

## Лабораторная работа №1

### «Определение физических характеристик грунтов»

Физические характеристики грунта позволяют определить классификационные показатели грунтов, в частности, тип (по вещественному составу), вид (по наименованию с учетом размера частиц), разновидность (по количественным показателям свойств) ГОСТ [2] (таблицы Б.8, Б.9, Б.12, Б16). В учебных целях определяется подвид и основные разновидности песчаных и глинистых грунтов. Например, минеральный (вид), песок (подвид), средней плотности (разновидность), средней крупности (разновидность), влажный (разновидность) ГОСТ [2] (таблицы Б2, Б9, Б11); или минеральный (вид), глинистый (подвид), суглинок (разновидность) тугопластичный (разновидность) ГОСТ [2] (таблицы Б16, Б19).

Характеристики грунтов природного сложения, а также искусственного происхождения (песчаные подушки, грунтовые плотины, дамбы, насыпи под дороги, застройку) должны определяться, как правило, на основе их непосредственных испытаний в полевых или лабораторных условиях. При этом часть характеристик определяется в лаборатории экспериментально, другая их часть – путем расчета по формулам, в которые входят прямо или косвенно характеристики, полученные экспериментально.

Знание типа, вида и разновидности песчаных или пылевато-глинистых грунтов, залегающих в основании проектируемого здания или сооружения, позволяет в соответствии с СП[3] получить:

- величину условного расчетного сопротивления грунта  $R_0$ , необходимого для предварительного определения размеров площади подошвы проектируемых фундаментов, а в менее ответственных случаях (классов ответственности КС1 и КС2) - для определения окончательных размеров;
- нормативные значения параметров прочности (угол внутреннего трения  $\varphi$  и удельное сцепление  $c$ ) и деформационную характеристику

грунта (модуль деформации  $E$ ), которые используются для предварительных расчетов оснований, а также для окончательных расчетов оснований зданий и сооружений классов ответственности КС1 и КС2 в соответствии с ГОСТ [7].

Разновидность крупнообломочных и песчаных грунтов определяют в зависимости от гранулометрического состава этих грунтов [4].

Гранулометрический состав – это процентное содержание частиц различной крупности (фракций), по массе к общей массе пробы грунта, взятого для анализа.

Фракция – это совокупность частиц определенного размера, обладающих близкими свойствами.

Для разделения частиц грунта по их крупности для частиц крупнее 0,1 мм используется ситовой метод, состоящий из последовательного просеивания навески крупнообломочного или песчаного грунта через сита с размерами отверстий 10; 5; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,1 мм. Взвешивая остатки грунта на соответствующих ситах и, выражая их в процентах от веса навески, получают процентное содержание определенной гранулометрической фракции в общем составе грунта.

Гранулометрическая фракция определяется размерами предыдущих сит и сита, с которого взят не прошедший через него остаток грунта. Например, "от 2 до 1 мм", "от 0,25 до 0,1 мм" или "мельче 0,1 мм" (часть грунта, прошедшего через все сита и, в том числе, через сито с размером отверстия 0,1 мм), (Приложение, таблица 2).

Разновидность глинистых грунтов зависит от количества глинистых частиц диаметром менее 0,005 мм. Грунты, содержащие более 30% глинистых частиц, относятся к глинам, от 30 до 10 % – суглинкам, от 10 до 3% – супесям, менее 3% – пескам. Гранулометрический состав глинистых грунтов определять сложно, поэтому разновидность глинистого грунта определяется по числу пластичности, которое зависит от количества глинистых частиц.

Глинистые грунты являются связными грунтами из-за содержания в них глинистых частиц, обладающих, как это указывалось выше, особыми свойствами взаимного притяжения частиц. Величина этого взаимного притяжения зависит не только от количества в грунте глинистых частиц, но и от плотности глинистого грунта, особенно от количества воды, содержащейся в его порах. Содержание в грунте воды характеризуется показателем влажности грунта, представляющим собой отношение массы воды, содержащейся в грунте, к массе самих частиц грунта. Влажность грунта определяется экспериментально и выражается либо в процентах, либо в долях единицы. Например,  $w=36\%=0,36$ .

В зависимости от содержания в грунте воды, то есть от влажности грунта, меняются величины сил сцепления (взаимного притяжения) между частицами грунта, что влияет на его состояние, консистенцию.

Принято выделять три основных консистенции глинистого грунта – твердую, пластичную и текучую. Пластичным называется такое состояние грунта, при котором он способен деформироваться под действием внешнего давления без разрыва сплошности и образования трещин и сохранить полученную форму после снятия деформирующего усилия. Если глинистый грунт не может быть отнесен к пластичной консистенции, его относят (по имеющимся признакам) к твердому состоянию или текучему. Так как переход грунта из одной консистенции в другую происходит в связи с изменением его влажности, то появляется возможность, искусственно изменяя влажность глинистого грунта, получить его состояния, соответствующие переходным состояниям грунта из пластичного состояния в твердое и из пластичного в текучее.

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

Граница текучести  $w_L$  – влажность грунта, при которой грунт находится на границе пластичного и текучего состояний. Статистической обработкой большого числа опытов было установлено, что границы раскатывания и

текучести -  $w$  и  $w_L$  – коррелятивно зависят от содержания в грунте глинистых частиц. Характеристикой глинистости грунта (содержания в грунте глинистых частиц) является разность значений показателей границ пластичности или, так называемый, индекс (число) пластичности  $I_P$ . Влажность при этом выражается в долях единицы.

$$I_P = w_L - w_P. \quad (1.1.)$$

Значение индекса пластичности  $I_P$  является также основной характеристикой, по которой различаются разновидности песчаных и глинистых грунтов.

Поскольку песчаный грунт пластичностью практически не обладает (индекс пластичности песка  $I_P \leq 1 \%$  или **0,01**), то параметры пластичности определяются только для глинистых грунтов.

Виды глинистых грунтов в соответствии с величиной числа пластичности определяются по [2] ГОСТ (см. приложение, таблица 4).

Сопоставляя естественную влажность грунта  $w$  со значениями влажностей границ пластичности грунта  $w_L$  и  $w_P$ , можно определить состояние или консистенцию грунта. Для этого служит показатель текучести  $I_L$ . Влажность при этом выражается в долях единицы.

$$I_L = (w - w_P) / (w_L - w_P) = (w - w_P) / I_P \quad (1.2)$$

По показателю текучести определяют консистенцию грунта в соответствии с ГОСТ [2], (см. приложение, таблица 3).

Способность к деформированию песчаных и глинистых грунтов всех типов зависит от объема содержащихся в нем пор и влажности, которые также определяются экспериментально.

Плотность сложения грунта зависит от объема пор и характеризуется показателем пористости грунта  $n$  и коэффициентом пористости  $e$ . Однако величины  $n$  и  $e$  нельзя определить непосредственно опытным путем. Поэтому опытным путем определяются другие показатели – плотность  $\rho$  и удельный вес грунтов  $\gamma$  в естественном состоянии, а также плотность  $\rho_s$  и удельный вес твердых частиц  $\gamma_s$ .

Классификационные характеристики грунтов определяются путем расчета по стандартным методикам, приведенным ниже.

## **А. ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО.**

Характеристики физического состояния определяются экспериментально в соответствии с ГОСТ [5]. Основными характеристиками физического состояния грунтов, определяемыми в лабораторных условиях, являются удельный вес грунта  $\gamma$ , удельный вес частиц грунта  $\gamma_s$ , природная весовая влажность  $w$ .

### **ЗАДАНИЕ 1.**

#### **Определение плотности $\rho$ и удельного веса $\gamma$ грунта естественной ненарушенной структуры**

Плотность грунта  $\rho$  – это отношение массы грунта к его объему ( $\text{г/см}^3$ ;  $\text{т/м}^3$ ).

Удельный вес грунта  $\gamma$  – вес единицы объема грунта в его естественном состоянии:  $\gamma = \rho \cdot g$  ( $\text{Н/м}^3$ ;  $\text{кН/м}^3$ ), где  $g$  – ускорение свободного падения.

### **ЗАДАНИЕ 1.1.**

#### **Определение плотности $\rho$ и удельного веса $\gamma$ грунта методом режущего кольца (применяется для глинистых и песчаных грунтов)**

Кольца-пробоотборники изготовлены из стали с антикоррозионным покрытием. Кольца нумеруют, измеряют внутренний диаметр и высоту с погрешностью не более 0,1 мм и взвешивают. По результатам измерений вычисляют объем кольца с точностью до 0,1  $\text{см}^3$ . Пластинки с гладкой поверхностью (из стекла, металла и т. д.) нумеруют и взвешивают.

Затем определяют массу и объем образца грунта, заполняющего режущее кольцо-пробоотборник после его задавливания в монолит грунта с

последующим отделением от монолита. Замеры производят после тщательного выравнивания торцевых поверхностей образца путем срезки излишков грунта длинным ножом с прямым лезвием вровень с краями кольца. Размеры кольца-пробоотборника в зависимости от наименования и состояния грунта должны соответствовать таблице 2 ГОСТ 5180-84 [5].

Запись результатов замеров и определение указанных характеристик производят в следующем порядке.

Номер кольца	$N_0 =$
Масса кольца (г)	$m_0 =$
Масса пластинок (г)	$m_2 =$
Масса грунта с кольцом и пластинками (г)	$m_1 =$
Внутренний объем кольца (см <sup>3</sup> )	$V =$
Плотность грунта (г/см <sup>3</sup> )	$\rho = (m_1 - m_2 - m_0) / V =$
Удельный вес грунта (кН/м <sup>3</sup> )	$\gamma = \rho \cdot g =$

$g$  – ускорение свободного падения ( $g \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ ).

## ЗАДАНИЕ 1.2.

### Определение плотности $\rho$ и удельного веса $\gamma$ грунта методом взвешивания в воде (применяется для глинистых грунтов в лабораторных условиях)

На образец грунта наносится парафиновая оболочка путем его двух-, трехкратного погружения в расплавленный парафин. Она не допускает увлажнения образца при взвешивании в воде. Объем образца определяется на основе закона Архимеда, согласно которому вес тела, погруженного в жидкость уменьшается на величину, равную массе жидкости, вытесненной телом. Запись результатов производится в следующем порядке.

Масса образца грунта (г)	$m =$
Масса парафинированного образца грунта (г)	$m_1 =$
Масса парафинированного образца в воде (г)	$m_2 =$
Плотность парафина	$\rho_{\text{п}} = 0,900 \text{ г/см}^3$
Плотность воды	$\rho_{\text{в}} \approx 1,00 \text{ г/см}^3$

Плотность грунта определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m\rho_{\text{п}}\rho_{\text{w}}}{\rho_{\text{п}}(m_1 - m_2) - \rho_{\text{w}}(m_1 - m)}; \quad (1.3.)$$

или

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{V_1 - V_2} = \frac{m}{\frac{m_1 - m_2}{\rho_{\text{w}}} - \frac{m_1 - m}{\rho_{\text{п}}}} \quad (1.4.)$$

В этих формулах:

$V_0$  – объем образца;

$V_1$  – объем запарафинированного образца;

$V_2$  – объем парафиновой оболочки.

Удельный вес грунта определяется по формуле:

$$\gamma = \rho \cdot g; \quad (g \approx 9,8 \text{ м/с}^2). \quad (1.5.)$$

## ЗАДАНИЕ 2.

### Определение плотности $\rho_s$ и удельного веса $\gamma_s$ части грунта пикнометрическим методом

Плотность частиц грунта  $\rho_s$  – это отношение массы частиц грунта к их объему ( г/см<sup>3</sup>; т/м<sup>3</sup>).

Удельный вес частиц грунта  $\gamma_s$  – вес единицы объема частиц образца грунта, высушенного при температуре 105°С до постоянной массы  $\gamma_s = \rho_s \cdot g$  (Н/м<sup>3</sup>; кН/м<sup>3</sup>).

Методика определения плотности основана на применении специального прибора – пикнометра.

Запись результатов рекомендуется проводить в следующем порядке.

Масса пикнометра с дистиллированной водой, залитой на 1/3 его объема (г)	$m_{\text{в}} =$
Масса пикнометра с грунтом и дистиллированной водой (из расчета 15 грамм предварительно высушенного до постоянной массы грунта на 100 мл емкости пикнометра) (г)	$m_{\text{г}} =$
Масса грунта (г)	$m_0 = m_{\text{г}} - m_{\text{в}} =$

---

Масса пикнометра с грунтом и дистиллированной водой, залитой до мерной риски на горлышке пикнометра, измеренная после кипячения в течение 1 часа на песчаной бане (г)

---

$m_1 =$

Масса пикнометра с дистиллированной водой, залитой до мерной риски (г)

---

$m_2 =$

Плотность частиц грунта  $\rho_s$  вычисляется по формуле:

$$\rho_s = \frac{\rho_w m_0}{(m_0 + m_2 - m_1)}, \quad (1.6.)$$

где  $\rho_w$  – плотность воды при температуре испытаний ( $\rho_w \approx 1 \text{ г/см}^3$ ).

Удельный вес частиц: 
$$\gamma_s = \rho_s \cdot g. \quad (1.7.)$$

### ЗАДАНИЕ 3.

#### Определение влажности грунта методом высушивания до постоянной массы (применяется для песчаного и глинистого грунта)

Влажность грунта определяется как отношение массы воды, удаленной из грунта его высушиванием до постоянной массы, к массе высушенного при температуре  $105^\circ\text{C}$  грунта. Допускаемое отклонение температуры  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Песчаные грунты высушиваются в течение 3-х часов, остальные – в течение 5 часов.

Запись результатов проводится в следующем порядке.

Номер стаканчика	$N_0 =$
Масса пустого стаканчика с крышкой, г	$m =$
Масса влажного грунта со стаканчиком и крышкой, г	$m_1 =$
Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой, г	$m_0 =$

Влажность грунта определяется по формуле

$$w = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} 100\% \quad (1.8.)$$

Допускается выражать влажность в долях единицы.

## ЗАДАНИЕ 4.

### Определение границ текучести и раскатывания

Для глинистых грунтов первостепенное значение имеет диапазон влажности, в котором грунт будет пластичным. Этот диапазон характеризуется числом пластичности  $I_p$  и равен разности влажностей, соответствующих двум состояниям грунта – на границе текучести  $w_L$  и на границе раскатывания (пластичности)  $w_p$ , определяемыми экспериментально по ГОСТ 5180-84. Песчаные грунты свойствами пластичности не обладают.

### ЗАДАНИЕ 4.1.

#### Определение границы раскатывания $w_p$ (для глинистого грунта)

Границу раскатывания (пластичности) следует определять, как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой паста, раскатываемая в жгут диаметром 3 мм, начинает распадаться на кусочки длиной 3-10 мм.

Запись результатов производится в следующем порядке.

Номер стаканчика	$N_0 =$
Масса пустого стаканчика с крышкой (г)	$m =$
Масса стаканчика с кусочками распадающегося жгута и крышкой (г)	$m_1 =$
Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой (г)	$m_0 =$

Влажность грунта на границе раскатывания определяется по формуле:

$$w_p = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} 100\%. \quad (1.9.)$$

Допускается выразить влажность в долях единицы.

## ЗАДАНИЕ 4.2.

### Определение границы текучести $w_L$ (для глинистого грунта)

Границу текучести следует определять, как влажность приготовленной из исследуемого грунта пасты, при которой балансирный конус погружается под действием собственного веса за 5 секунд на глубину 10 мм.

Запись результатов.

Номер стаканчика	$m_0 =$
Масса пустого стаканчика с крышкой, г	$m =$
Масса стаканчика с пробой грунта и крышкой, г	$m_1 =$
Масса высушенного грунта со стаканчиком и крышкой, г	$m_0 =$

Влажность грунта на границе текучести определяется по формуле

$$w_L = \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m} 100\%. \quad (1.10)$$

Допускается выражать влажность в долях единицы.

### Б. ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ РАСЧЕТОМ ДЛЯ ГЛИНИСТЫХ И ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ

1. Плотность сухого грунта  $\rho_d$  – отношение массы частиц грунта к объему образца ненарушенной структуры ( $\text{г/см}^3$ ).

$$\rho_d = \rho / (1 + w), \quad (1.11)$$

где  $w$  – природная влажность в долях единицы.

2. Коэффициент пористости грунта  $e$  – отношение объема пор к объему твердых частиц грунта.

$$e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d, \quad (1.12.)$$

где  $\rho_s$  – плотность частиц грунта.

3. Табличное значение условного расчетного сопротивления грунта  $R_0$  – приведены в приложении (таблицы 5 и 6) для фундаментов шириной  $b_0 = 1$

м, и глубиной заложения  $d_0=2$  м. Расчетные сопротивления исследованного грунта определяются методом интерполяции табличных данных.

### Вопросы к лабораторной работе №1

1. Дать определения физическим параметрам грунта.
2. Какие характеристики надо знать для определения разновидности глинистого грунта?
3. Какие характеристики надо знать для определения вида и разновидности песчаного грунта?
4. Какой параметр наибольший, а какой наименьший для одного и того же образца грунта:  $\rho_s$ ,  $\rho_d$  или  $\rho$ ?
5. Какие характеристики надо знать для определения условного расчетного сопротивления песчаного, глинистого грунта?
6. Как используется закон Архимеда для определения плотности и плотности частиц грунта?