

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА»

---

И.Л. Шевелев, С.П. Карпачев, А.Н. Комяков, В.В. Никитин

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Часть 1

Москва  
Издательство Московского государственного университета леса  
2016

УДК 630.37

К 26

И.Л. Шевелев, С.П. Карпачев, А.Н.Комяков, В.В. Никитин. Определение свойств грунтов. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Часть I: для студентов профиля подготовки бакалавра «Лесоинженерное дело» – М.: МГУЛ, 2016. – 36 с.: ил.

Методические указания составлены на основании рабочей программы дисциплины «дорожно-строительные материалы и машины» направления подготовки: 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» профиля подготовки «Лесоинженерное дело» квалификации выпускника – бакалавр.

Учебное пособие содержит сведения по выполнению лабораторных работ по определению свойств грунтов. Учебное пособие сопровождается примерами.

Одобрено и рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия редакционно-издательским советом университета

Рецензенты:            доцент Е.Н. Щербаков

Переиздание

Кафедра промышленного транспорта и строительства

Авторы:     Сергей Петрович Карпачев, профессор  
              Игорь Леонидович Шевелев, доцент  
              Алексей Николаевич Комяков  
              Владимир Валентинович Никитин

© И.Л. Шевелев, С.П. Карпачев, А.Н. Комяков, В.В. Никитин 2016  
© Московский государственный университет леса

## **Введение**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «дорожно-строительные материалы и машины» предназначены для студентов направления подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» профиля подготовки «Лесоинженерное дело» квалификации выпускника – бакалавр.

Число и вид работ устанавливается ведущим преподавателем в соответствии с программой курса.

Для более глубокого ознакомления с методикой выполнения некоторых работ, а также с теоретическими предпосылками рекомендуется дополнительная литература, список которой приведен в конце методических указаний.

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА ГРУНТА

При определении состава грунта большое значение имеет подготовка грунта к анализу. Она должна обеспечить разрушение агрегатов на элементарные частицы.

Способы подготовки объединены в три группы:

1. Механические;
2. Химические;
3. Физико-химические.

К механическим способам относятся взбалтывание грунта с водой, растирание и кипячение.

К химическим способам – разрушение карбонатов и органических веществ, которые обладают цементирующими свойствами. Разрушение производится действием соляной кислоты и перекиси водорода.

Физико-химические способы заключаются в насыщении грунта одновалентными катионами (положительно заряженные ионы), которые обеспечивают замещение в нём двух- и трехвалентных катионов.

В зависимости от способа подготовки, степень дисперсности грунта будет различна, поэтому результаты анализа при разных способах подготовки несравнимы.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

#### Определение гранулометрического (зернового) состава скелетных (несвязных) грунтов методом ситового анализа (ГОСТ 12536-2014)

Метод основан на механическом расчленении с помощью набора сит составляющих грунт частиц на части (просевы) в соответствии с диаметром отверстий сит.

Чаще всего, для песчаных грунтов используются сита с диаметрами отверстий: 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25 мм (рис 1.).

Могут использоваться наборы сит и с другими отверстиями. После рассева на этих ситах, у большинства грунтов образуется остаток на дне, состоящий из частиц размером меньше 0,25 мм, т.е. мелких песчаных, пылеватых и глинистых.

Состав работы следующий:

1. Взвешивают навеску грунта с точностью до 1 г. (величину навески определяет ведущий преподаватель) и высыпают на верхнее сито (с диаметром отверстий 10 мм) полного набора, правильность которого проверяется до работы. Сита должны располагаться (рис. 1): дно набора (1), сито с диаметром отверстий 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5; 7; 10; крышка набора (2). Просеивание проводится кругообразными движениями, примерно, в течение минуты.

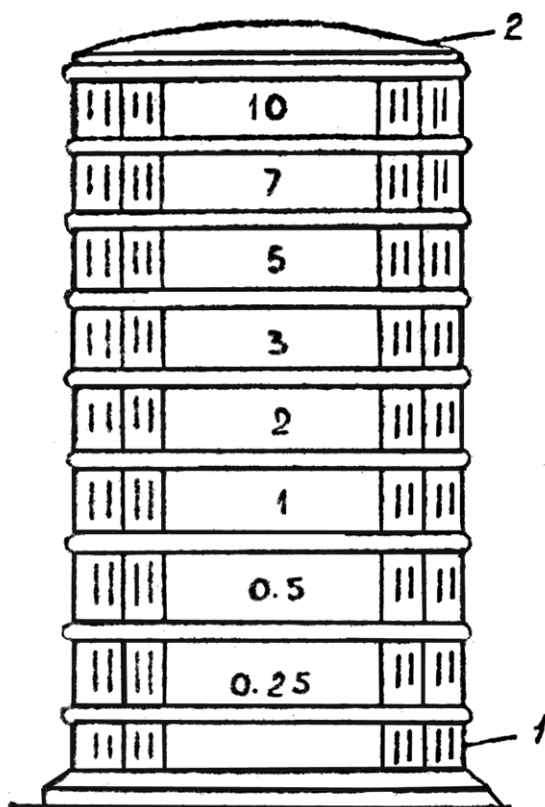


Рис.1. Набор сит

2. Взвешивают остаток с каждого сита, начиная с сита, имеющего диаметр отверстия 10 мм, с точностью до 0,1 г. Затем каждый остаток выражают в процентах от всей навески грунта, составляющей 100% состава грунта.

3. Классифицируют грунт согласно дорожной классификации скелетных (несвязных) грунтов (табл.1). Для этого последовательно суммируют все остатки с частицами крупнее размера: 10; 2; 0,5; 0,25; 0,1 мм. Эти остатки суммируют до получения количества процентов, которые позволят получить название грунта по таблице 1.

*Например*, сумма частиц, выраженная в процентах, размером больше 2 мм составляет 35. Значит название данного грунта «песок гравелистый».

4. Выявленный состав грунта позволяет не только получить его название, но и составить краткую характеристику.

*Например*, один скелетный грунт имеет в составе частиц крупнее 0,10мм 80% (песок мелкий) - у другого же их 10%, а частиц > 2мм – 30% (песок гравелистый). У первого будет меньшая водопроницаемость, большая влагоемкость, капиллярное перемещение воды; подъем воды на большую высоту, меньшая несущая способность, большее изменение угла естественного откоса при увлажнении, большая сжимаемость.

Дорожная классификация скелетных грунтов  
(НиТУ 127-55)

Вид грунта (название)	Размер частиц, мм	Сумма частиц в % от состава грунта
<u>Крупнообломочные</u>		
Галечниковый, щебенистый	большие 10	больше 50
Гравелистый, дресвяный.	-//- 2	-//- 50
<u>Песчаные</u>		
Песок гравелистый	большие 2	25 – 50
-//- крупный	-//- 0,50	больше 50
-//- средней крупности	-//- 0,25	-//- 50
-//- мелкий	-//- 0,10	-//- 75
-//- пылеватый	-//- 0,10	меньше 75

5. По результатам определения состава грунта в прямоугольных координатах строят суммарную кривую или кривую неоднородности рис. 2 и рис. 3.

По оси абсцисс откладывают размеры диаметров частиц в миллиметрах, пропорциональные логарифмам. В начале ординат ставят число 0,001, а затем, принимая число 10 равным произвольному отрезку, откладывают этот отрезок в правую сторону от начала графы 4 раза, отмечая их последовательно: 0,01, 0,10, 1,00 и 10.

Расстояние между каждыми двумя метками делят на девять частей пропорционально логарифмам чисел 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

В первом от начала координат отрезке будут абсциссы, отвечающие диаметрам частиц от 0,001 до 0,009 мм, во втором – от 0,01 до 0,09 мм, в третьем – от 0,1 до 0,9 мм. Такую шкалу можно разместить на графике, пользуясь шкалой делений логарифмической линейки (рис.2).

Или по оси абсцисс откладывают равные отрезки. Возрастание диаметров частиц соответствует коэффициенту возрастания  $d_2/d_1 = 2$ . На сетке наносят пунктиры (3) соответствующие действительному диаметру частиц. Соединяя нанесенные точки, получают кривую неоднородности (рис.2) и с условной размерностью частиц (рис. 3).

На кривой выделяют две точки: точку, соответствующую диаметру частиц, меньше которого в грунте содержится 60% по массе  $d_{60}$ , и точку, соответствующую диаметру частиц, меньше которого в грунте содержится 10% по массе  $d_{10}$ . Отношение  $d_{60/10}$  называется коэффициентом неоднородности грунта  $K_n$  (2).

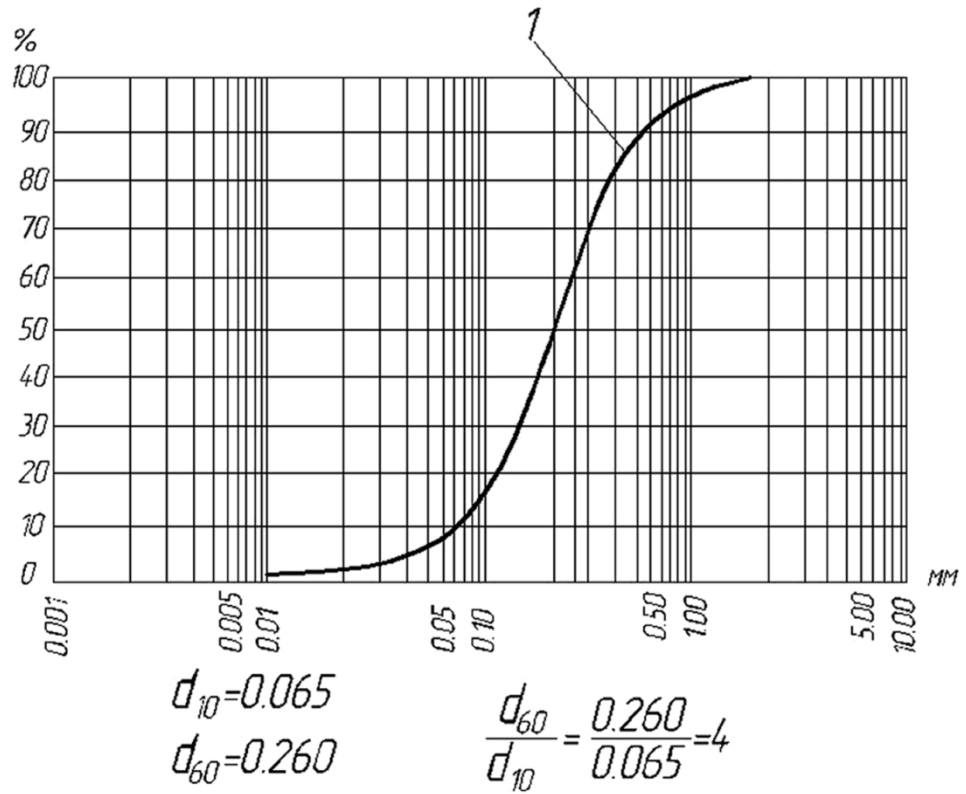


Рис. 2. Прямоугольные координаты в полулогарифмических координатах с суммарной кривой

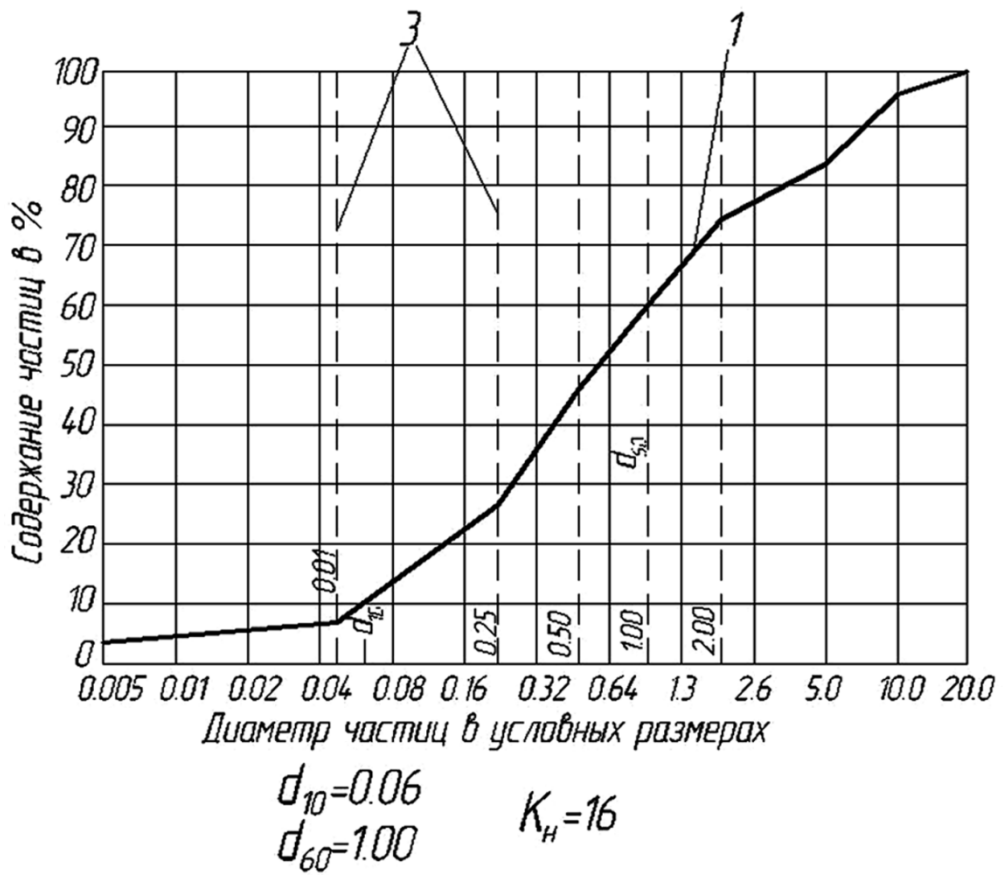


Рис. 3. Прямоугольные координаты с кривой неоднородности

При  $K_n$  больше 3 к наименованию грунта добавляется слово "неоднородный".

Таким образом, прямоугольные координаты можно построить в полулוגарифмическом масштабе (рис. 2) и с условной размерностью частиц (рис.3).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

### Определение гранулометрического состава глинистых (связных) грунтов методом С.И. Рутковского

Метод основан на выделении и определении процентной величины трех фракций, входящих в любой глинистый грунт: глинистой (Г), пылеватой (Пыл) и песчаной (П).

При определении состава грунта, имеющего большой процент глинистых частиц, т.е. грунтов с тонкодисперсной частью, результат по определению глинистой фракции будет характеризовать микроагрегатное её состояние, поэтому вид грунта будет определен с некоторой ошибкой.

Для выполнения работы делают следующее:

1. Определяют объем и процентное содержание песчаных частиц (размером 0,05 – 2 мм). При определении используют явление, заключающееся в том, что частицы различного размера имеют разную скорость оседания при их взмучивании.

Наименьшие по размеру песчаные частицы (0,05 мм) оседают приблизительно со скоростью 2 мм/с. Значит, надо выдержать не сливая, взмученную воду такое время, за которое осядут все песчаные частицы, имеющиеся в грунте, а пылеватые и глинистые частицы осесть не успеют.

Для этого:

1. Предварительно подготовленный грунт (высушенный, просеянный через сито с диаметром отверстий 2 мм) помещают в мерный сосуд в объеме, примерно, 40% объема используемого сосуда. Грунт тщательно уплотняют постукиванием и измеряют его объем,  $v_0$  (упл.).

2. Наливают воду, высота столба которой будет определена временем, которое принято для отмучивания (оно может быть 30, 60, 90 с):

$$h_{в.см} = v \cdot t, \quad (1)$$

где  $h_{в.см}$  – высота водяного столба, см, отмеряемая от верха уплотненного грунта;

$v$  – скорость оседания песчаных частиц размером 0,05мм (2 мм/с);

$t$  – принятое в работе время для оседания.

Перед наливом воды грунт следует хорошо разрыхлить с целью более быстрого его размешивания с водой.

3. По истечении принятого времени  $t$ , сливают суспензию до осадка, который образовался за это время. Если в начале определения граница осадка



не будет четко видна, то суспензию сливают до объема грунта, взятого до анализа.

Такой отмыв песчаной фракции в грунте от глинистой и пылевой производятся несколько раз, до тех пор, пока по истечении принятого времени не останется чистая вода, а не суспензия, над постоянным объемом отмытой песчаной фракции. При отмыве надо учесть, что в течение всего анализа высота водяного столба должна быть постоянной.

4. Определяют объем и процентное содержание песчаных частиц (2 – 0,05 мм) по формуле:

$$П = [ v_{фр} / v_{0(гнл)} ] \cdot 100\% \quad (2)$$

II. Определяют объем и процентное содержание глинистых частиц (размером менее 0,005 мм).

Для определения делают следующее:

1. Исследуемый грунт, в котором было уже определено содержание песчаных частиц, просеивают через сито 0,5 мм с целью отсоединения крупных песчаных частиц.

2. Просеянный грунт растирают в фарфоровой ступке для механического разрушения агрегатов в тонкодисперсной части грунта.

3. Подготовленный к анализу грунт помещают в мерный цилиндр в объеме, примерно 40-50% объема сосуда. Тщательно уплотняют грунт и этот объем фиксируют,  $v_0'$ (упл.).

4. Разрыхляют уплотненный грунт до того, чтобы быстрее соединить с водой и добавляют воды в количестве 2-3 объема помещенного грунта. Образуют суспензию, путем тщательного перемешивания грунта с водой.

5. Для коагуляции тонкодисперсной части грунта добавляют 2-3 см<sup>3</sup> CaCl<sub>2</sub>, отмеряя его из бюретки. Суспензию с CaCl<sub>2</sub> оставляют на сутки. За это время должна произойти коагуляция и набухание глинистых частиц. За счет их набухания увеличивается объем грунта, который фиксируют, как конечный,  $v_n$ .

6. Определяют процентное содержание глинистых частиц. Их определение возможно или по формуле или по приросту объема.

I. вычисление по формуле:

$$Г = [v_n - v_0'(гнл) / v_0'(гнл)] \cdot 22,67, \quad (3)$$

где 22,67 – эмпирический коэффициент.

II. вычисление по приросту объема на 1см<sup>3</sup> первоначального объема  $K_v$ :

$$K_v = v_n - v_0'(гнл) / v_0'(гнл) \quad (4)$$

По величине  $K_v$  находят процент глинистых частиц в исследуемом грунте по табл. 3.

III. Определяют процентное содержание пылеватых частиц (размером 0,05 – 0,005 мм):

$$Пл = 100 - (П + Г) \quad (5)$$

IV. Классифицируют грунт т.е. присваивают ему название согласно дорожной классификации (табл. 4).

Таблица 3

Зависимость набухания грунта от количества глинистых частиц

Прирост объема на 1 см <sup>3</sup>	Содержание глинистых частиц, %	Прирост объема на 1 см <sup>3</sup>	Содержание глинистых частиц, %
1,40	31,74	0,60	13,60
1,35	30,61	0,55	12,46
1,30	29,48	0,50	11,32
1,25	28,34	0,45	10,19
1,20	27,70	0,40	9,06
1,15	26,07	0,35	7,93
1,10	24,93	0,30	6,79
1,05	23,80	0,25	5,66
1,00	22,67	0,20	4,53
0,95	21,52	0,15	3,40
0,90	20,41	0,12	2,72
0,85	19,26		
0,80	18,13		
0,75	17,00		
0,70	15,86		
0,65	14,73		

## Классификация глинистых (связных) грунтов

Диапазон глинистой фракции, %	Содержание фракций, %			Вид грунта	Подвид грунта
	глинистой	пылевой	песчаной		
1	2	3	4	5	6
3 – 12	3 – 8	меньше, чем песчаной		супесь	Легкая
	3 – 8	больше, чем песчаной			Легкая пылеватая
	8 – 12	меньше, чем песчаной			Тяжелая
	8 – 12	больше, чем песчаной			Тяжелая пылеватая
12 – 25	12 – 18	меньше, чем песчаной		суглинок	Легкий
	12 – 18	больше, чем песчаной			Легкий пылеватый
12 – 25	18 – 25	меньше, чем песчаной		суглинок	Тяжелый
	18 – 25	больше, чем песчаной			Тяжелый пылеватый
больше 25		больше, чем песчаной		глина	Пылеватая
		меньше, чем песчаной			Песчаная
	преобладает				Жирная

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3**  
**Определение вида глинистых грунтов**  
**ареометрическим методом**  
**(ГОСТ 12536-79)**

Метод основан на измерении плотности суспензии с помощью ареометра (рис.4), которая изменяется по мере выпадения из неё в осадок частиц меньше 0,25 мм. Содержание более крупных частиц определяется методом ситового анализа.

При постоянном объеме ареометра им будет вытесняться различное количество суспензии в соответствии с её плотностью. Чем выше плотность, тем меньше его погружение.

Определение производят после подготовки к работе, а именно: тарировки ареометра, просеивании образца грунта, испытания на коагуляцию тонкодисперсной части грунта. Просеивают 150-200г воздушно-сухого грунта. Каждый остаток на ситах с диаметром отверстий больше 0,5 мм, взвешивают, вычисляют процентное содержание по отношению к взятой пробе.

Взвешивают и вычисляют в процентах все частицы, которые прошли сито с отверстием 0,5 мм. Из всего количества частиц меньше 0,5 мм берут среднюю пробу в следующем количестве: глинистых грунтов – 20г, суглинистых – 30г, супесчаных – 40г.

Взвешенную пробу грунта помещают в колбу и заливают десятикратным количеством дистиллированной воды и оставляют суспензию не менее, чем на 12 часов.

По прошествии 12 часов тщательно растирают комочки грунта резиновым пестиком, прибавляют в суспензию 1 см<sup>3</sup> 25% раствора аммиака и кипятят в течение часа.

После кипячения воду сливают, а осадок грунта высушивают и просеивают через сито 0,25мм. Частицы, не прошедшие через сито с диаметром отверстий 0,25, взвешивают и определяют их процентное содержание по формуле:

$$X = (A - C) / \nu \cdot 100\% \quad (6)$$

где  $A$  – масса частиц 0,5мм, г;  
 $C$  – масса частиц не прошедших через сито размером отверстий 0,25 мм, г;  
 $\nu$  – масса навески грунта, г.

В цилиндр помещают частицы меньше 0,25 мм, туда приливают дистиллированную воду в количестве 1000 см<sup>3</sup>, суспензию тщательно размешивают.

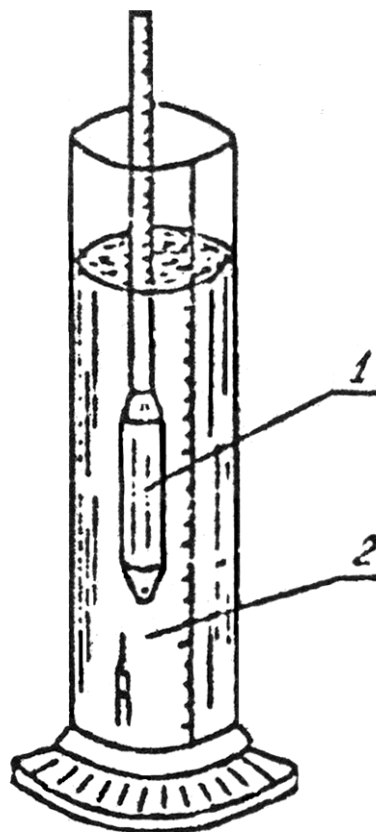


Рис. 4. Ареометр, опущенный в суспензию

После окончания взмучивания опускают ареометр в суспензию (2) и через 30 с берут первый упрощенный отсчет ( $R_0$ ) по ареометру. Последующие упрощенные отсчеты берут через 60 с; 120 с; 5 мин.; 30 мин.; 1 час; 1,5 часа; 3 часа; 6 час.; 24 часа. Первые три отсчета (30, 60, 120 с) берут не вынимая ареометр из суспензии.

При последующих отсчетах – протертый ареометр опускают в суспензию за 10 с до начала отсчета.

Перед каждым замером определяют температуру суспензии (с точностью до  $0,5^\circ\text{C}$ )

Пересчитывают упрощенные отсчеты по ареометру в окончательные, с учетом поправок на высоту мениска ( $C$ ) и температуру ( $\pm m$ )

Для определения  $C$  погружают ареометр в дистиллированную воду при температуре воды  $20^\circ\text{C}$ . Отсчеты берут по нижнему к верхнему краю мениска. Разность этих отсчетов соответствует высоте мениска. К каждому упрощенному отсчету прибавляется поправка, т.е.  $R_0 + C$ .

В связи с тем, что отсчеты по ареометру берут отбрасывая единицу, а запятую переносят на три знака вправо, поправку на высоту мениска умножают на 1000 (например: отсчет по ареометру 1,0252 читают как 25,2, а высоту мениска в 0,0004 принимают как 0,4).

Поправку на температуру определяют в том случае, если при анализе она больше или меньше  $20^\circ\text{C}$ . Поправку находят по табл. 5.

Окончательные отсчеты будут в виде:

$$R=R_0+C+(\pm m) \quad (7)$$

Диаметр частиц определяют по номограмме Казагранде (рис. 5.).

Диаграмма состоит из ряда линий с делениями. Каждая линия соответствует определенным величинам:

№ 1 – значения удельной массы  $\gamma$  грунта, г/см<sup>3</sup>;

№ 2 – значения температуры, в °С;

№ 3 – подкоренное выражение формулы Стокса, умноженное на 10<sup>3</sup>, ( $d=\sqrt{A + v}$ );

№ 4 – значения показаний отсчетов по ареометру  $R$ ;

№ 5 – время оседания частиц,  $t$ ;

№ 6 – скорость оседания частиц,  $v$ ;

№ 7 – диаметр частиц,  $d$  (искомая величина).

Таблица 5

Температурные поправки к показаниям  
ареометра

Температура суспензии	Поправка к отсчету	Температура суспензии	Поправка к отсчету	Температура суспензии	Поправка к отсчету	Температура суспензии	Поправка к отсчету
10,0	-1,2	14,0	-0,9	18,0	-0,3	22,0	+0,4
10,5	-1,2	14,5	-0,8	18,5	-0,3	22,5	+0,5
11,0	-1,2	15,0	-0,8	19,0	-0,2	23,0	+0,6
11,5	-1,1	15,5	-0,7	19,5	-0,1	23,5	+0,7
12,0	-1,1	16,0	-0,6	20,0	0,0	24,0	+0,8
12,5	-1,0	16,5	-0,6	20,5	+0,1	24,5	+0,9
13,0	-1,0	17,0	-0,5	21,0	+0,2	25,0	+1,0
13,5	-0,9	17,5	-0,4	21,5	+0,3	25,5	+1,1



Чтобы получить эту искомую величину надо, приложив линейку к соответствующему значению на линии № 1 через линию № 2 соединить с линией № 3. Значение отсчета на линии № 4 соединяют с линией № 5 в точке, соответствующей времени взятия отсчета до пересечения линейки с линией № 6. Соединив найденную точку на линии № 3 с точкой пересечения линейки с линией № 6, получают искомый диаметр частиц в мм.

Вычисляют суммарное содержание частиц диаметром, отвечающем данному замеру, вместе с мелкими, по формуле:

$$x = n \times R, \quad (8)$$

где  $R$  – окончательный отсчет по ареометру ;

$$n = (\gamma / (\gamma - 1)) \cdot 100 / g, \quad (9)$$

где  $\gamma$  – удельная масса грунта, г/см<sup>3</sup>;  
 $g$  – масса навески частиц меньше 0,5 мм (с учетом массы гигроскопической влаги).

При наличии частиц диаметром больше 0,5 мм процентное содержание частиц вычисляют по отношению к массе всей взятой навески грунта, т.е. к 100 г. В этом случае в расчете  $n$  подставляют не 100, а процент частиц, прошедших через сито 0,5мм. Количество частиц от 0,25мм до диаметра, соответствующего первому отсчету по ареометру, определяют как разность.

Определяют процентное содержание фракций: > 2; 2-1; 1-0.5; 0.50-0.25; 0.25-0.05; 0.05-0.01; 0.01-0.005; 0.005-0.001; <0.001мм.

На основании полученных результатов грунт классифицируют.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4** **Определение вида глинистых грунтов по числу** **Пластичности**

Работа выполняется поэтапно.

Первый этап – выявление консистенции грунта, соответствующей нижнему пределу (границе) пластичности. В влажности, характерной этому пределу начинает проявляться свойство пластичности. Второй этап – выявление консистенции грунта соответствующей верхнему пределу (границе) пластичности. Этой характерной влажностью заканчивается проявление свойства пластичности.

I – Определение нижнего предела пластичности (границы раскатывания). ГОСТ-5183-77.

1. Грунт в количестве 100-150г растирают и просеивают через сито с диаметром отверстий 1мм; просев грунта помещают в фарфоровую чашку,



увлажняют дистиллированной водой и тщательно перемешивают до густой консистенции.

2. Кусок увлажненного грунта раскатывают в жгут всей ладонью на листе бумаги, в которую будут впитываться излишки воды, не соответствующие границе раскатывания. Раскатывают без сильного нажима.

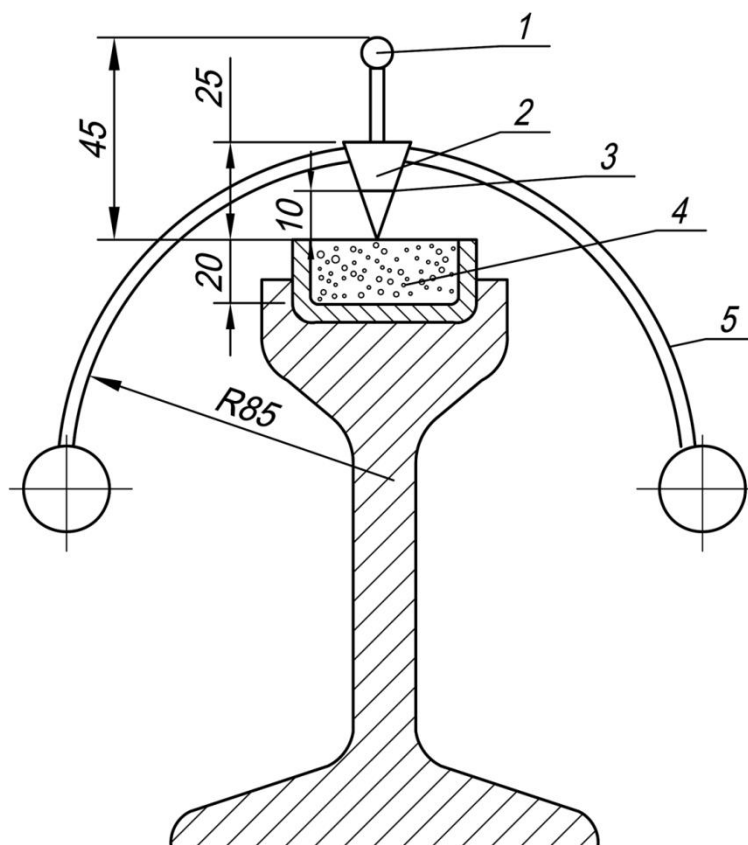


Рис.6. Схема балансного конуса

3. Консистенция грунта, соответствующая нижнему пределу будет найдена тогда, когда жгут будет иметь диаметр 3мм и при этом диаметре весь искрошится. Если их грунта невозможно раскатать жгут толщиной в 3мм, то следует считать, что такой грунт не имеет нижнего предела пластичности.

4. Взвешивают металлический стаканчик (бюкс), записывают его номер и крошки жгута взвешивают вместе со стаканчиком. Масса грунта в стаканчике не должна быть менее 10 г.

5. Стаканчик с грунтом после взвешивания помещают в сушильный шкаф с температурой  $105^{\circ}\text{C}$  для высушивания грунта, которое должно осуществляться не менее 5-6 час.

6. Высушенный грунт взвешивают вместе со стаканчиком с точностью до 0,01г и по полученным результатам вычисляют влажность  $W_p$ . (Как вычислить влажность см. работы 5-6).

II – Определение верхнего предела пластичности (границы текучести). ГОСТ-5184-78.

1. Грунт в количестве 200-150г растворяют и просеивают через сито с диаметром отверстий 0,5мм. Просев помещают в фарфоровую чашку и увлажняют, перемешивая до консистенции пластичнее, чем при определении границы раскатывания.

2. Заполняют увлажненным грунтом стаканчик прибора, который называется «Балансирный конус (А.М.Васильева)», (рис.б). Грунт в стаканчике не должен быть уплотнен и не должен иметь пустот.

3. Поверхность грунта выравнивают ножом вровень с краями стаканчика и соприкасают вершину балансирного конуса (2) с выровненной поверхностью грунта. Балансирное устройство (5) при этом держится двумя пальцами за ручку (1).

4. Если балансирное устройство опустится под собственным весом за 5 с до отметки на конусе (3) – грунт имеет консистенцию, соответствующую верхнему пределу пластичности.

Увеличивая или уменьшая влажность в испытуемом грунте добиваются именно этой консистенции. Погружение конуса в грунт следует провести не менее трех раз.

5. Взвешивают второй металлический стаканчик (бюкс), записывают его номер и заполняют его грунтом, вынутым из стаканчика прибора и снова взвешивают, после чего помещают в сушильный шкаф на высушивание грунта.

6. После высушивания взвешивают стаканчик с грунтом и по полученным весовым данным вычисляют влажность  $W_m$ .

III. - Определение числа пластичности и характеристик на его основе.

1. Число пластичности определяют как разность между двумя характерными влажностями:

$$W_n = W_m - W_p \quad (10)$$

2. По найденному числу пластичности классифицируют грунт и присваивают ему название (табл.5).

Таблица 5

Классификация грунтов по числу пластичности (СНиП III-B.3)

Число пластичности	Содержание песчаных частиц, %	Вид грунта
1 – 7	> 50	супесь легкая
1 – 7	20 / 50	супесь пылеватая
1 – 7	< 20	супесь тяжелая пылеватая
7 – 12	> 40	суглинок легкий
7 – 12	< 40	суглинок легкий пылеватый

12 – 17	> 40	суглинок тяжелый
12 – 17	< 40	суглинок тяжелый пылеватый
17 – 27	> 40	глина песчаная
17 – 27	< 40	глина пылеватая
> 27	< 40	глина жирная

3. Определяют коэффициент консистенции грунта:

$$B = (W_{ест} - W_p) / W_n, \quad (11)$$

где  $W_{ест}$  – естественная влажность грунта.

Классифицируют грунт согласно найденной характеристике.

4. Определяют вторую характеристику консистенции – относительную влажность  $W_{отн}$ :

$$W_{отн} = W_{ест} / W_m, \quad (12)$$

По найденной величине  $W_{отн}$  характеризуют консистенцию грунта:

при  $W_{отн}$  меньше 0,4 – грунт имеет полутвердое состояние

при  $W_{отн}$  меньше 0,4-1,0 – пластичное состояние

при  $W_{отн}$  больше 1,0 – текучее состояние

## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТЕЙ ГРУНТА

В грунтах можно выделить несколько видов влажностей, каждая из которых будет характеризовать определенное состояние грунта. Это может быть влажность:

- естественная  $W_{ест}$
- гигроскопическая  $W_г$
- максимально-гигроскопическая  $W_{мг}$
- молекулярная  $W_m$
- максимально- молекулярная  $W_{мм}$
- на границе раскатывания  $W_p$
- на границе текучести  $W_t$
- набухания  $W_n$
- оптимальная  $W_{опт}$

Могут быть влажности, соответствующие определенным влагоёмкостям:

- гигроскопической  $W_{мгв}$
- молекулярной  $W_{ммв}$
- капиллярной  $W_{кв}$
- полной  $W_{пв}$

В некоторых случаях естественная влажность может соответствовать какому-то определенному виду влажности или влагоемкости, например,

$$W_{ест} = W_{мг};$$

$$W_{ест} = W_z;$$

$W_{онн}$  и т.д.

В лаборатории влажность чаще определяется весовым методом.

### **Весовой метод определения влажности (ГОСТ 5180-84)**

При этом методе выполняют следующее:

- 1) взвешивают пустой металлический стаканчик (бюкс)  $q$  и записывают его номер;
- 2) помещают в стаканчик пробу грунта в количестве не менее 15 г и взвешивают, т.е. получают данные о массе грунта до высушивания  $q_1$ ;
- 3) помещают грунт в стаканчике в сушильный шкаф для высушивания грунта в течение минимум 5 ч для глинистых грунтов и 3 ч для скелетных; температура в сушильном шкафу должна быть 105 °С;
- 4) после высушивания, грунт в стаканчике охлаждают в эксикаторе с хлористым кальцием;
- 5) взвешивают охлажденный грунт  $q_2$  и вычисляют влажность по формуле:

$$W = (q_1 - q_2) / (q_2 - q) \cdot 100\% \quad (13)$$

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 Определение влажности набухания**

Влажность набухания  $W_n$  – это влажность, которая соответствует полному, максимальному набуханию грунта, т.е. дальнейшего процесса набухания нет.

Для определения влажности набухания нужно:

1. Пробу грунта, поставленную на определение содержания глинистой фракции, освободить от воды. Её надо слить плавным движением до грунта.
2. В предварительно взвешенный металлический стаканчик помещают набухший грунт и далее определяют влажность по вышеуказанной методике.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### Определение максимальной гигроскопической влагоемкости (ГОСТ 5180-84)

1. Грунт в воздушно- сухом состоянии в количестве 10-15 г помещают в предварительно взвешенный стаканчик и высушивают, после чего определяют  $W_2$ .
2. При определении максимальной гигроскопичности  $W_{мг}$  пробу грунта помещают в эксикатор, в котором налит насыщенный раствор сернокислого калия  $K_2SO_4$ .
3. Эксикатор плотно закрывают крышкой и оставляют пробу на несколько дней (5-6).
4. При достижении грунтом постоянной массы, его ставят на высушивание при температуре 100-105 °С, после чего определяют  $W_{мг}$ .

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

### Определение максимальной молекулярной влагоемкости по методу влагоемких сред А.Ф. Лебедева

По данному методу из грунта удаляют свободную воду под давлением. Она уйдет во влагоемкие среды (слой фильтровальной бумаги из 20 листов). В грунте останется только связанная вода, которая и будет соответствовать максимально молекулярной влагоемкости.

При определении:

1. Просеивают воздушно-сухой грунт в количестве около 100-150 г через сито с диаметром отверстий 0,5мм.
2. Просев грунта помещают в фарфоровую чашку и увлажняют до верхнего предела пластичности.
3. На слой фильтровальной бумаги помещают стандартный металлический шаблон (рис.6).

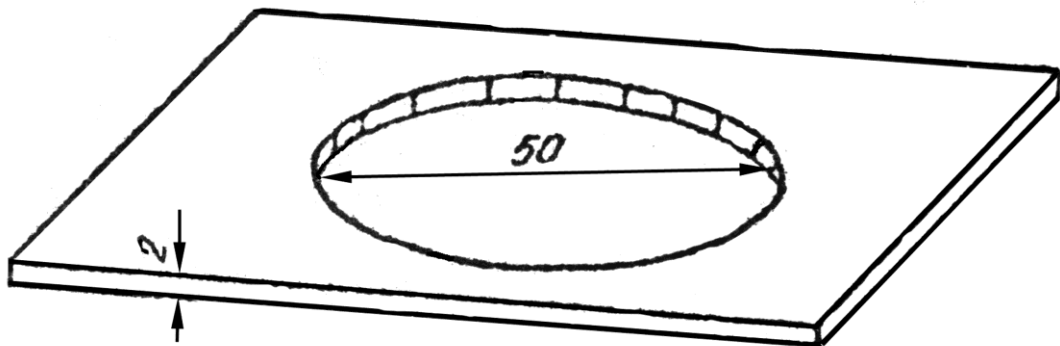


Рис. 6. Шаблон

4. Подсчитывают площадь отверстия шаблона и заполняют его увлажненным грунтом.

5. Выравнивают ножом поверхность грунта вровень с краями шаблона; шаблон снимают, оставляя на бумаге столбик грунта.

6. На поверхность грунта укладывают второй слой фильтровальной бумаги и с верхней и нижней стороны помещают металлические пластинки.

7. Собранный шаблон с образцом грунта подвергают давлению в 6,55МПа на прессе в течение 10 мин. (рис.7).

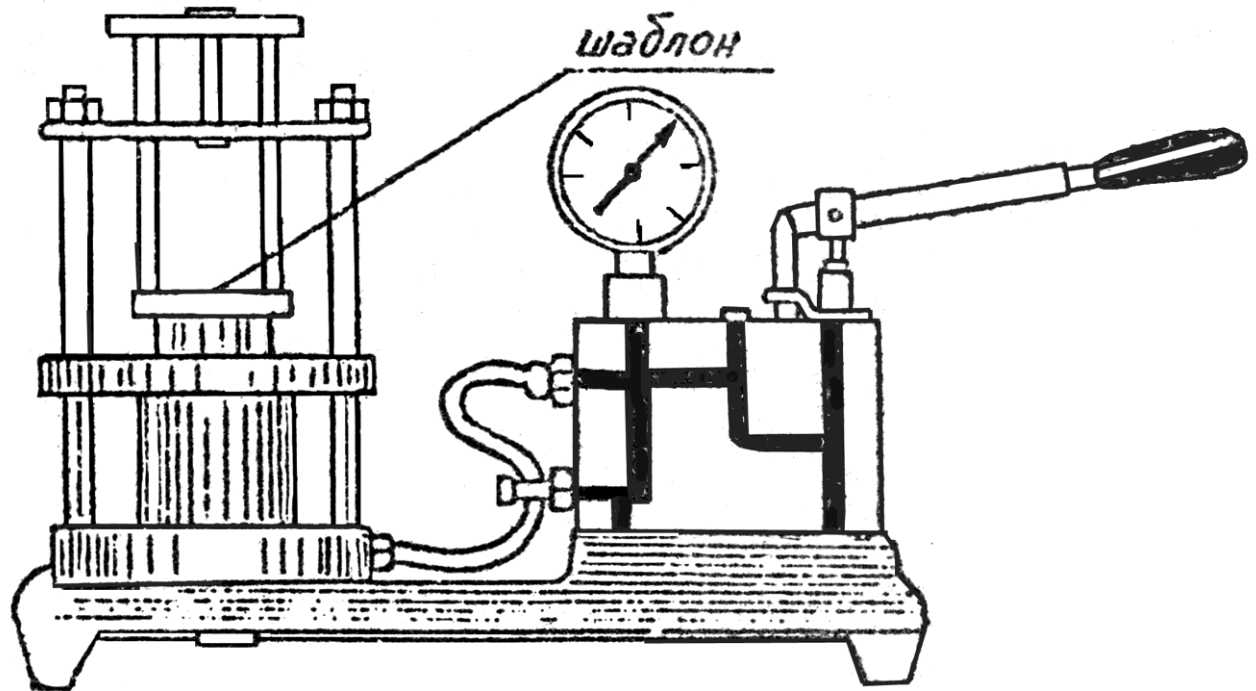


Рис.7. Рычажный пресс

8. По истечении указанного времени, образец вынимают из шаблона и определяют влажность весовым методом. Эта влажность и будет соответствовать  $W_{мв}$ .

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8 Определение высоты поднятия воды в грунтах

Высоту капиллярного поднятия можно определить несколькими методами. Наиболее простой и быстрый – это определение с помощью стеклянной трубки (рис.8).

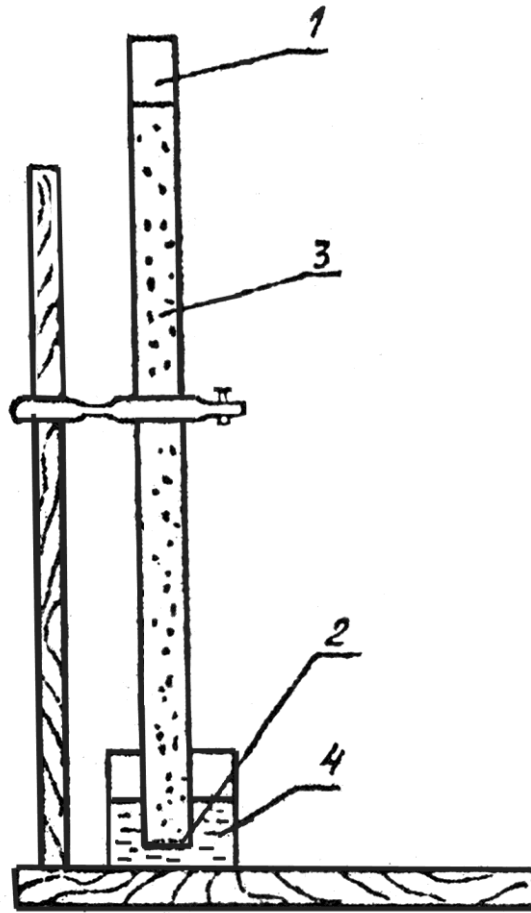


Рис. 8. Трубка

Для этого:

1. Грунт доводят до воздушно-сухого состояния.
2. Стеклою с градуировкой трубку (1) диаметром 2-3см и высотой 0,5-1м с одного конца обвязывают марлей (2).
3. Постепенно заполняют трубку полностью грунтом (3). При этом не должна происходить сортировка частиц грунта.
4. Легким постукиванием грунт слегка уплотняют и трубку с подготовленным к определению грунтом укрепляют в штативе.
5. Нижний конец трубки опускают в воду (4), примерно на 1см. Этот уровень следует поддерживать в течение всей работы.
6. Замечают время погружения трубки в воду и начинают фиксировать высоту поднятия воды через: 5, 10, 20, 30 мин.; 1,2,3,24,48,72,96,120 ч.

Высоту поднятия воды считают от поверхности воды. Высоту капиллярного поднятия воды у глинистых грунтов определяют по капилляриметру Г.Н. Каменского (рис.9).

При определении:

1. Помещают грунт в цилиндр (1), к которому снизу подводят воду через трубку (2).

2. Одновременно с поступлением воды выпускают воздух из грунта, для чего открывают зажим (3). После прекращения выхода пузырьков воздуха, перекрывают воду.

3. При полном заполнении грунта поднявшейся водой, что будет видно по изменившемуся его цвету, начинают выпускать воду через трубку (4).

4. Когда вода опустится до сетки (5) и начнет от неё отходить с образованием воздушного пространства между сеткой и уровнем уходящей воды, берут отсчет разности уровней (по шкале) воды в трубках 2 и 7.

Эта разность будет характеризовать высоту капиллярного поднятия воды.

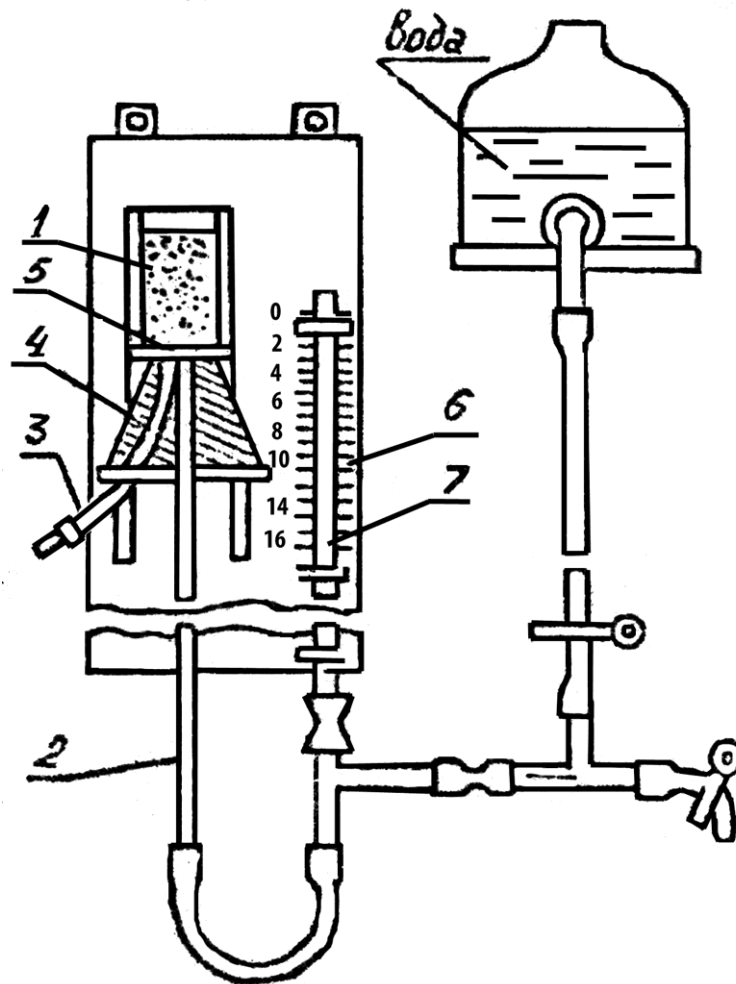


Рис. 9. Капилляриметр Г.Н. Каменского



## МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ГРУНТОВ (ГОСТ 5181-78)

Характеризует водопроницаемость коэффициент фильтрации  $K_f$  (см/с ; м/сут). Его можно определить на различных установках и приборах или рассчитать по данным гранулометрического состава и пористости грунта.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9 Определение коэффициента с помощью прибора КФ-01

Прибор состоит (рис.10) из металлического полого цилиндра, муфты, донного стакана, двух сеток и мерного стеклянного баллона.

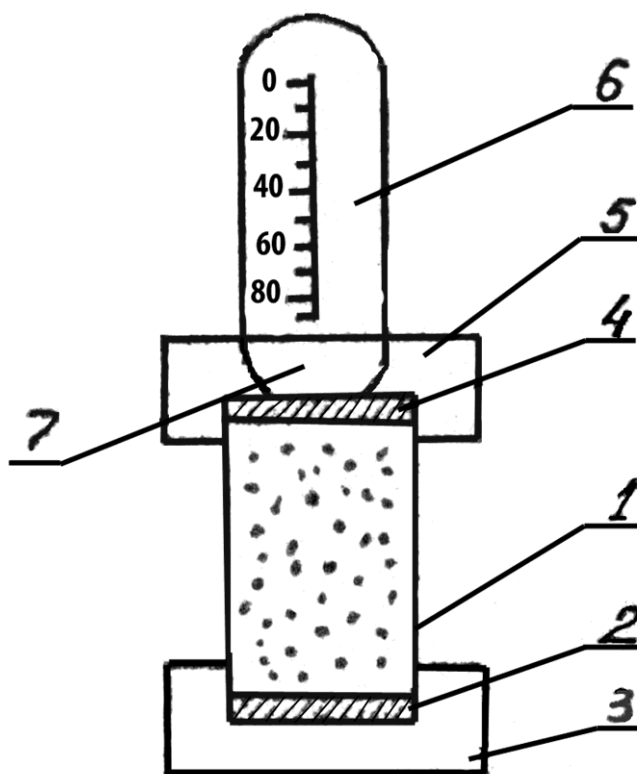


Рис. 10. Прибор КФ-01

1. Определяют объем полого цилиндра (1).
2. Латунную сетку (2) укладывают в донный стакан (3); на сетку устанавливают цилиндр (1); всё вместе взвешивают ( $p$ ).
3. Цилиндр полностью засыпают грунтом и опять взвешивают.
4. Определяют объемную массу грунта  $\delta_{об}$ , г/см<sup>3</sup>;  $\delta_{об}=P/V$ .
5. Собранный прибор помещают в сосуд с водой для водонасыщения грунта. Показателем полного водонасыщения будет изменение окраски всего грунта.
6. На водонасыщенный грунт сверху помещают вторую латунную сетку (4) и одевают муфту (5).

7. Измеряют температуру воды, в которой находится цилиндр с грунтом и этой водой наполняют баллон (6). Отверстие баллона (7) зажимают пальцем, переворачивают и быстро вставляют его в муфту (5). Баллон должен отстоять от поверхности грунта на 0,5-1мм. В таком виде он будет поддерживать постоянный уровень воды.

8. По мере просачивания воды, в баллон будут поступать пузырьки воздуха, вытесняемые из грунта. Поступать в баллон должны только мелкие пузырьки воздуха, следующие один за другим на одинаковом расстоянии.

Выходом воздуха из грунта по мере поступления в него воды, достигается постоянство градиента, равного единице, так как напор будет равен длине пути фильтрации.

9. Определяют уровень воды по шкале баллона и пускают секундомер.

10. Через 50-100 с (для крупных и среднезернистых песков) или 250-500 с (для мелких, пылеватых песков) определяют второй уровень воды по шкале баллона.

11. Подсчитывают коэффициент фильтрации по формуле:

$$K_f = Q / T \cdot F, \quad (14)$$

где  $Q$  – объем воды, профильтровавшейся за время  $T$ , см<sup>3</sup>;

$T$  – время фильтрации, с;

$F$  – площадь поперечного сечения цилиндра, см<sup>2</sup>.

12. Если на баллоне нанесено две шкалы, (вторая показывает отношение объема к площади поперечного сечения цилиндра), то время принимают равное 100 с. Например, начальный уровень воды в баллоне был на делении 1,5, а через 100с опустился до 2,7, то коэффициент фильтрации:

$$K_f = 2,7 - 1,5 / 100 = 0,012 \text{ см/с}. \quad (15)$$

Определение коэффициента фильтрации у глинистых грунтов проводится в приборах конструкции Д.И. Знаменского – В.И. Хаустова, Н.В. Коломенского и др. по эмпирическим формулам.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10** **Определение коэффициента фильтрации** **по эмпирическим формулам и номограммам**

Формула Газена применима для грунтов с действующим диаметром 0,1-3мм ( $d_{10}$ )

$$K_f = C \times d_{ef} \times (0,7 + 0,037t), \quad (16)$$

где  $C$  – эмпирический коэффициент чистоты и однородности песка.  
 Для чистых и однородных песков:  
 $C=1200-1800$ ; загрязненных и неоднородных  $C=800-400$ );  
 $d_{ef}$  – действующий диаметр, мм;  
 $t$  – температура воды,  $^{\circ}\text{C}$ .

Если  $C$  принять в среднем равным 864, а температуру воды равной  $10^{\circ}\text{C}$ , то формула принимает вид:

$$K_{\phi} = d_{ef}^2 \quad (17)$$

Используя эти же данные можно определить  $K_{\phi}$  по номограмме рис.11).

Для этого:

1. На горизонтальной шкале номограммы находят точку, соответствующую действующему диаметру  $d_{ef}$ .

2. Из этой точки проводят прямую до пересечения с кривой, соответствующей  $C$ .

3. От точки пересечения проектируют прямую на вертикальную ось номограммы, на которой получают ответ, т.е. величину  $K_{\phi}$ .

Формула Слихтера наиболее применима для песков средней крупности и крупных с действующим диаметром в пределах 0,01-5,00 мм:

$$K_{\phi} = 496M d_{ef}^2, \quad (18)$$

где  $M$  – величина, обуславливаемая пористостью грунта табл.7.

Таблица 7

Величина коэффициента  $M$ 

$\Pi, \%$	$M$	$\Pi, \%$	$M$	$\Pi, \%$	$M$
26	0,01187	33	0,02601	40	0,04922
27	0,01350	34	0,02878	41	0,05839
28	0,01517	35	0,03163	42	0,05789
29	0,01684	36	0,03473	43	0,06267
30	0,01905	37	0,03808	44	0,06776
31	0,02122	38	0,04154	45	0,07295
32	0,02356	39	0,04524	46	0,07838
				47	0,08456

При использовании номограммы (рис.12) следует:

1. Действующий диаметр  $d_{ef}$  найденный по кривой неоднородности наносят на правую вертикальную шкалу номограммы.
2. От этой точки проводят горизонтальную прямую до пересечения с прямой, соответствующей пористости,  $n$ .
3. Из найденной точки опускают перпендикуляр до пересечения с пунктирной линией.
4. От точки на пунктирной кривой проводят горизонтальную прямую до левой вертикальной шкалы, на которой получают искомую величину  $K_{\phi}$ .

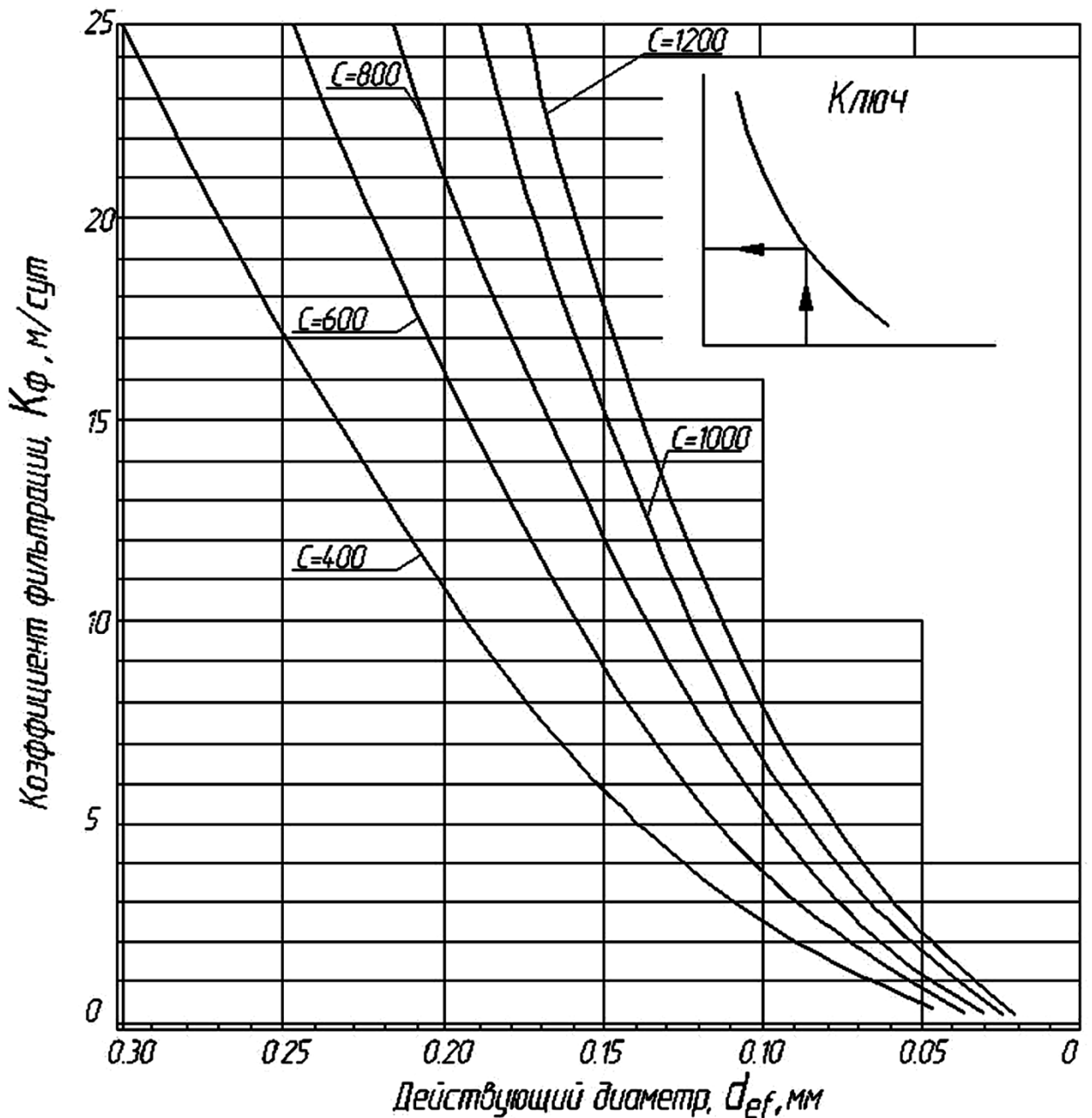


Рис. 11. Номограмма для расчетов по формуле Газена

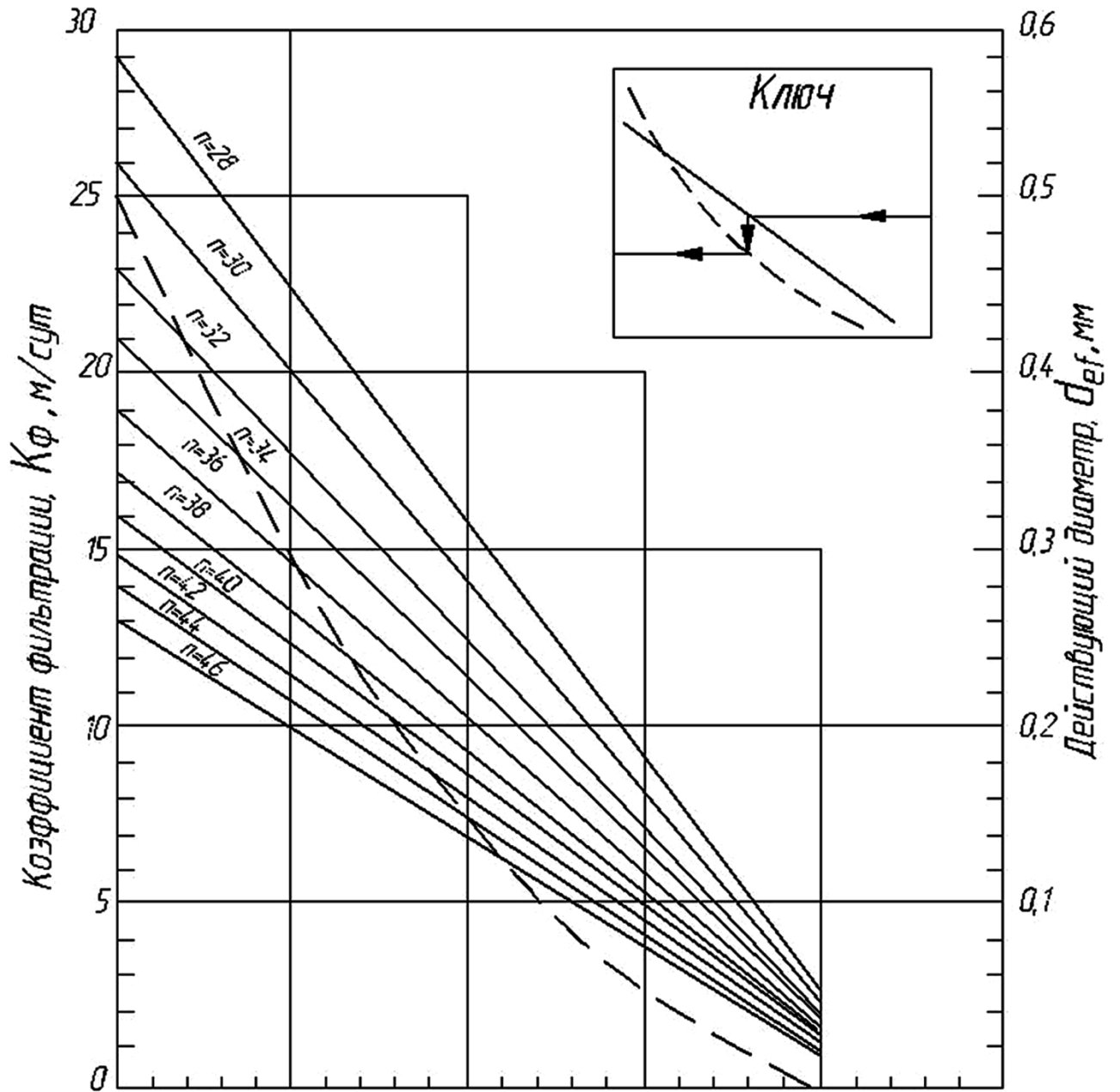


Рис. 12. Номограмма для расчетов по формуле Сlichtера

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЙ УДЕЛЬНОЙ, ОБЪЕМНЫХ МАСС,  
ПОРИСТОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ ГРУНТОВ  
(ГОСТ 5181-78)**

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11  
Определение удельной массы грунта**

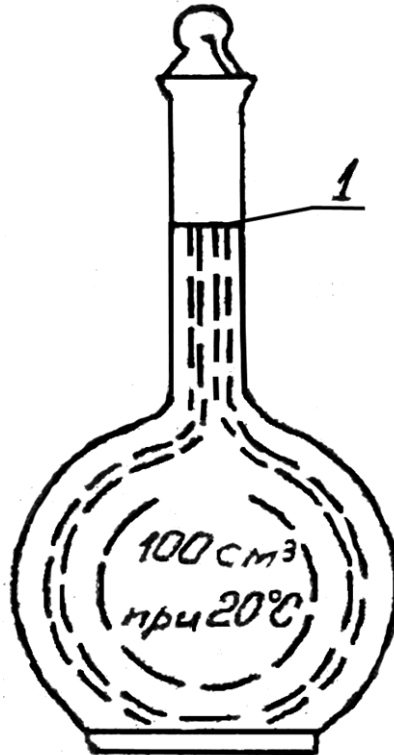


Рис. 13. Пикнометр

Для определения величины удельной массы грунта выполняют следующее.

1. Грунт (200 г) в воздушно-сухом состоянии измельчают в фарфоровой ступке и просеивают через сито 2 мм.
2. Из просеянного грунта берут пробу для определения гигроскопической влажности.
3. Взвешивают пикнометр ( $g_1$ ), (рис.13) и грунт в количестве 15 г.
4. Навеску грунта высыпают в пикнометр и определяют его массу с грунтом ( $g_2$ ). Делают поправку на гигроскопическую воду, т.е. определяют массу скелета грунта.

Для этого используют формулу:

$$g_0 = g_2 / (1 + W_r / 100), \quad (19)$$

где  $W_r$  – гигроскопическая влага, %.

5. В пикнометр наливают 1/2 его объема дистиллированной воды и взбалтывают, после чего на песчаной бане кипятят: песчаные грунты 30 мин., глинистые – 60 мин.

6. После небольшого охлаждения, в пикнометр доливают дистиллированной воды до мерной черты пикнометра (1) и полностью охлаждают.

7. Пикнометр с его содержимым взвешивают ( $g_3$ ), после чего освобождают пикнометр, хорошо сполоснув его дистиллированной водой, в него наливают дистиллированную воду до мерной черты и взвешивают ( $g_v$ ).

8. На основе полученных результатов рассчитывают величину удельной массы ( $\gamma$ ) грунта

$$\gamma = g_0/g_0 + g_v - g_3 \times \gamma_w, \quad (20)$$

где  $\gamma_w$  – удельная масса воды, г/см<sup>3</sup>

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12 Определение объемной массы грунтов

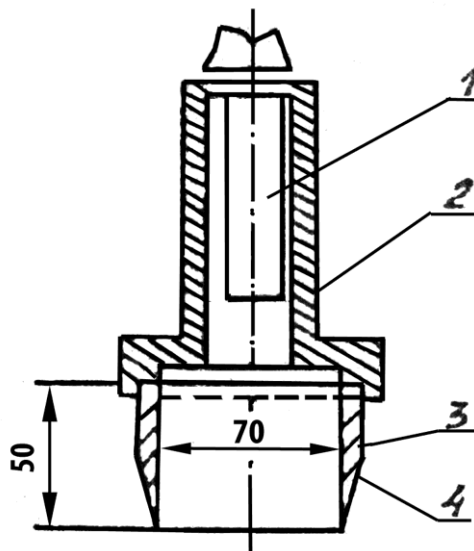


Рис. 14. Режущее кольцо с насадкой и ножом

а) Определение объемной массы скелетного грунта с нарушенной структурой.

Для определения делают следующее:

1. Взвешивают пустой стакан ( $g_0$ ) определенной емкости (в случае, если емкость стакана неизвестна, её определяют).

2. Заполняют полностью стакан грунтом и взвешивают ( $g_1$ ).

3. Вычисляют искомую характеристику по формуле:

$$\delta_{об} = g_1 - g_0/V, \quad (21)$$

где  $V$  – объем стакана, см<sup>3</sup>.

б) Определение объемной массы глинистых грунтов и скелетных с ненарушенной структурой методом режущего кольца (ГОСТ 5182-78)

Для этого:

1. Взвешиваем режущее кольцо (рис.14, 3) получая его массу  $P$ .
2. Определяют объем кольца  $V$ .
3. Зачищают поверхность определяемого грунта, устанавливают кольцо режущим краем (4) и вдавливают (2) (вбивают) его в толщу грунта.
4. После полного заполнения кольца грунтом его вырезают ножом (1) из монолита; все боковые поверхности кольца очищают от налипшего грунта, а нижнюю и верхнюю поверхности зачищают ножом вровень с краем кольца.
5. Взвешивают кольцо с грунтом и вычисляют объемную массу  $\delta_{об}$  грунта:

$$\delta_{об} = P/V, \quad (22)$$

в) Определение объемной массы твердой компоненты (скелета) грунтов. Определение объемной массы является продолжением предыдущего определения.

1. При определении объемной массы грунта, берут пробу для определения влажности в его составе. Влажность определяют весовым способом (см. раб. 5-7).
2. Имея значения влажности и объемной массы грунта, рассчитывают величину объемной массы скелета грунта  $\delta_{ск}$

$$\delta_{ск} = \delta_{об} / (1 + W/100), \quad (23)$$

где  $W$  – влажность грунта при определении объемной массы, %.

Определение пористости и коэффициента пористости грунта

Наличие пустот в грунте, т.е. его пористость,  $n$  выражается отношением объема пустот,  $V_n$  к общему объему грунта  $V$ .

Пористость может выражаться отношением объема пустот к объему твердой компоненты грунта  $V_{ск}$ , в этом случае она называется коэффициентом пористости  $\varepsilon$ .

Пористость  $n$  и коэффициент пористости  $\varepsilon$  рассчитываются по удельной, объемной массам твердой компоненты  $\delta_{ск}$ .

Можно использовать следующие формулы для расчета пористости:

$$\begin{aligned} n &= (\gamma - \delta_{ск} / \gamma) \cdot 100\% ; \\ n &= [1 - (\delta_{об} / \gamma \cdot (1 + W/100))] \cdot 100\% ; \\ n &= (\varepsilon / (1 + \varepsilon)) \cdot 100\%, \end{aligned} \quad (24)$$



Для расчета коэффициента пористости:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \gamma - \delta_{ск} / \delta_{ск} ; \\ \varepsilon &= n / 100 - n ; \\ \varepsilon &= (\gamma \cdot (1 + W/100)) / \delta_{об} , \end{aligned} \quad (25)$$

где  $n$  – пористость.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

#### Определение кислотности и карбонатности грунтов

##### а) *Определение кислотности грунта (методом И.Ф. Голубева)*

Определение проводится с целью получения величины водородного показателя – рН.

Кислотность грунта можно характеризовать активной кислотностью – по водной вытяжке и обменной (потенциальной) кислотностью – по солевой вытяжке.

Для определения активной кислотности:

1. Объем (2-3 см<sup>3</sup>) воздушно-сухого грунта растирают для удаления естественных комочков и насыпают в чистую и сухую пробирку.

2. Вливают в пробирку с грунтом 2,5 объема (по сравнению с объемом грунта), дистиллированной воды.

3. Закрыв отверстие пробирки пробкой тщательно ее взбалтывают в течение 5 мин. И после этого оставляют пробирку на 5-6 часов для отстаивания.

4. Из образовавшейся водной вытяжки над осевшим грунтом пипеткой берут пробу, полностью заполнив кювету, предварительно добавив в неё 1 каплю реактива; вытяжка приобретает определенный цвет, соответствующий кислотности грунта.

5. Для определения рН сравнивают полученный цвет вытяжки с калориметром (диском), на котором получают ответ, т.е. величину рН.

##### б) *Определение обменной (потенциальной) кислотности.*

Определение проводится по той же схеме, за исключением п.2.

В этом случае образуют соляную вытяжку, наливая не дистиллированную воду, а 1,0Н раствор хлористого калия, КСl.

##### в) *Определение карбонатности грунта.*

При определении устанавливается степень насыщенности грунта основаниями, в основном, солями угольной кислоты (CaCO<sub>3</sub>, NaCO<sub>3</sub>, и др.)

Можно определить приближенно, полевым методом и используя прибор – кальциметр.

При использовании полевого метода, на грунт действуют концентрированной соляной кислотой, HCl. Наблюдая вскипание, которое происходит

при карбонатности более 1% получают представление о карбонатности грунта.

При быстром прекращении вскипания – карбонатность ~ 2% , при интенсивном и длительном (около 30с) ~ 3% , при бурном и долгом, с образованием пены – 4-5% .

Определение с помощью кальциметра (рис.15) основано на измерении прибавочного давления от выделяющегося диоксида углерода (углекислого газа) вследствие разложения углекислоты.

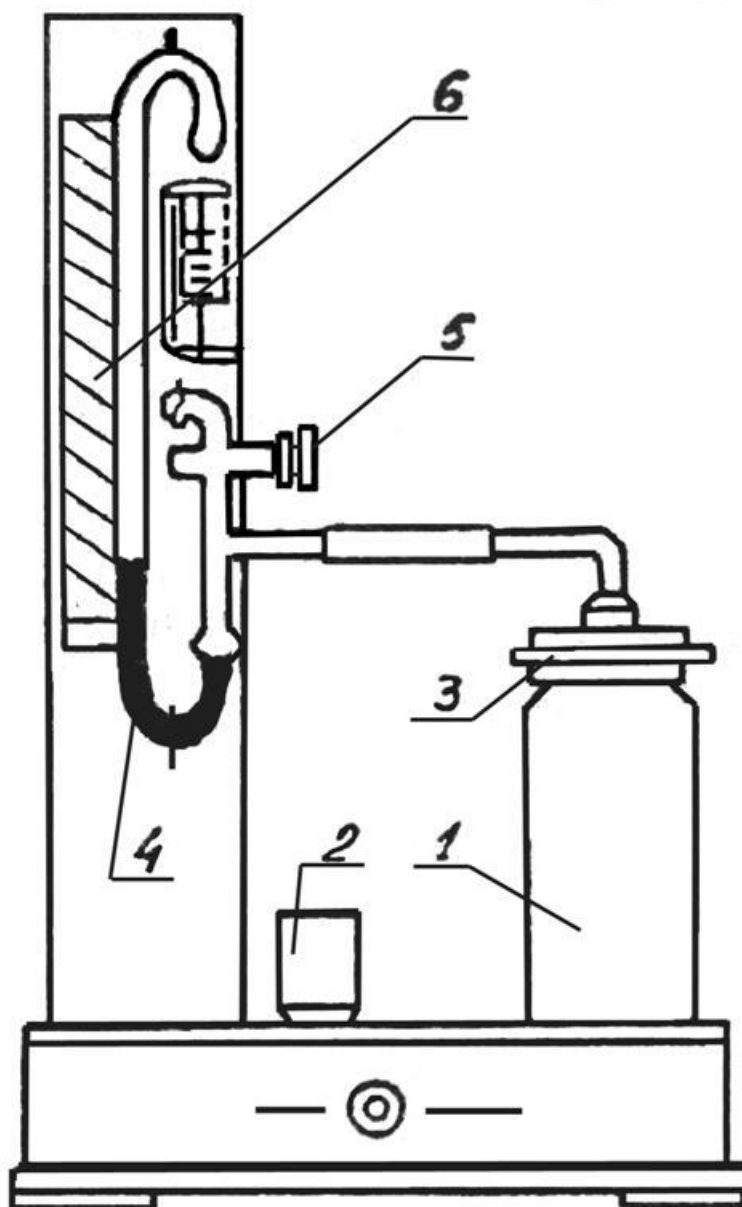


Рис. 15. Прибор кальциметр

Для определения:

1. Воздушно-сухой грунт в количестве 1-5г (в зависимости от вида грунта, чем больший процент глинистых частиц – тем большая навеска) помещают в баночку прибора (1). Туда же наливают 20мл 2-х процентного раствора КСl и ставят стаканчик от прибора с концентрированной соляной кислотой НСl (2).

2. Закрыв крышкой (3) баночку, интенсивно встряхивают для взаимодействия реагентов, находящихся в банке.

3. Проверяют уровень ртути (4) – он должен быть на нуле; закрывают кран (5).

4. После подъема ртути, берут отсчет по шкале, соответствующей температуре воздуха (6).

5. Полученный результат преобразуют. Для этого ставят нуль и запятую, получая десятичную дробь, которая будет соответствовать содержанию карбонатов в граммах. Переводя граммы в проценты от взятого грунта, находят ответ.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Вырко Н.П., Леонович И.И. Дорожное грунтоведение с основами механики грунтов. Минск: Высшая школа, 1977.
2. Вырко Н.П., Леонович И.И. Практикум по дорожному грунтоведению. Минск: Высшая школа, 1980.
3. Сулова Т.Д. Лекции по дорожному грунтоведению. М., МЛТИ, 1978.
4. Сулова Т.Д., Никитин В.В. Методические указания к выполнению лабораторных работ по определению свойств грунтов. Часть 1. М., МЛТИ, 1990, 36с.
5. Чаповский Е.Г. Лабораторные работы по грунтоведению и механике грунтов. М., 1971.
6. ГОСТ 5180-84. Грунты. Метод лабораторного определения влажности. М., 1984.
7. ГОСТ 5181-78 Грунты. Метод лабораторного определения удельного веса. М., 1978.
8. ГОСТ 5182-78 Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса. М., 1978.
9. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М., 2014.
10. НиТУ 127-55 Нормы и технические условия проектирования естественных оснований зданий и промышленных сооружений. М.,
11. СНиП III-V.3 Правила производства и приемки строительных работ. Специальные строительные работы. Автомобильные дороги. М.,
12. ГОСТ 5183-77. Грунты. Метод лабораторного определения границы раскатывания. М., 1978.
13. ГОСТ 5184-78. Грунты. Метод лабораторного определения границы текучести. М., 1972.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	3
<b>МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДА ГРУНТА</b>	
(лабораторные работы № 1-4).....	4
<b>МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТЕЙ ГРУНТА</b>	
(лабораторные работы № 5-7).....	19
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ПОДНЯТИЯ ВОДЫ В ГРУНТЕ</b>	
(лабораторная работа № 8).....	22
<b>МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ГРУНТА</b>	
(лабораторные работы № 9 и № 10).....	25
<b>МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ И ОБЪЕМНЫХ МАСС, ПОРИСТОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОРИСТОСТИ ГРУНТА</b>	
(лабораторные работы № 11 и № 12).....	30
<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ И КАРБОНАТНОСТИ ГРУНТА</b>	
(лабораторная работа № 13).....	33
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>36</b>

**Учебное издание**

*Игорь Леонидович Шевелев  
Сергей Петрович Карпачев  
Алексей Николаевич Комяков  
Владимир Валентинович Никитин*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГРУНТОВ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ

Часть 1

Оригинал–макет и верстка С.П. Карпачева