

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

по определению физико-механических свойств грунтов

Кафедра геології

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

по определению физико-механических свойств грунтов

Рассмотрено на заседании
кафедры геологии

Протокол № 8 от 28 марта 2013 г. |

Утверждено на заседании
учебно-издательского совета
ДонНТУ

Протокол №2 от 11.04.13

УДК 91
ББК 26.8
П-18

Рецензент: доцент кафедры полезных ископаемых и экологической геологии, к.г.н., доцент Проскурня Ю.А.

Составители: Е.П. Бахтарова, В.И. Таранец

В пособии приводится краткая характеристика и последовательность выполнения лабораторных работ по изучению физико-механических свойств грунтов, методика и ход определения механического состава грунтов. Пособие содержит задания и ход выполнения лабораторных работ

Предназначено для студентов, изучающих курсы: «Основы земледелия и почвоведения», «Инженерная геология», «Почвоведение».

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПОСОБНОСТИ ГРУНТОВ К НАБУХАНИЮ

Лабораторная работа №1

Набуханием называется способность пород к увеличению в объеме при увлажнении. При этом происходит увеличение пористости и влажности породы за счет увеличения толщины гидратных слоев на поверхности глинистых частиц. Эта способность оценивается величиной относительной набухаемости и приращением весовой влажности породы.

Необходимое оборудование: прибор для определения набухания ПНГ, стакан с водой, весы, пробоотборное кольцо, прибор для отбора монолитов, нож.

1. Подготовка к испытаниям.

1.1. Взвесить пробоотборное кольцо (m_0) (рис.1).

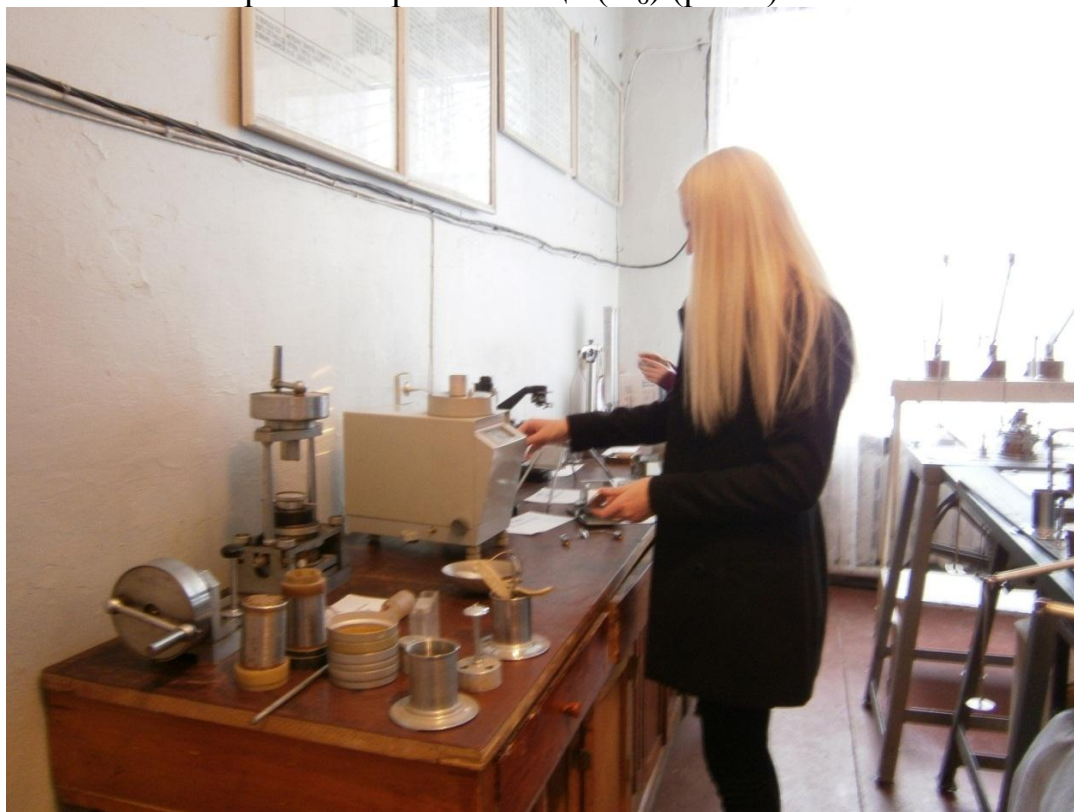


Рис.1. Взвешивание кольца на электронных весах

1.2. Отобрать с помощью кольца и прибора для отбора монолитов образец породы и взвесить его вместе с кольцом (m_1). По разности масс m_1 и m_0 определить массу образца с природной влажностью m , г (рис.2, рис. 3).



Рис.2. Отбор образца с помощью пробоотборника.



Рис.3 Отбор образца с помощью грунтоотборника ПЛЛ

1.3. Установить кольцо с образцом в ванночку прибора. Поместить на образец поршень, установить и закрепить индикатор, записать его исходное показание (рис.4 и рис.5).



Рис.4. Внешний вид прибора для определения набухания грунтов ПНГ2

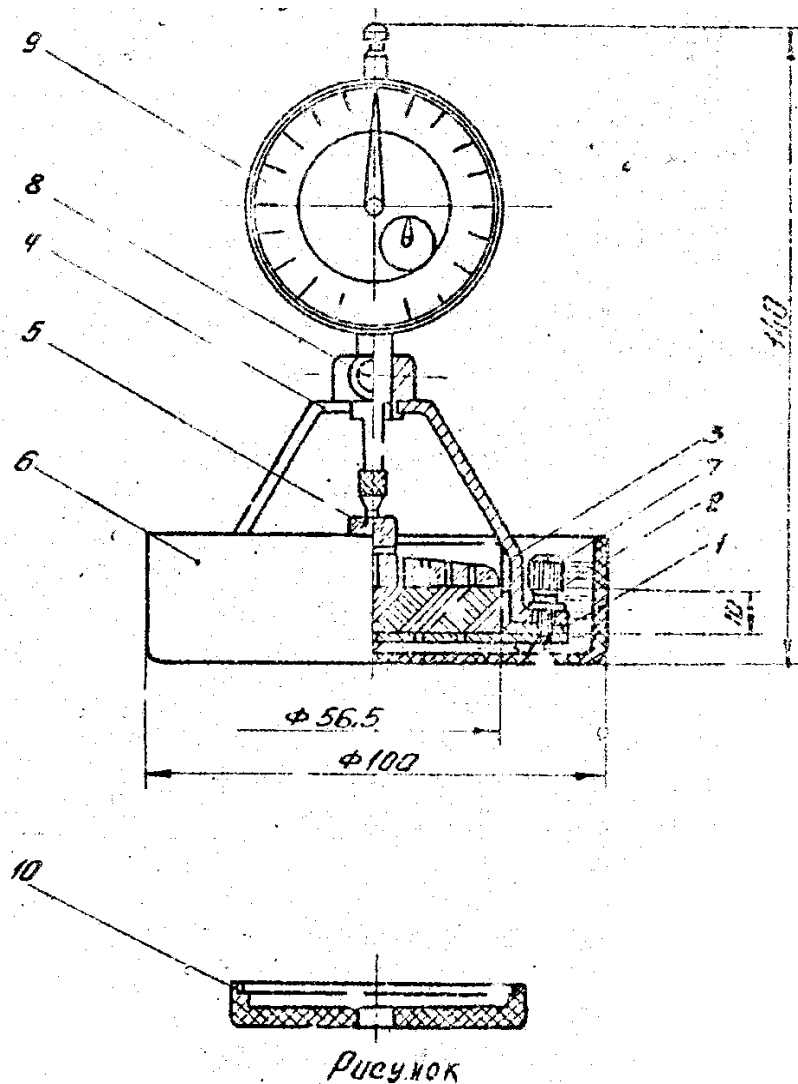


Рис.5. Прибор для определения набухания грунтов ПНГ2: 1-основание; 2-кольцо; 3-насадка; 4-стойка; 5-поршень; 6-ванна; 7-винты для крепления стойки; 8-винты для крепления индикатора; 9-индикатор

2. Порядок испытаний.

2.1. Заметить время, налить воды в ванночку прибора и следить за показаниями индикатора, записывая их через 10, 20, 30 мин., а затем через 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 24 ч. Опыт считается законченным, если приращение высоты образца не превышает 0,02 мм/сут.

2.2. По окончании опыта извлечь кольцо с образцом из прибора, удалить капли воды, взвесить его вместе с образцом (m_2), высушить до постоянной массы в сушильном шкафу и снова взвесить (m_3). По разности масс m_2 и m_0 найти массу набухшего образца $m_{наб.}$, г, по разности m_3 и m_0 определить массу абсолютно сухого образца $m_{ск}$, г.

Данные опыта занести в таблицу 1.

Таблица 1.

Масса кольца m_0 , г	Масса кольца с образцом m_1 , г	Масса образца до высушивания m , г	Масса кольца с образцом после опыта m_2 , г	Масса образца после опыта $m_{\text{наб.}}$, г	Масса кольца с образцом после высушивания m_3 , г	Масса абсолютно сухого образца $m_{\text{ск}}$, г	Примечание

3. Обработка результатов.

3.1. Относительное набухание ε_{sw} , %, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{sw}} = 100(h_1 - h_0)/h_0, \quad (1)$$

где h_0 – начальная высота образца, мм;

h_1 – высота образца по окончании опыта, мм.

3.2. Приращение влажности образца в результате набухания. Δw , %, находится по разности между влажностью набухания w_{sw} , %, и природной влажностью W , %.

$$\Delta W = W_{\text{sw}} - W, \quad (2)$$

$$W_{\text{sw}} = 100 (m_{\text{наб}} - m_{\text{ск}}) / m_{\text{ск}}, \quad (3)$$

$$W = 100 (m - m_{\text{ск}}) / m_{\text{ск}}, \quad (4)$$

Согласно ГОСТ 24143-80 **набухающий грунт** – грунт, который при замачивании водой увеличивается в объеме и имеет относительную деформацию набухания (в условиях свободного набухания) $\geq 0,04$.

Набухание грунтов — важное свойство, которое необходимо учитывать при проведении строительных работ.

На почвах с хорошо выраженными явлениями набухания и усадки возможна гибель культурных растений за счет разрыва корневых систем при расширении и сжатии почвы.

При использовании сильно набухающих почв в земледелии возникают большие сложности с регулированием водного режима почвы (в частности, в условиях орошения) и проведением механических обработок.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ГРУНТОВ С ПОМОЩЬЮ ТРУБКИ СПЕЦГЕО

Лабораторная работа №2

Водопроницаемость грунтов характеризует их способность пропускать через себя воду.

Водопроницаемость оценивается величиной коэффициента фильтрации (K , см/с, м/сут), представляющего собой скорость продвижения воды через породу при единичном напорном градиенте.

Трубка СПЕЦГЕО предназначена для определения коэффициента фильтрации песчаных пород с нарушенной или ненарушенной структурой при постоянном напорном градиенте, равном 1.

Необходимое оборудование: трубка СПЕЦГЕО, нож, сосуд с водой, секундомер.

Прибор состоит из металлической полой трубки с заостренными краями (высота цилиндра 10 см, площадь внутреннего сечения трубки $F = 25 \text{ см}^2$), на нижнюю ее часть одевается дно, а на верхнюю - муфта. В дно и муфту вставляются латунные сетки. Кроме того, в муфту вставляется мерный цилиндр (рис.6).

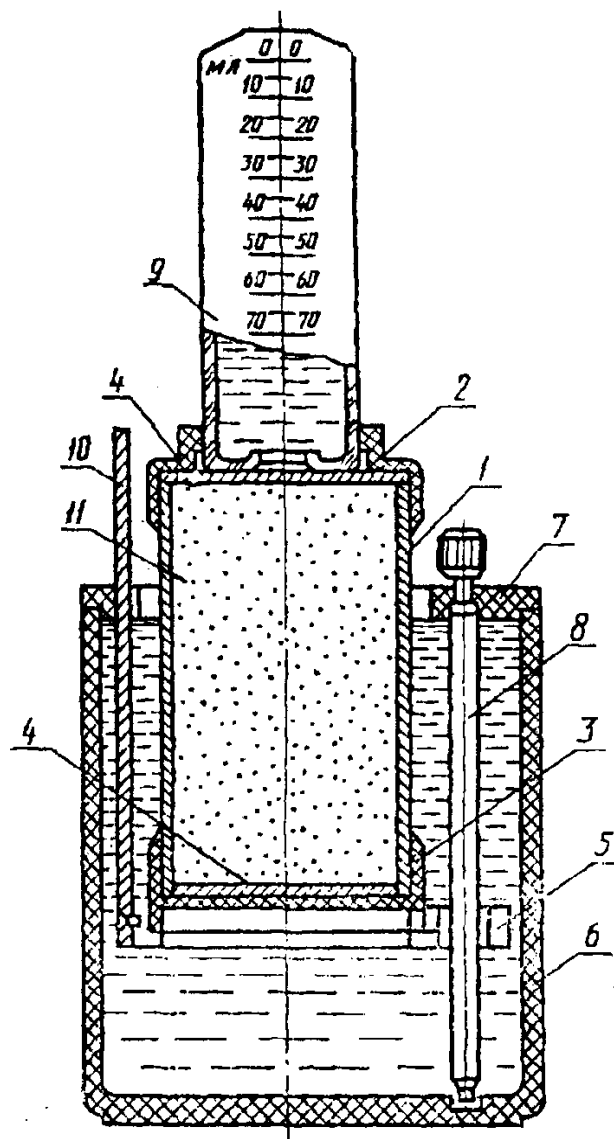


Рис.6. Трубка универсальная СПЕЦГЕО: 1-фильтрационная трубка; 2-верхняя муфта; 3-нижняя муфта -; 4- сетки; 5- подставка; 6-корпус с водой; 7-крышка; 8-телескопическое приспособление; 9- баллон; 10-шкала планки; 11-проба грунта

1. Подготовка к испытаниям.

1.1. Вдавить трубку в грунт или вровень с краями.

1.2. Надеть на нижнюю часть трубки дно с латунной сеткой, поставить трубку с образцом грунта в сосуд с водой, чтобы образец пропитался водой, о чем судят по изменившемуся цвету пробы в верхнем торце трубки. На образец уложить сетку и надеть муфту на верхнюю часть трубки (рис.7).



Рис. 7. Установка верхней муфты на трубку

2.3. Заполнить мерный цилиндр водой, повернуть его над трубкой и укрепить в муфте так, чтобы горлышко его отстояло от поверхности песка приблизительно на 0,5 - 1 мм. В таком виде мерный цилиндр будет автоматически поддерживать над образцом постоянный уровень воды (рис.8).



Рис.8. Установка заполненного водой баллона

2. Проведение испытаний.

2.1. Заметить на шкале положение уровня воды в мерном цилиндре, пустить секундомер и через определенное время (50 - 100 с для среднезернистых песков, 250 - 300 с - для глинистых песков) заметить второй уровень. По разности уровней определить объем профильтровавшейся воды. Опыт повторить три раза, данные наблюдения занести в таблицу.

Таблица 2.

Номер опыта	Время фильтрации	Объем профильтровавшейся воды, Q , см^3	Коэффициент фильтрации, K , см/с	Средний коэффициент фильтрации, $K_{\text{ср}}$, см/с

3. Обработка результатов.

3.1. Подсчитать величину коэффициента фильтрации (K , см/с) по формуле:

$$K = Q / (F T), \quad (5)$$

где F - площадь поперечного сечения трубки, см²;

T – время, сек;

Q – объем профильтровавшейся воды, см³

Полученное значение коэффициента фильтрации перевести в м/сут.

Средние ориентировочные значения коэффициента фильтрации для некоторых видов грунтов приведены в таблице 3.

Таблица 3

Грунт	Коэффициент фильтрации K , м/сут
Галечниковый (чистый)	200
Гравийный (чистый)	От 100 до 200
Крупнообломочный с песчаным наполнителем	От 100 до 150
Песок:	
гравелистый	От 50 до 100
крупный	От 25 до 75
средней крупности	От 10 до 25
мелкий	От 2 до 10
пылеватый	От 0,1 до 2
Супесь	От 0,1 до 0,7
Суглинок	0,005 до 0,4
Глина	0,005
Торф:	
слаборазложившийся	От 1 до 4
среднеразложившийся	От 0,15 до 1,0
сильноразложившийся	От 0,01 до 0,15

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Определение показателей физических свойств дисперсных пород методом режущего кольца

Лабораторная работа № 3

Необходимое оборудование: прибор для отбора монолитов (рис.2, рис.3), пробоотборные кольца, выталкиватель, нож, алюминиевые стаканчики, технические весы, сушильный шкаф, штангенциркуль.

1. Подготовка к испытаниям.

1.1. Измерить внутренний диаметр и высоту грунтоотборного кольца с погрешностью не более 0,1 мм, вычислить объем кольца с точностью до 0,1 см³.

1.2. Взвесить два алюминиевых стаканчика вместе с крышками, результаты взвешивания записать в журнал (табл. 4)

2. Проведение испытания.

2.1. Смазать тонким слоем вазелина внутреннюю сторону пробоотборного кольца.

2.2. Отобрать с помощью прибора для отбора монолитов и пробоотборного кольца образец грунта с ненарушенной структурой и природной влажностью (монолит).

2.3. Образец грунта с помощью выталкивателя перенести в предварительно взвешенный алюминиевый стаканчик массой m_0 , взвесить вместе с ним (m_1) на технических весах с точностью до 0,01 г. По разности масс m_1 и m_0 найти массу образца породы с природной влажностью (m , г).

2.4. Образец грунта вместе со стаканчиком поместить в сушильный шкаф, где он высушивается до постоянной массы при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$. Песчаные породы высушивают в течение 3-4 ч, остальные в течение 5-7 ч. После охлаждения образец взвешивается (m_2). По разности масс m_2 и m_0 находится масса абсолютно сухого образца ($m_{\text{ск}}$, г).

Опыт повторить дважды, его результаты занести в таблицу 4.

Таблица 4.

№ п/п	Номер стаканчика	Масса стаканчика с образцом, m_0 , г	Масса стаканчика с образцом, m_1 , г	Масса образца до высушивания, m , г	Масса стаканчика с высушенным образцом, m_2 , г	Масса абсолютно сухого образца $m_{\text{ск}}$, г	Примечание
1							
2							

3. Обработка результатов.

3.1. Плотность грунта ρ , г/см^3 , определяется как отношение массы образца с природной влажностью (m , г), к его объему (V , см^3)

$$\rho = m/V, \quad (6)$$

3.2. Плотность сухого грунта ρ_d , г/см^3 , определяется как отношение массы абсолютно сухого образца грунта $m_{\text{ск}}$, г, к его первоначальному объему V , см^3 .

$$\rho_d = m_{\text{ск}}/V, \quad (7)$$

3.3. Пористость грунта представляет собой отношение объема пор образца породы к общему объему и выражается в долях единицы или процентах. Находится расчетным путем:

$$n = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s \quad (8)$$

где ρ_s - плотность частиц грунта, г/см^3 (отношение массы абсолютно сухого образца грунта к объему твердых частиц этого образца), определяется пикнометрическим методом, с достаточной для практических расчетов точностью может быть принята равной: песок - $2,66 \text{ г/см}^3$, супесь - $2,70 \text{ г/см}^3$, суглинок - $2,71 \text{ г/см}^3$, глина - $2,74 \text{ г/см}^3$, лесс - $2,65 \text{ г/см}^3$, лессовидный суглинок - $2,68 \text{ г/см}^3$.

3.4. Коэффициент пористости e (отношение объема пор образца грунта

к объему твердой минеральной части этого образца) выражается в долях единицы и находится расчетным путем:

$$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d \quad (9)$$

Пески по плотности сложения подразделяются на виды согласно таблице 5.

Таблица 5

Вид грунта	Степень плотности по e		
	Плотные	Средней плотности	Малой плотности
Крупнообломочные	$e < 0,50$	0,50 – 0,80	$e > 0,80$
Пески гравелистые, крупные, средние	$e < 0,55$	0,55 – 0,70	$e > 0,70$
Пески мелкие	$e < 0,60$	0,60 – 0,75	$e > 0,75$
Пески пылеватые	$e < 0,60$	0,60 – 0,80	$e > 0,80$
Глины, суглинки, супеси	$e < 0,50$	0,50 – 0,80	$e > 0,80$

3.5. Весовая влажность грунта ω , %, определяется как отношение массы воды в образце грунта, удаленной из нее высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного образца:

$$W = 100 (m - m_{ск}) / m_{ск} \quad (10)$$

3.6. Объемная влажность грунта ω_0 , %, определяется как отношение объема воды в образце породы к первоначальному объему образца. Объемную влажность считают по формуле:

$$W_0 = 100 (m - m_{ск}) / V, \quad (11)$$

3.7. Степень влажности S_r , характеризует степень заполнения пор водой и численно равна:

$$S_r = W_0/n \quad (12)$$

На основании полученных результатов дать влажностную характеристику исследуемого грунта (таблица 6).

Таблица 6

Влажностная характеристика	Степень влажности
Маловлажные	0 – 0,50
Средневодонасыщенные (влажные)	0,50 – 0,80
Водонасыщенные	> 0,8

Определение показателей пластичности грунтов

Лабораторная работа № 4

Пластичностью грунтов называют ее способность деформироваться под влиянием внешнего воздействия без разрыва сплошности (без образования трещин) и сохранять принятую форму после прекращения этого воздействия.

Пластичное состояние грунта ограничивается двумя пределами (границами): границей раскатывания и границей текучести. Эти границы представляют собой весовые влажности грунтов в точках ее перехода соответственно из твердого в пластичное и из пластичного в текучее состояние.

Определение границы раскатывания

Границу раскатывания W_p , % следует определять как весовую влажность пасты, приготовленной из исследуемого грунта, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на куски длиной 3-10 мм.

Необходимое оборудование: фарфоровая ступка, выталкиватель с резиновым пестиком, сито с отверстиями 5 мм, стеклянная пластинка, весы, сушильный шкаф.

1. Подготовка к испытаниям.

1.1. Образец грунта массой 100-150 г в воздушно-сухом состоянии растереть шпателем в фарфоровой ступке, просеять сквозь сито, увлажнить водой до состояния густой пасты, перемешивая шпателем. Полученную массу выдержать в закрытом виде не менее 2 ч.

1.2. Взвесить два алюминиевых стаканчика вместе с крышками, результаты взвешивания записать в журнал (см. табл. 4)

2. Проведение испытаний.

2.1. Подготовленную грунтовую пасту тщательно перемешать, взять небольшой кусочек и раскатать на стеклянной пластинке до образования жгута размером 3 мм. Если при этой толщине жгут сохраняет связность и пластичность, его собирают в комочек и вновь раскатывают до образования жгута диаметром 3 мм. Раскатывать следует, слегка нажимая на жгут, длина жгута не должна превышать ширины ладони. Раскатывание продолжают до тех пор, пока жгут не начинает распадаться по поперечным трещинам на кусочки длиной 3-10 мм.

4.2. Кусочки распадающегося жгута собрать в два стаканчика, накрываемые крышкой. Когда масса породы в стаканчиках достигает 10-15 г, определить весовую влажность, которую вычислить по формуле (10).

Определение границы текучести

Границу текучести W_L , %, следует определять как весовую влажность

пасты, приготовленной из исследуемого грунта, при которой балансирный конус погружается под действием собственной массы за 5 с на глубину 10 мм.

Необходимое оборудование: балансирный конус (рис.9), шпатель, вазелин, алюминиевые стаканчики, весы, сушильный шкаф, фарфоровая ступка, сито с отверстием 0,5 мм.



Рис.9. Балансирный конус Васильева (КБВ)

1. Подготовка к испытаниям

Подготовку породы производят в соответствии с пп. 1.1-1.2, как для определения границы раскатывания.

2. Проведение испытаний

2.1. Подготовленную грунтовую пасту, тщательно перемешать шпателем и небольшими порциями уложить в алюминиевую чашку. Поверхность пасты загладить шпателем вровень с краями чашки.

2.2. Балансирный конус, смазанный тонким слоем вазелина, подвести к поверхности грунтовой пасты так, чтобы его острие касалось пасты. Затем плавно опустить конус, позволяя ему погрузиться в пасту под действием собственной массы (рис. 10).

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

2.4. При погружении конуса в течение 5 с на глубину менее 10 мм грунтовую пасту извлечь из чашки, присоединить к оставшейся пасте, добавить немного воды, тщательно перемешать ее и повторить операции, указанные в п.п. 2.1.-2.3.

2.5. При погружении конуса за 5 с на глубину более 10 мм грунтовую пасту из чашки переложить в фарфоровую ступку; слегка подсушить на воздухе, непрерывно помешивая шпателем, и повторить операции, указанные в п.п. 2.1.-2.3.

2.6. При достижении границы текучести (п. 2.3.) из пасты отобрать две пробы массой 15-20 г для определения весовой влажности, которую вычислить по формуле (10).



Рис.10. Определение верхнего предела пластичности с помощью балансирующего конуса КБВ

Определение числа пластичности и показателя текучести

Число пластичности I_p , %, определяется по разности между границами текучести и раскатывания:

$$I_p = W_L - W_p \quad (13)$$

Глинистые грунты по величине числа пластичности классифицируются следующим образом: пески ($I_p < 1\%$), супеси ($1 < I_p < 7$), суглинки ($7 < I_p < 17$) и глины ($I_p > 17\%$).

Природное состояние (консистенции) глинистых грунтов приближенно оценивается величиной показателя текучести I_L , определяемого по формуле:

$$I_L = (W - W_p) / (W_L - W_p) \quad (14),$$

где ω - природная весовая влажность породы, %;

W_p - влажность на границе раскатывания, %;

W_L - влажность на границе текучести, %.

Таблица 7. Классификация грунтов по показателю текучести I_L (консистенция)

<i>Супеси</i>		<i>Суглинки и глины</i>	
Твердая	< 0	Твердая	< 0
		Полутвердая	0 – 0,25
Пластичная	1 – 1,0	Тугопластичная	0,25 – 0,50
		Мягкопластичная	0,50 – 0,75
Текучая	> 1,0	Текучепластичная	0,75 – 1,0
		Текучая	> 1

Пользуясь полученными данными необходимо дать наименование образцу грунта по числу пластичности и показателю текучести.

ИЗУЧЕНИЕ РАЗМОКАНИЯ ГРУНТА

Лабораторная работа № 5

Скорость и характер размокания грунта определяют в приборе ПРГ-1 (рис. 11). Корпус изготовлен из прозрачного оргстекла, на котором нанесена шкала (10) с делениями от 0 до 25. На две опоры (2) устанавливается свободно качающаяся ось (3). На оси с помощью гайки (4) укреплены стрелка (5) и рычаг (6). К дуговой части рычага подвешена с помощью гибкой связи (7) сетка (8), на которую устанавливается образец грунта.

Необходимое оборудование: прибор для размокания грунта ПРГ-1, грунтоотборное кольцо.

1. Подготовка к испытаниям

1. Производят подготовку образца, вырезая кольцом из монолита грунта цилиндры, равные 3 см по диаметру и высоте.

2. Проведение испытаний

2.1. Убедившись, что стрелка прибора занимает нулевое положение, приподнимают сетку левой рукой, ставят ее на край правой стенки корпуса прибора и осторожно устанавливают образец. Придерживая рычаг, плавно погружают сетку с образцом в воду.

2.2. После погружения образца грунта в воду записывают первоначальную числовую отметку.

2.3. Числовые отметки фиксируются через определенные промежутки времени (2, 5, 10, 15, 20, 30 мин и т. д.) распада образца. Все количественные и качественные изменения, происходящие с грунтом, заносят в таблицу.

2.4. Опыт считается законченным, когда грунт полностью пройдет сквозь сетку на дно корпуса и стрелка вновь займет нулевое положение.

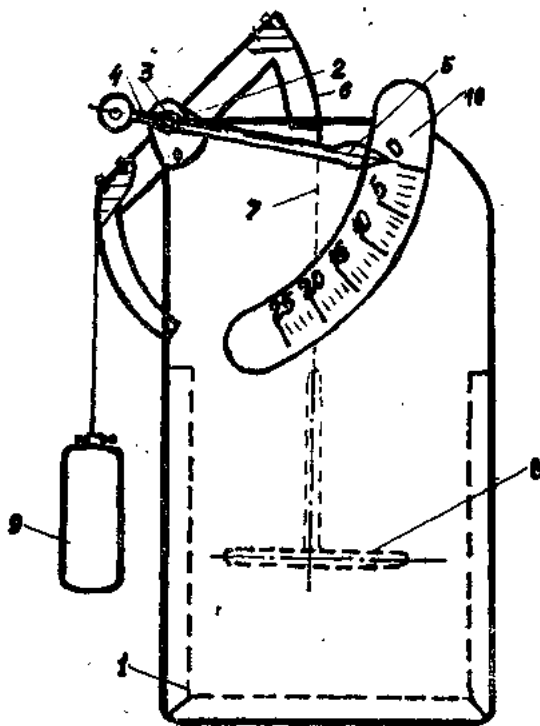


Рис. 11. Прибор ПРГ-1 для определения размокания грунтов: 1-корпус; 2-опоры; 3-качающаяся ось; 4-гайка; 5-стрелка; 6-скобообразный рычаг; 7-гибкая связь; 8-сетка; 9-противовес; 10-шкала.



Рис.12. Определение скорости размокания грунта прибором ПРГ-1

3. Обработка результатов.

3.1. Определяют числовую характеристику скорости распада грунта под водой. Процент распада вычисляется по формуле

$$П = \frac{Г - Р}{Г} \cdot 100\% \quad (15)$$

Где $П$ - распад грунта, %; $Г$ - начальная числовая отметка; $Р$ - числовая отметка в процессе размокания.

3.2. Строят график скорости размокания грунта. На оси абсцисс откладывают время, на оси ординат – распад грунта в процентах.

3.3. По времени размокания образца различают типы размокаемости:

- мгновенная - полностью за 1 мин;
- очень быстрая - более 80-90 % объема за 30 мин;
- быстрая - более 50 % объема за 1 ч,
- медленная - менее 50 % объема за 6 ч;
- очень медленная - менее 25 % объема за 24 ч;
- неразмокающий грунт - менее 10 % объема за 48ч.

3.4. По характеру размокания образца различают форму, размеры (крупные, мелкие комочки, чешуйки, пыль), последовательность распада.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ

Определение показателей компрессионных свойств грунтов (сжимаемости)

Лабораторная работа №6

Сжимаемость - деформация уплотнения грунтов в условиях невозможности бокового расширения. Она оценивается коэффициентом уплотнения, величиной относительной вертикальной деформации и модулем деформации породы.

Необходимое оборудование: компрессионный прибор (рис.13, 14), зажимное и рычажное устройства, набор гирь, индикатор, прибор для отбора монолитов, пробоотборное кольцо, нож, весы, сушильный шкаф.

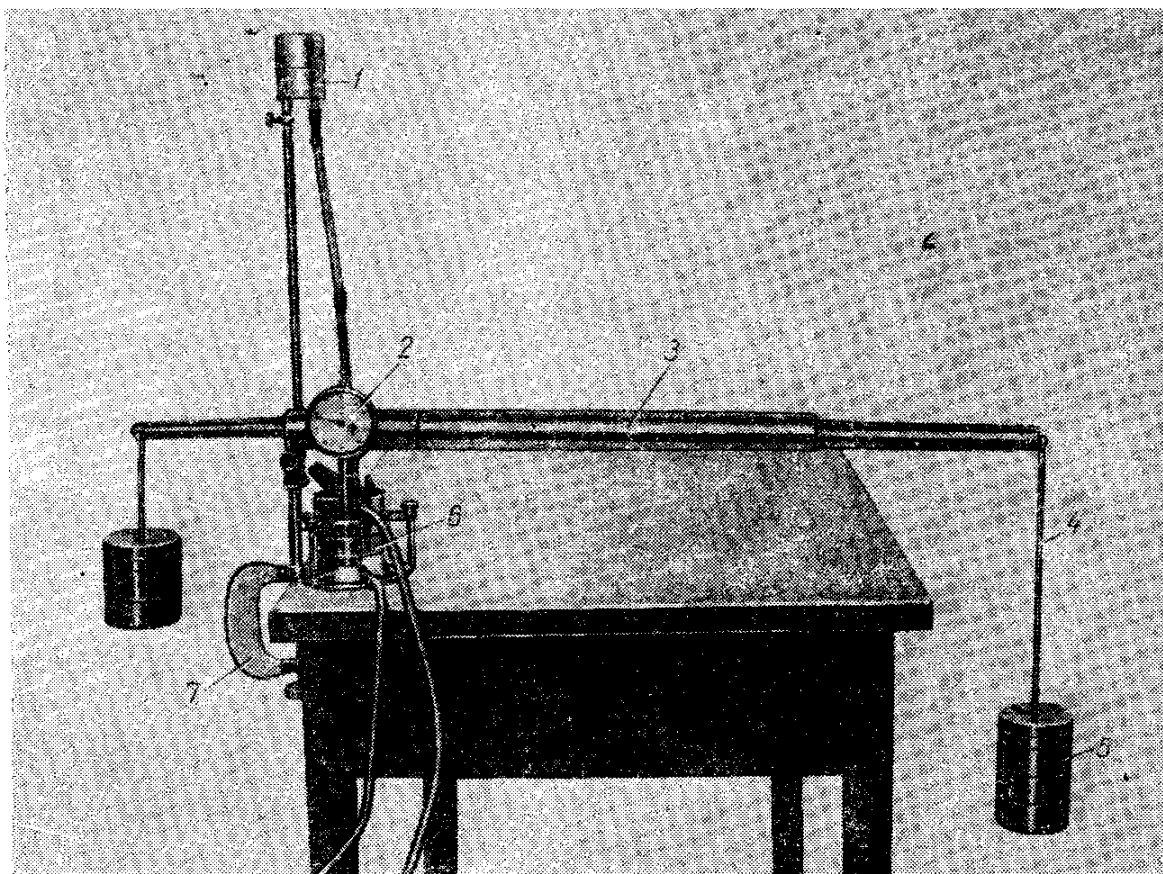


Рис. 13. Схема установки компрессионного прибора: 1-штатив с воронкой; 2-индикатор; 3-рычжная система; 4-подвеска к рычагу; 5-грузы; 6-основная часть прибора; 7-зажимное устройство



Рис.14. Внешний вид компрессионного прибора

1. Подготовка к испытаниям.

1.1. С помощью предварительно взвешенного пробоотборного кольца (m_0 , г), имеющего высоту 20 мм и внутренний диаметр 56,5 мм, отобрать образец грунта и взвесить его вместе с кольцом (m_1 , г). По разности масс m_1 и m_0 найти массу образца до начала опыта и вычислить по формуле (6) плотность грунта ρ , г/см³.

1.2. Кольцо с образцом, покрытое сверху и снизу фильтровальной бумагой, поместить в компрессионный прибор (рис.15), укрепленный с помощью зажимного устройства на краю стола. Установить индикатор, уравновесить в нейтральном положении рычаг, нагружая короткое плечо, и отпустить зажимной винт поршня компрессионного прибора.



Рис. 15. С помощью выталкивателя переместить образец в компрессионный прибор

2. Проведение испытания.

2.1. Испытания проводят на лабораторном занятии по ускоренной методике: на подвеску длинного плеча рычажного устройства последовательно установить гири массой 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 кг, что создает вертикальную нагрузку соответственно 100, 200, 300, 400, 500 и 600 кПа на поверхность образца (рис.16).



Рис. 16. Установка гири на длинное плечо рычага

2.2. Выдержать образец на каждой ступени нагрузки в течение 10 мин (условно считается, что за это время уплотнение образца стабилизируется), взять отсчет по индикатору, что позволит установить абсолютную величину уменьшения высоты образца в ходе проведения испытаний Δh , мм Данные опыта занести в журнал (табл.8)

Таблица 8

Номер ступени	Вертикальная нагрузка P , кПа	Отчёт по индикатору	Уменьшение высоты образца Δh , мм	Уменьшение высоты нарастающим итогом $\Sigma \Delta h$, мм	Коэффициент пористости, e_i

2.3. По окончании испытаний кольцо с образцом взвесить (m_2 , г), высушить в сушильном шкафу до постоянной массы и снова взвесить (m_3 , г). По разности масс m_2 и m_0 найти массу образца в конце опыта $m_{\text{кон}}$, г, по разности масс m_3 и m_0 - массу абсолютно сухого образца $m_{\text{ск}}$, г. Это дает возможность рассчитать по формулам (6)-(7) плотность образца по окончании опыта $\rho_{\text{кон}}$, г/см³, плотность сухой породы ρ_d , г/см³, коэффициент пористости породы до начала опыта e_0 , а также весовую влажность образца до и после опыта $W_{\text{нач}}$ и $W_{\text{кон}}$, %.

3. Обработка результатов.

3.1. Имея величину коэффициента пористости грунта до начала опыта e_0 , рассчитать его величину для каждой ступени нагрузки e_i с использованием так называемого высотного метода. При этом каждое последующее значение коэффициента пористости находится, исходя из предыдущего его значения, по формуле:

$$e_i = e_0 - [\Sigma \Delta h(1 + e_0)/h] \quad (16)$$

где $\Sigma \Delta h$ - уменьшение высоты образца нарастающим итогом под действием ступени нагрузки, мм, h - начальная высота образца, мм. Данные расчетов записать в табл. 7.

3.2. Вычертить графики зависимости: $e = f(P)$; $\Delta h = f(P)$.

3.3. Вычислить показатели сжимаемости:

- коэффициент уплотнения a , кПа^{-1}

$$a = (e_1 - e_3)/(P_3 - P_1) \quad (17)$$

где: e_1 и e_3 соответствуют давлениям $P_1 = 100$ и $P_3 = 300$ кПа;

- модуль деформации E , кПа,

$$E = \beta (1 + e_0) / a \quad (18)$$

где: β - поправка, учитывающая отсутствие поперечного расширения породы в компрессионном приборе; принимается равной для песков - 0,8, супесей - 0,7, суглинков - 0,5, глин - 0,4;

- относительную вертикальную деформацию λ , % для давления 300 кПа

$$\lambda = 100 \Delta h/h, \quad (19)$$

Определение показателей сопротивления породы сдвигу.

Лабораторная работа №7

Сопротивление породы сдвигу - это способность пород сопротивляться смещению одной их части относительно другой, обусловленная силами сцепления и трения между частицами породы. Оценивается величиной коэффициента внутреннего трения и сцепления.

Необходимое оборудование: сдвиговой прибор (рис.17), зажимное и рычажное устройства, набор гирь, два индикатора, прибор для отбора образца, пробоотборное кольцо, нож.

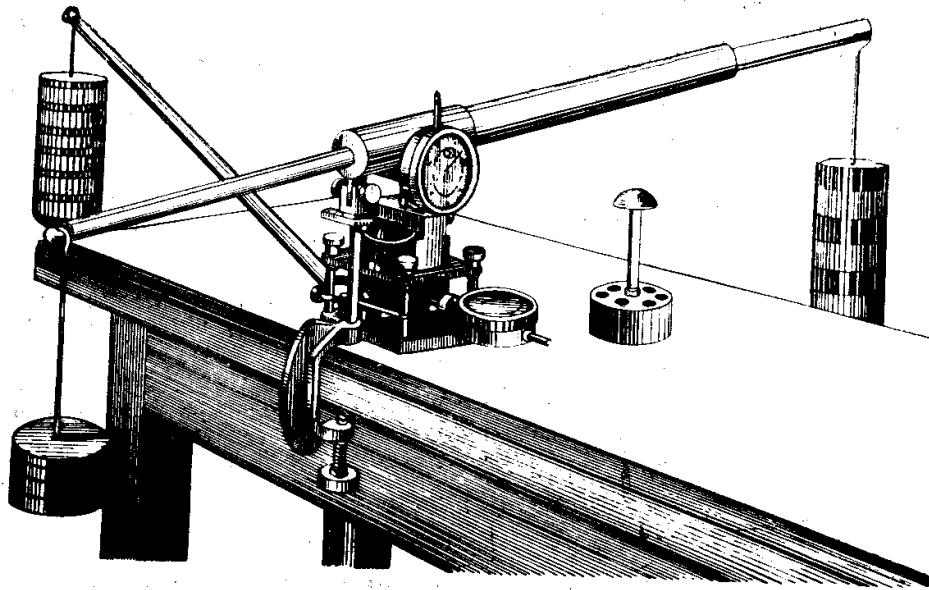


Рис. 17. Сдвиговой прибор

1. Подготовка к испытаниям.

1.1. С помощью пробоотборного кольца отобрать образец грунта.

1.2. Прикрепить нижнюю часть сдвигового прибора к столу, завинтить до отказа горизонтальные упорные винты у основания прибора. Переместить с помощью поршня - выталкивателя образец породы из пробоотборного кольца в прибор, перекрыв его сверху и снизу фильтровальной бумагой. Установить верхнюю часть прибора, закрепить индикаторы, рычаги для вертикальной и горизонтальной нагрузок (рис.18).



Рис.18. Сборка сдвигового прибора



Рис.19 Укрепление сдвигового прибора с помощью струбцины

2. Проведение испытаний.

2.1. Отпустить зажим винта поршня прибора и приложить первую ступень вертикальной сжимающей нагрузки величиной 100 кПа (для этого нужно установить на подвеску длинного плеча рычага гирю массой 0,5 кг). Выдержать образец под этой нагрузкой 5 мин (условно считается, что за это время уплотнение образца стабилизируется).

2.2. Отпустить горизонтальные упорные винты в нижней части сдвигового прибора и приложить горизонтальное сдвигающее усилие ступенями 10-20 кПа (рис.19). Каждую ступень горизонтальной нагрузки выдержать до условной стабилизации деформации сдвига (показания индикатора изменяются со скоростью, не превышающей 0,01 мм/мин). За сдвигающую принимают нагрузку, при которой показания индикатора отмечают резкое нарастание нестабилизирующейся деформации сдвига.



Рис.19. Горизонтальное сдвигающее усилие прикладывают ступенями по 10 кПа

2.3. По окончании первого испытания необходимо разобрать прибор, очистив его от грунта, снова собрать и повторить испытания при других величинах вертикальной сжимающей нагрузки. Данные испытаний заносят в журнал (табл. 9).

Таблица 9

№ п/п	Величина вертикальной нагрузки P, кПа	Сдвигающее усилие τ , кПа

3. Обработка результатов.

3.1. Вычертить график зависимости $\tau = f(P)$

3.2. Вычислить показатели сопротивления породы сдвигу:

- коэффициент внутреннего трения

$$f = \operatorname{tg} \varphi = (\tau_3 - \tau_1) / (P_3 - P_1) \quad (20)$$

- сцепление

$$c = \tau_1 - P_1 \operatorname{tg} \varphi, \text{ кПа}, \quad (21)$$

где: $P_1 = 100$ кПа, $P_3 = 300$ кПа; τ_1 и τ_3 - соответствующие им сдвигающие усилия.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВ

СИТОВЫМ МЕТОДОМ

Лабораторная работа №8

Гранулометрический состав показывает, какого размера частицы и в каком количестве содержатся в грунте. Содержание частиц различного размера (фракций) выражается в процентах от веса воздушно-сухого образца.

Необходимое оборудование: набор стандартных сит с отверстиями диаметром 10, 5, 2, 1,5, 0,25, 0,1 мм (рис. 21), весы с разновесами, фарфоровая ступка с резиновым пестиком.



Рис. 21. Набор стандартных сит

1. Порядок работы.

1.1. Отобранную для анализа, высушенную на воздухе и растертую в ступке пробу грунта взвесить с точностью до 0,01 г в количестве 100 г.

1.2. Просеять пробу через колонну сит и взвесить содержимое каждого сита, а также частиц грунта, прошедших в поддон.

1.3. Сложить массу всех фракций и сумму сравнить с массой пробы породы, взятой на анализ. Расхождение не должно превышать 1-2 % от массы пробы.

2. Обработка результатов.

2.1. Определить процентное содержание каждой фракции по формуле:

$$A = 100 \frac{v}{a}, \quad (22)$$

где: A – содержание фракции; v - масса соответствующей фракции; a - навеска грунта.

Результаты ситового анализа занести в журнал (табл. 10)

Номер образца	Вес пробы	Фракции, мм							
		> 10	10-5	5-2	2-1	1-0,1	0,5-0,25	0,25-0,1	<0,1
		Масса, г				Содержание, %			

2.2. Выразить результаты анализа гранулометрического состава грунта с помощью **интегральной (кумулятивной) кривой**. По оси абсцисс отложить значения диаметра частиц, по оси ординат в начале откладывают процентное содержание самой крупной фракции, затем сумму процентного содержания каждой последующей и предыдущей фракции и т.д.

2.3. Согласно классификации механических элементов (рис.11) сделать вывод грансоставе грунта.

Табл. 11. Классификация механических элементов грунта (по Н.А. Качинскому)

Механические элементы	Размер механических элементов, мм
Скелет почвы	
камни	>3
гравий	1 – 3
Мелкозем почвы	
песок крупный	1,0 – 0,5
средний	0,5 - 0,25
мелкий	0,25 – 0,05
пыль крупная	0,05- 0,01
средняя	0,01 – 0,005
мелкая	0,005 – 0,001
ил грубый	0,001 – 0,0005
тонкий	0,0005 – 0,0001
коллоиды	<0,0001

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

Лабораторная работа №9

Углом естественного откоса называют угол α , образуемый поверхностью свободного песка с горизонтальной плоскостью. Этот угол определяют в воздушно-сухом состоянии.

Определение угла естественного откоса сухого песчаного грунта

Необходимое оборудование: прибор УВТ для определения угла естественного откоса песчаных грунтов (рис.22).

1. Порядок работы.

1.1. Поставить прибор УВТ на горизонтальную плоскость.

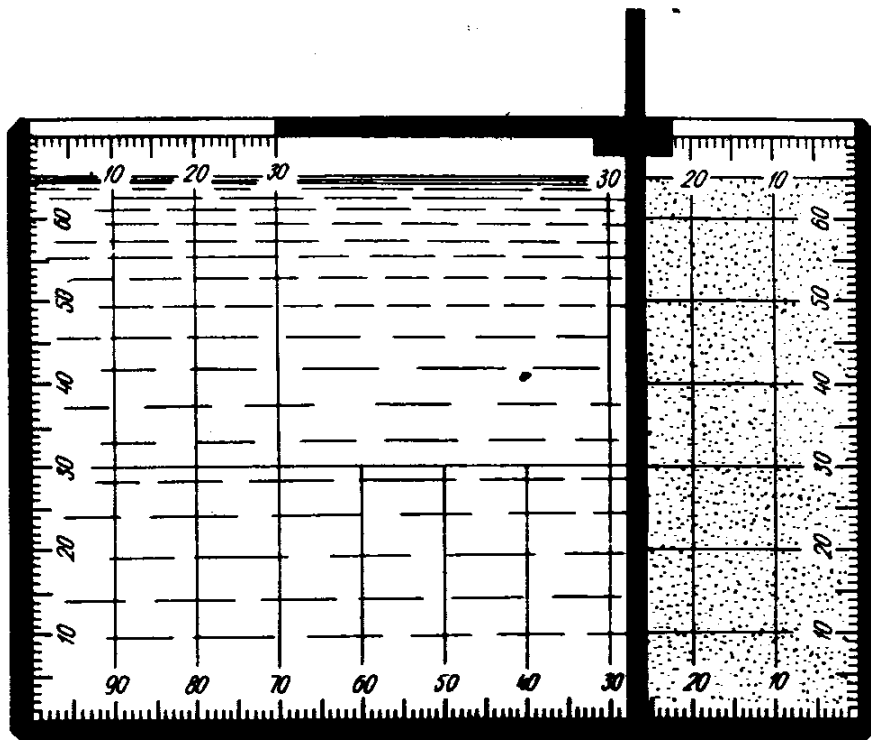


Рис.22. Прибор УВТ для определения угла естественного откоса песчаных грунтов

1.2. Опустить выдвижную створку прибора до его дна.

1.3. Насыпать в малое отделение прибора (до верха) испытуемый песок.

1.4. Осторожно (без толчков) выдвинуть створку, придерживая прибор.

1.5. После того как песок пересыплется в большое отделение прибора и наступит состояние равновесия, снять отсчет по горизонтальной и вертикальной шкалам прибора (с точностью до 1 мм).



Рис. 23. Определение угла естественного откоса песчаных пород с помощью прибора УВТ

1.6. По значениям катетов вычислить тангенсы угла естественного откоса α испытуемого песка.

1.7. По значению тангенса угла, пользуясь таблицей тангенсов, определить величину α .

1.8. Испытание повторить не менее трех раз и определить среднее арифметическое этих результатов.

Определение угла естественного откоса песчаного грунта под водой

2. Порядок работы.

2.1. Прodelать операции, указанные в пп. 1.1-1.3.

2.2. Налить воду в большое отделение прибора доверху.

2.3. Выдвинуть вверх створку прибора на несколько миллиметров, чтобы вода смогла проникнуть в малое отделение.

2.4. После того как весь грунт пропитается водой (это будет заметно по потемнению окраски песка), приподнять выдвижную створку.

2.5. После того как песок пересыплется в большое отделение прибора и наступит состояние равновесия, сделать отсчеты по горизонтальной и вертикальной шкалам.

2.6. Вычислить тангенс угла и определить величину α . Операции повторить три раза и найти среднее арифметическое из трех величин α .

Угол естественного откоса учитывается при разработке мероприятий по рекультивации земель, нарушаемых в процессе разработки карьеров и строительства автомобильных дорог (табл. 12).

Таблица 12

Порода	Угол естественного откоса, град, для породы		
	сухой	влажной	мокрой
Растительная земля	40	35	25
Песок крупный	30-35	32-40	25-27
Песок средний	28-30	35	25
Песок мелкий	25	30-35	15-20
Суглинок	40-50	35-40	25-30
Глина жирная	40-45	35	15-20
Гравий	35-40	35	30
Торф без корней	40	25	15
Скальные	45-60		

Вывод: Угол естественного откоса песка под водой меньше угла естественного откоса сухого песка на несколько градусов.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. Определение способности грунтов к набуханию	4
Лабораторная работа №2. Определение водопроницаемости грунтов с помощью трубки СПЕЦГЕО	8
Лабораторная работа № 3. Определение показателей физических свойств дисперсных пород методом режущего кольца	12
Лабораторная работа № 4. Определение показателей пластичности грунтов	15
Лабораторная работа № 5. Изучение размокания грунта	18
Лабораторная работа №6. Определение показателей компрессионных свойств грунтов (сжимаемости)	20
Лабораторная работа №7. Определение показателей сопротивления породы сдвигу.	24
Лабораторная работа №8. Определение гранулометрического состава грунтов ситовым методом	28
Лабораторная работа №9. Определение угла естественного откоса песчаных грунтов	29

Список литературы

1. Богун Л.Д., Заборін М.С. Методичний посібник для виконання лабораторних, самостійних та контрольних робіт з курсу «Ґрунтознавство» для студентів екологічної спеціальності. - Донецьк: ДонНТУ, 2009 – 24 стор.
2. Добровольский В.В. Лабораторные работы по географии почв с основами почвоведения. – М.: Просвещение, 1973. – 143 с.
3. Доспехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.И. Практикум по земледелию.-М.: Колос, 1977.- 368 с.
4. ДСТУ Б.В.2.1.-2-96 (ГОСТ 25100-95) Ґрунти. Класифікація. Київ. «Держкоммістобудування», 1997 р.
5. Ковда В. А. Основы учения о почвах. — М.: Наука, 1983.
6. Котов М.Ф. «Механика грунтов в примерах», Москва, «Высшая школа», 1968г.
7. Почвоведение. В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова — М.: Высш. шк., 1988
8. Фролов А.Ф., Коротких И.В. «Инженерная геология», Москва, «Недра», 1990г.
9. Цабут И.И. «Методические указания к лабораторным работам по курсу «Гидрогеология и инженерная геология», Донецк, ДПИ, 1991г.
10. Чаповский Е.Г. «Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов», Москва, «Недра», 1975г.
11. Чернышев С.Н., Равелис И.Л., Чумаченко А.Н. «Задачи и упражнения по инженерной геологии», Москва, «Высшая школа», 1985г.

Учебное издание
Лабораторный практикум
по инженерно-геологическим исследованиям грунтов

Составители: Елена Палладиевна Бахтарова
Валерий Иванович Таранец