов необходимо регистрировать через 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 30; 60 минут далее через час в течение рабочего дня и на следующий день в начале и в конце рабочего дня.

7. По достижении 10 минут повторяют операцию пунктов 5 и 6 при загрузке подвески гирями 6 кг ($P_2 = 0.1 \text{ МПа}$) и 12 кг ($P_3 = 0.2 \text{ МПа}$).

8. Разгрузку прибора следует вести ступенями давления в последовательности, обратной порядку нагружения, разобрать рычаги, снять цилиндр с основания прибора, вынуть поршень и отвинтить кольцо с образцом, очистить прибор с грунта, помыть и смазать тонким слоем вазелина.

Обработка результатов испытания.

По результатам испытаний грунта в компрессионном приборе на основании записей в журнале испытаний грунта следует определить:

1. Величину относительной деформации образцов грунта (ε) при соответствующих давления (P_i) по формуле

$$\varepsilon = S_{cp} / H_0,$$

где S_{cp} – полная деформация при данном давлении (P_i);

2. Величину коэффициента пористости (e_i) по осредненным значениям относительной деформации (ε') по формуле

$$e_i = e_0 - \varepsilon' (1 + e_0),$$

где e_0 – начальный коэффициент пористости грунта.

$$e_0 = (\rho_s (1 + W) / \rho) - 1$$

3. Величину коэффициента сжимаемости (уплотнения) (m_0) в $1/\text{МПа}$ в давлении $P_1 = 0.05 \text{ МПа}$ и $P_2 = 0.1 \text{ МПа}$ вычисляют по формуле

$$m_0 = (e_1 - e_2) / (P_2 - P_1),$$

где e_1 и e_2 – коэффициенты пористости, соответствующим давлениям P_1 и P_2 .

4. Модуль общей деформации грунта (E_0) в МПа в интервале давлений от P_1 до P_2 следует определять по формуле

$$E_0 = (1 - e_0) \cdot \beta / m_0,$$

где β – поправка, учитывающая отсутствие поперечного расширения грунта в компрессионном приборе, принимаемая для пылеватых и мелких песков – 0,8; супесей – 0,7; суглинков – 0,5; глин – 0,4.

Лабораторная работа № 8.

Определение фильтрации песков. (по ГОСТу 25584-99)

Водопроницаемость грунтов – это способность пропускать через себя воду. Численно оно характеризуется коэффициентом фильтрации K , представляющая собой скорость фильтрации при напорном градиенте, от размеров и формы пор, гранулометрического состава, плотность грунтов и температуры воды.

Коэффициент фильтрации используется при проектировании дренажных сооружений и фильтров, при расчетах скорости уплотнения грунта под нагрузкой, фильтрационных потерь воды через земляные сооружения, при инъекционном закреплении грунтов и т.д.

Существует три группы определения коэффициента фильтрации грунтов: полевое опытное определение с помощью откачки или налива; непосредственное лабораторное определение на приборах;

Косвенное определение путем вычисления по данным механических анализов и пористости грунта.

Оборудование и материалы .

1. Прибор КФ – ООМ.
2. Термометр.
3. Секундомер.
4. Колба с водой.

Порядок выполнения работ.

Коэффициент фильтрации песчаных грунтов нарушенной структуры определяют дважды при рыхлом состоянии и предельно плотном. Для получения образца грунта в предельно рыхлом состоянии наполняют цилиндр грунтом насыпанием с высоты 5-10 см без уплотнения, в предельно плотном состоянии – слоями толщиной 1- 2 см с уплотнением каждого слоя трамбованием.

1. Разбирают фильтрационную трубку.
2. Заполняют цилиндр 5 испытываемым грунтом 10 и соответствии условием состояния грунта (рыхлый или плотный).
3. В корпус 9 наливают воду и вращением подъемного винта 7 поднимают подставку 11 до совмещения в планке 4 отметки градиента напора $J = 1$ верхним краем крышки 8 корпуса 9.
4. Устанавливают цилиндр 5 с грунтом на подставку 11 и вращением подъемного винта 7 медленно погружают в воду до отметки градиента напора $J = 0.8$ и составляют его в таком положении до полного насыщения, о чем судят по изменившемуся постоянный уровень воды у верхнего края корпуса 9.

5. Помещают на образец грунта латунную сетку 3, одевают на цилиндр 5 муфту 2 и вращением винта 7 опускают фильтрационную трубку в крайнее нижнее положение и оставляют на 15 мин.

6. Заполняют мерный баллон 1 водой, и закрывают пальцем его отверстие, опрокидывают отверстием вниз, подносят возможно ближе к цилиндру 5 с грунтом, быстро вставляют муфту 2 фильтрационной трубки так, чтобы его горлышко горлышко соприкасалось с латунной сеткой 3, а в баллон 1 равномерно поднимались мелкие пузырьки воздуха.

Если в мерный баллон 1 прорываются крупные пузырьки воздуха, его необходимо опустить ниже, добившись мелких пузырьков.

7. Вращением винта 7 планку 4 устанавливают на градиент $J = 0.6$ и доливают воду в корпус 9 до верхнего края.

8. Отмечая время по секундомеру, когда уровень воды достигнет деления шкалы мерного баллона 1, отмеченного цифрой 10

(или 20) см³, принимая это время за начало фильтрации воды. Фиксируют время, когда уровень воды достигнет соответственно делений 20; 30; 40; 50. Проводят четыре отсчета t и записывают в журнал испытаний.

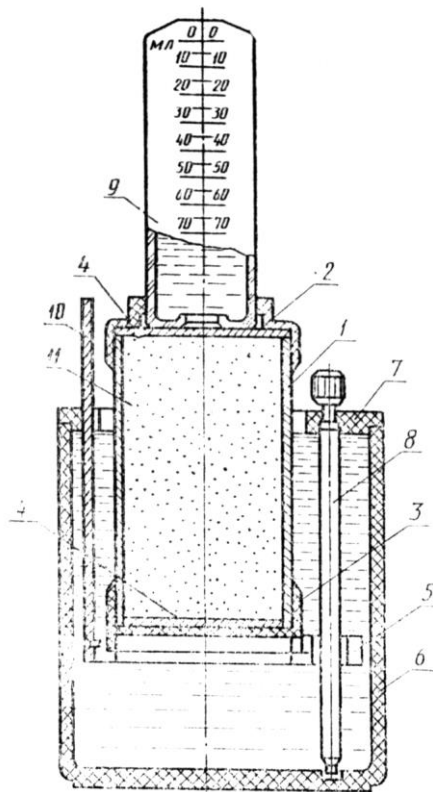


Рис. 2.

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

Обработка результатов испытаний.

1. По таблице (приложение) найти графу **К1**, соответствующему взятому напорному градиенту и замеренной температуре воды.
2. Разделить найденную величину на время фильтрации.

Коэффициент фильтрации по ГОСТу 25554-99 принято вычислять для температуры 10°C.

Пример 1. t° воды= 24°C, $J = 0.8$,

T (время)=200с., $K_{10} = K_1/t = 304.2/200 = 1.52$ м/сутки.

Лабораторная работа № 8.

Определение сопротивления грунта сдвигу. (по ГОСТу 12248-96)

Под сопротивлением сдвигу понимают наименьшее касательное напряжение τ , при котором грунт, находящийся под действием некоторого нормального давления P (напряжения σ), срезается в специальном срезном приборе. Установлено ,что сопротивление сдвига грунта зависит от его физического состояния – степени разрушенности естественной структуры, плотности, влажности и от величины действующего нормального к поверхности сдвига давления.

Сопротивление сдвига грунта получают зависимостью, выражающейся уравнением Кулона:

- для песчаных грунтов $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$;

- для глинистых грунтов $\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$;

где φ – угол внутреннего трения, град;

c – удельное сцепление, МПа.

В данной работе испытание на сдвиг проводят трех образцов одного и того же грунта при разной величине вертикальных сжимающих напряжений

$\sigma_1 = 0,1$; $\sigma_2 = 0,2$; $\sigma_3 = 0,3$ МПа.

Оборудование и материалы.

- 1.Сдвиговой прибор.
- 2.Три кольца с грунтом.
- 3.Фильтровальная бумага.
- 4.Шпатель.

Устройство и принцип работы срезного прибора ПСТ.

Прибор состоит из следующих узлов (рис.9): стол 1, механизма вертикального давления 11 , срезывателя 111, механизма горизонтального среза 1У.

Сдвиг на приборе производится путем приложения сдвигающей нагрузки грузами через секторный рычаг 3 (рис.9). Нормальное давление на образец передается с помощью сектора 16. Срезыватель изображен на рис.10. Гнездо нижней обоймы 2 вместе с нижней обоймой 3 и установленным вкладышем 1 крепится неподвижно к панели прибора при помощи установленного винта 20.

Тяговой цилиндр 14 (рис. 10) соединен с механизмом горизонтального среза с помощью стопорной шпильки 4.

Образец в тонкостенной гильзе помещается в срезыватель так, чтобы стык верхней 15 и нижней обойм срезывателя.

Механизм горизонтального среза 1У (рис.9) имеет упор 6, ограничивающий ход секторного рычага 3.

Вертикальная нагрузка на образец создается грузами, укладываемыми на подвеску 17 (рис.9). Далее нагрузка передается через сектор 16, рамку, состоящую из верхнего коромысла 8, нижнего коромысла 12 и тяг 10 на образец, помещенный в срезыватель.

Порядок выполнения работ.

1.Освобождают натяжной винт 13 (рис.9) от наконечника с канатом, вынув палец 14.

2.Ставят в нижнюю обойму 3 (рис.4) нижнюю гильзу 17, вворачивают днище 19 и ставят перфорированный вкладыш 18. Необходимо днищем отрегулировать размер от линии среза до вкладыша и вогнуть нижнюю гильзу.

3. Ставят нижнюю обойму 3 (рис. 10) в гнездо. В выточку гнезда вставляют резиновую прокладку. Устанавливают гнездо с обоймой и установочным вкладышем 1 на панели прибора и закрепляют установочным винтом 20.

На перфорированный вкладыш накладывают кружок фильтровальной бумаги.

4. В тяговой цилиндр 14 устанавливают верхнюю обойму 15, затем обойму с цилиндром на нижнюю обойму.

5. Вставляют в смонтированный срезыватель гильзы с образцом грунта. Поверхность образца покрывают кружком фильтровальной бумаги, затем устанавливают на образец перфорированный вкладыш и вкладыш 6.

6. Соединяют тяговый цилиндр с механизмом горизонтального среза канатом с наконечником и закрепляют стопорной шпилькой.

7. Поворачивают верхнее коромысло 21 (рис.10) и устанавливают его так, чтобы установочные шпильки 5 вошли в отверстия кронштейнов 7, а хвостовик штампа 11 вошел в отверстие штампа 6.

8. Наворачивают на шпильки гайки 12 до соприкосновения с кронштейнами.

9. Вращением маховика 10 (рис.10) устанавливают зазор 1-2 мм между верхней и нижней обоймами.

10. Устанавливают на панели стола кронштейн с индикатором 9 (рис.9) так, чтобы ножка индикатора при сдвиге перемещалась за упором срезывателя.

11. Соединяют канат с натяжным винтом 13 (рис.9) вставляют палец 14.

12. Вращением маховика 11 (рис.9) придают сектору горизонтальное положение.

Нормальное давление на образец создается грузами, укладываемыми на нижнюю подвеску 17.

13. Ставят на подвеску 17 механизма передачи нормального давления гирю – 4 кг, что соответствует $P_1 = 0.1 \text{ МПа}$.

14. Вращением маховика 6 освобождают тормоз до натяжения тягового троса.

15. Устанавливают нулевой отсчет на индикаторе 9 и прикладывают к подвеске 1 сдвигающего механизма первую ступень нагрузки. Срезающую нагрузку в каждом опыте прикладывают ступеням так, чтобы приращение касательных напряжений $\Delta\tau$ не превышало по абсолютной величине 0,1 **Р**. Таким образом, в первом опыте ступень срезающей нагрузки на подвеске равна 0,4 кг.

16. После прекращения движения стрелки индикатора, фиксирующего деформации сдвига образца по величине

горизонтальных смещений тягового цилиндра, записывают отсчет деформации в журнал испытаний.

16.Новую ступень сдвигающей нагрузки (в первом опыте очередные 0,4 кг) прикладывают к образцу только после затухания деформаций сдвига от действия предыдущей ступени.

17.Нарращивание срезающей нагрузки ведут до тех пор, пока деформация сдвига не достигнет величины 3 мм. В журнале испытаний вместо величины деформации сдвига в этом случае пишут слово «срез», что фиксирует достижение касательными напряжениями предельного значения в условиях опыта.

18.После среза образца прибор перезаряжают и производят новый опыт со вторым образцом этого же грунта при 0,2 МПа (масса гири 8 кг) и $\Delta\tau = 0,2 \text{ кг/см}^2$ (масса гирь по 0,8 кг) в последовательности, указанной в пунктах 12-17.

19.После испытания второго образца производят аналогичные испытания образца при $P_s = 0,3 \text{ МПа}$ (масса гири 12 кг) и $\Delta\tau = 0,3 \text{ кг/см}^2$ (масса гирь по 1,2 кг).

20.После окончания испытаний необходимо разгрузить прибор и разобрать срезыватель.

21.Данные испытаний заносятся и обрабатываются в журнале лабораторных работ.

Обработка результатов испытаний

По результатам испытаний грунта на сдвиговом приборе следует построить график сопротивления сдвигу $\tau = f(P)$, а также определить параметры C и ϕ .

1.Построение графика напряжения τ и P проводят в одном и том же масштабе 0,1 МПа – 2 см. По полученным опытным точкам проводится осредненная прямая (график сдвига) до пересечения с осью ординат.

2.Угол внутреннего трения грунта ϕ и удельное сцепление C определяются из графика сдвига: ϕ - по тангенсу углу наклона прямой или с помощью транспортира (точность 1°): C –

выражается отрезком, отсекаемым прямой на оси ординат, и измеряется с точностью до 0,001МПа.

Лабораторная работа №10.

Определение угла естественного откоса для песков.

Углом естественного откоса (УЕО) называют угол, при котором неукрепленный откос песчаного грунта сохраняет равновесие.

Угол естественного откоса определяют в воздушно-сухом состоянии и под водой. Полученные результаты УЕО дают ориентировочно значение угла внутреннего трения.

Оборудование и материалы:

1. Прибор угла естественного откоса.
2. Песчаный грунт в воздушно-сухом состоянии.
3. Совок.
4. Стеклянная банка.

Устройство прибора угла естественного откоса песка.

Прибор состоит (рис. 11) из съемного корпуса 1 с горловиной для заполнения песком, который устанавливается на перфорированную подставку 2. В центре подставки укреплен стержень 3 с нанесенной шкалой угла естественного откоса в градусах. При определении угла естественного откоса песка в водонасыщенном состоянии применяется стеклянная банка.

Порядок выполнения работы.

1. При воздушно-сухом состоянии песка.

1. Устанавливают горизонтально прибор и с помощью совка через его горловину заполняют до верха песком.
2. Очень плавно за горловину поднимают вертикально вверх корпус прибора. Излишек песка осыпается, а на диске остается

конус из песка, вершина которого в месте соприкосновения со стержнем показывает значение угла откоса.

3.Опыт повторяется не менее трех раз. Расхождение между повторными определениями не должно превышать один градус.

4.В журнале испытаний занести данные определения угла естественного откоса.

II. При водонасыщенном состоянии песка.

1.Выполняют п.1 по 1.

2.Прибор устанавливают в стеклянной банке, которая постепенно наполняется водой до верха горловины корпуса прибора.

3.Дают грунту полностью насытиться водой, что устанавливается по появлению воды над уровнем песка в горловине прибора.

4.Осторожно за горловину вертикально вверх поднимают корпус прибора. Излишек водонасыщенного песка оплывает в стеклянную банку, а на диске остается конус из песка, вершина которого в месте соприкосновения со стержнем показывает значение угла естественного откоса водонасыщенного песка.

5.Опыт повторяется не менее трех раз. Расхождение между повторными определениями не должно превышать один градус.

6.В журнале испытаний занести данные определения угла естественного откоса.

Приложение 1

Виды песчаных грунтов по гранулометрическому составу

Вид грунта	Размер частиц, мм крупнее	Содержание в массе сухого грунта, %
Песок: гравелистый	2	>25
Крупный	0,5	>50
Средней крупности	0,25	>50
Мелкий	0,1	>75
пылеватый	0,1	<75

Приложение 2

Вид песчаных грунтов по плотности при коэффициенте пористости e

Песок	Степень плотности песка		
	плотный	Средней плотности	рыхлый
Гравелистый крупный, средней крупности	Менее 0,55	0,55.....0,70	Более 0,70
Мелкий	Менее 0,60	0,60.....0,75	Более 0,75
Пылеватый	Менее 0,60	0,60.....0,80	Более 0,80

Приложение 3

Типы глинистых грунтов по числу пластичности

Наименование типов	Число пластичности
Супесь	$0,01 \leq J_p \leq 0,07$
Суглинок	$0,07 \leq J_p \leq 0,17$
Глина	$J_p > 0,17$

Приложение 4

Разновидность глинистых грунтов по показателю текучести

Наименование грунтов	Консистенция
Супеси	
Твердые	$J_L < 0$
Пластичные	$0 \leq J_L \leq 1$
Текучие	$J_L > 1$
Суглинки и глины	
Твердые	$J_L < 0$
Полутвердые	$0 \leq J_L \leq 0,25$
Тугопластичные	$0,25 < J_L \leq 0,5$
Мягкопластичные	$0,5 < J_L \leq 0,75$
Текучепластичные	$0,75 < J_L \leq 1$
Текучие	$J_L > 1$

Таблица
Расчетных данных коэффициента фильтрации
прибора при $F = 25\text{см}^2$ и $Q = 10$ мл

$$K1 = Q \cdot 864 / F \cdot J$$

№№ ПП	T°	При J= 0.6	При J= 0.8	При J= 1.0
1.	10	576.0	432.0	345.6
2.	11	559.2	419.3	335.5
3.	12	543.3	407.5	325.9
4.	13	528.3	396.3	317.0
5.	14	514.3	384.8	308.6
6.	15	500.9	375.6	300.4
7.	16	488.1	359.8	292.9
8.	17	476.0	366.1	285.6
9.	18	464.5	348.3	278.6
10.	19	453.4	340.1	272.1
11.	20	443.0	332.3	265.8
12.	21	433.1	342.8	259.8
13.	22	423.5	317.5	254.1
14.	23	414.3	310.3	248.6
15.	24	403.0	304.2	243.4
16.	25	397.2	297.9	238.3
17.	26	389.2	291.8	233.5
18.	27	381.4	286.0	224.3
19.	28	374.0	280.5	228.8
20.	29	366.8	275.1	220.1
21.	30	360.0	270.0	215.9

Литература

1. Грунты. Классификация – ГОСТ 25100-96.-М.: Издательство стандартов, 1996.
2. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – ГОСТ 12248-96, – М.: Издательство стандартов, 1996.
3. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – ГОСТ 12536-79, – М.: Издательство стандартов, 1979.
4. Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации. – ГОСТ 25584-90, – М.: Издательство стандартов, 1990.
5. Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения. – ГОСТ 30416-96, – М.: Издательство стандартов, 1996.
3. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. – М.: Недра, 1975.

Оглавление.

стр.

1.Лабораторная работа № 1. Определение плотности частиц незасоленных грунтов.....	
2.Лабораторная работа № 2. Определение гранулометрического состава.....	
3.Лабораторная работа № 3. Определение плотности грунта природного сложения.	
4.Лабораторная работа № 4. Определение влажности грунта....	
5.Лабораторная работа № 5. Определение характерных влажностей глинистого грунта.....	
6.Лабораторная работа № 6. Определение расчетных физических характеристик грунта.....	
7.Лабораторная работа № 7. Определение сжимаемости грунта....	
8.Лабораторная работа № 8. Определение коэффициента фильтрации песков.....	
9.Лабораторная работа № 9. Определение сопротивления грунта сдвигу.....	
10.Лабораторная работа № 10. Определение угла естественного откоса песка.....	

