



Государственное образовательное учреждение
высшего образования
Новосибирский Государственный Архитектурно-Строительный
Университет (Сибстрин)

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Список используемой литературы

1. ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация»
2. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты (уч. для вузов). — М.: Стройиздат, 1981. — 319 с.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

- **Грунт** (нем. *Grund* — основа, почва) — горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.
- **Скальные и полускальные грунты** — монолитные грунты с жёсткими структурными связями;
- **Дисперсные грунты** — раздельно-зернистые грунты без жёстких структурных связей: связные — глинистые, и несвязные — песчаные и крупнообломочные.

Грунты могут быть использованы в качестве оснований зданий и различных инженерных сооружений, материала для сооружений (дорог, насыпей, плотин), среды для размещения подземных сооружений (тоннелей,

3 трубопроводов, хранилищ) и др.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

- **Дисперсные грунты** состоят из твердых минеральных частиц («скелет» грунта), воды и воздуха и, таким образом, представляют собой (при положительной температуре) трехфазную систему. Все грунты различаются между собой многими признаками. Для механики грунтов наиболее важными являются их физические и механические свойства.



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

- **Физические свойства грунтов** — это свойства, обусловленные действием физических полей различной природы.

В соответствии с этим выделяют:

плотностные свойства грунтов, как следствие гравитационного поля;

гидрофизические — гидравлического поля;

газофизические — поля газового давления;

теплофизические — термического поля;

электрические и электрокинетические — электрического поля;

магнитные — магнитного поля;

радиационные — радиационного поля.

- **Физические** характеристики количественно оценивают свойства грунтов в естественном состоянии,
- **механические** — под воздействием нагрузки.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Две основные группы характеристик свойств грунтов:

1) **Основные** – определяемые полевыми или лабораторными исследованиями;

2) **Расчетные (производные)**
– характеристики,
определяемые расчетом.



Основные характеристики:

0. Гранулометрический состав
1. Плотность грунта
2. Плотность твердых частиц
3. Естественная влажность

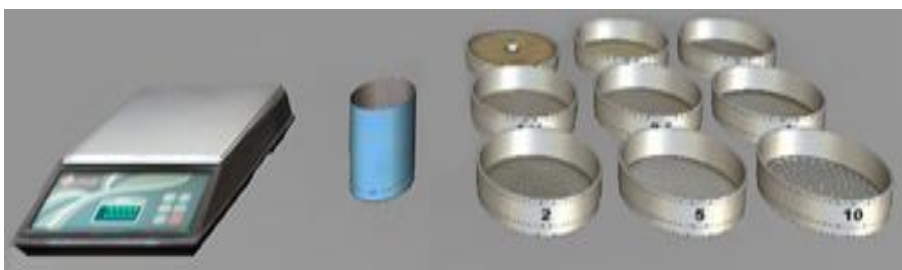
Производные характеристики:

4. Плотность сухого грунта
5. Удельный вес грунта
6. Удельный вес твердых частиц
7. Удельный вес сухого грунта
8. Пористость
9. Коэффициент пористости
10. Удельный вес взвешенного в воде грунта
11. Число пластичности
12. Показатель консистенции (текучести)
13. Степень влажности

ГРУНТОВ

- **0. Гранулометрический состав**, т. е. процентное содержание по весу частиц различной крупности: гальки (40 мм), гравия (2—40 мм), песка (0,25—2 мм), песчаной пыли (0,05—0,25 мм), пылеватых частиц (0,005—0,05 мм) и глинистых частиц (менее 0,005 мм).

В виртуальной лаборатории на одном из столов в разобранном состоянии находится прибор для определения гранулометрического состава грунта (набор сит, дно, крышка), весы электронные, мерная чаша. Каждое сито имеет массу от большого до меньшего с одинаковым уменьшением от 200 до 120 г. Слева на столе рядом находятся 3 ящика с различными грунтами. Справа на столе находится ящик для отработанного грунта.



Прибор для определения
гранулометрического состава грунта,
весы электронные, мерная чаша.

Ящики с грунтами для замеров

ГРУНТОВ

- Гранулометрический состав характеризует содержание по массе групп частиц (фракций) грунта различной крупности по отношению к общей массе абсолютно сухого грунта. В зависимости от содержания в грунте частиц разных размеров определяют степень неоднородности гранулометрического состава.

Название почвы по гранулометрическому составу	Содержание, %		Обозначение на карте
	Физ. Глина	Физ. песок	
Песчаная	<10	>90	VI
Супесчаная	10-20	90-80	V
Легкосуглинистая	20-30	80-70	IV
Среднесуглинистая	30-40	70-60	III
Тяжелосуглинистая	40-50	60-50	II
Глинистая	>50	<50	I

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Различают 3 основные физические характеристики:

- **плотность грунта ρ** естественной (ненарушенной) структуры, равную отношению массы образца грунта к его объему, [г/см³]; [т/м³]; [кг/м³];

- **плотность твердых частиц грунта ρ_s** , равную отношению массы твердых частиц к их объему, [г/см³]; [т/м³]; [кг/м³];

- **природную весовую влажность грунта W** , равную отношению массы содержащейся в нем (грунте) воды к массе твердых частиц, [% или д. е.]

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

$$\rho = \frac{g_1 + g_2}{V_1 + V_2}$$

- плотность грунта естественной (ненарушенной) структуры (г/см³);

$$\rho_s = \frac{g_1}{V_1}$$

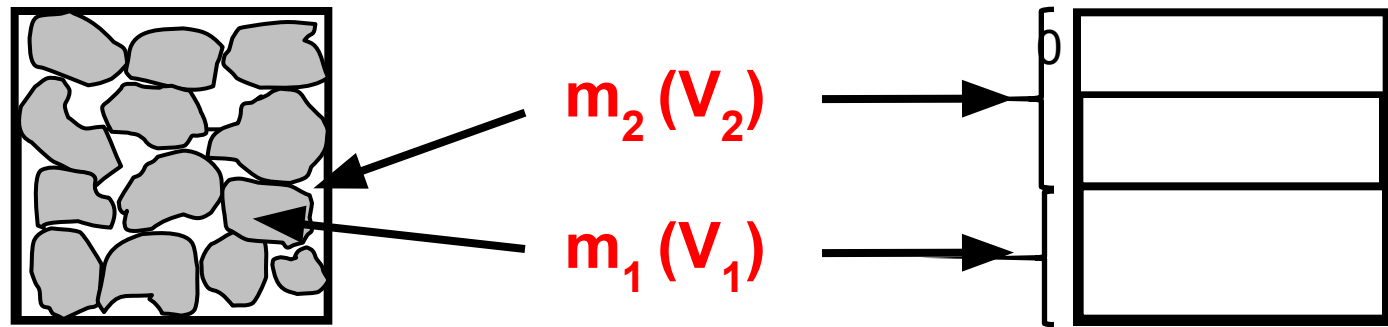
- плотность твердых частиц грунта (г/см³);

$$W = \frac{g_2}{g_1}$$

- природная весовая влажность грунта (д. е или %).

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Изобразим схему 1 см^3 грунта (3^х фазная система).



m_1 – масса твердых частиц грунта;

V_1 – объем твердых частиц грунта;

m_2 – масса воды в порах (массу воздуха не учитываем);

V_2 – объем пустот (заполненных водой и воздухом).

1. Плотность грунта (природная плотность естественной ненарушенной структуры) – это отношение массы образца в природном состоянии к занимаемому им объему.

$$\rho = m/V, \text{ г/см}^3$$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

Определяют в лабораторных условиях методом режущего кольца.

ГРУНТОВ

2. Плотность минеральной части грунта (плотность твердых частиц) – отношение массы твердых частиц грунта к его объему.

$$\bullet \rho = m/V, \text{ г/см}^3$$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

Определяют в лабораторных условиях методом гидростатического взвешивания в мерной колбе – **пикнометре**.

3. Естественная (природная, весовая)

Влажность – отношение массы воды, которая содержится в грунте, к массе этого объема, д. е. или %.

● $\rho = m/V, \text{ г/см}^3$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

Определяют в лабораторных условиях методом сушки пробы грунта (весовым способом).

Анализатор влажности □



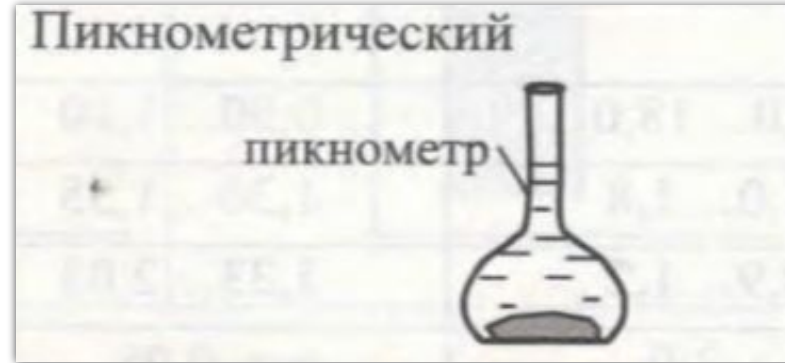
ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Плотность грунта определяют взвешиванием по образцу, отобранному в режущее кольцо, методом лунки, иногда парафинированием.



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Плотность твердых частиц определяют пикнометрическим методом, при этом методе вес (масса) твердых частиц в некотором объеме грунта, вычисляется как разность весов пикнометра (стеклянной колбы с уширением) вместе с помещенным его V сухого грунта и пустого пикнометра.



Влажность грунта устанавливают взвешиванием образца естественной влажности до и после высушивания (до постоянной массы).



Все три основные характеристики определяются только экспериментальным путем и служат для расчета других характеристик.

Производные (расчетные)

физические характеристики грунтов

4. Плотность в сухом состоянии (плотность сухого грунта) ρ_d – отношение массы твердых частиц грунта после высушивания к объему образца ненарушенной структуры до высушивания.

$$\rho = m/V, \text{ г/см}^3$$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

Влажность грунта можно выразить через ρ и ρ_d :

$$W = \frac{\rho - \rho_d}{\rho_d}$$

откуда:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W}$$

5. Удельный вес грунта – отношение веса грунта к занимаемому объему

$$\rho = m/V, \text{ г/см}^3$$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .



ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Объемный вес зависит от минералогического состава, пористости и влажности грунта. Чем больше влажность грунта, тем больше его объемный вес. Максимального значения при данной пористости объемный вес грунта достигает при полном заполнении пор водой.



6. Удельный вес твердых частиц –
отношение веса твердых частиц к
занимаемому объему

$$\rho = m/V, \text{ г/см}^3$$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

7. Удельный вес сухого грунта –
отношение веса сухого грунта к
занимаемому объему

● $\rho = m/V, \text{ г/см}^3$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

5. Удельный вес грунта
(кН/м³)

$$\gamma = \rho \cdot g$$

6. Удельный вес грунта
в сухом состоянии

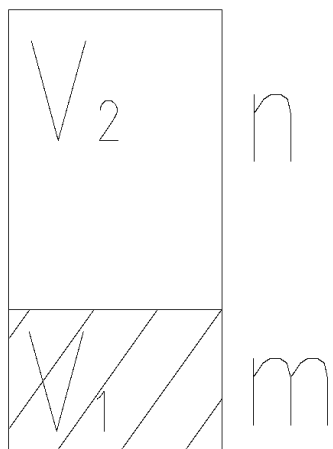
$$\gamma_d = \rho_d \cdot g$$

7. Удельный вес
твёрдых частиц

$$\gamma_s = \rho_s \cdot g$$

8. Пористость грунта (n) – отношение объема пор в образце к объему самого образца.

Отношение объема твердых частиц грунта к объему образца (m).



$$n + m = 1$$

$$n = 1 - m$$



$$m = \frac{V_1}{V_1 + V_2} \quad n = \frac{V_2}{V_1 + V_2}$$

Так как объем рассматриваемого образца равен 1 см^3 , то величины n и m будут соответственно объемами пор и твердых частиц в единице объема грунта. Величины n и m можно получить из выражений:

$$m = \frac{\rho_d}{\rho_s} \quad n = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}$$

• $\rho = m/V, \text{ г/см}^3$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .



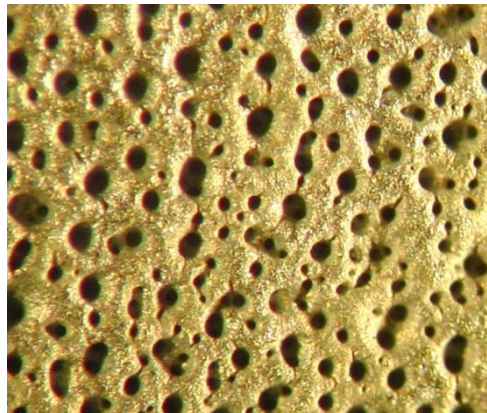
Коэффициент пористости (e) – отношение объема пор к объему твердых частиц.

По определению $e = \frac{n}{m} = \frac{1 - m}{m} = \frac{1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}}{\frac{\rho_d}{\rho_s}} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$

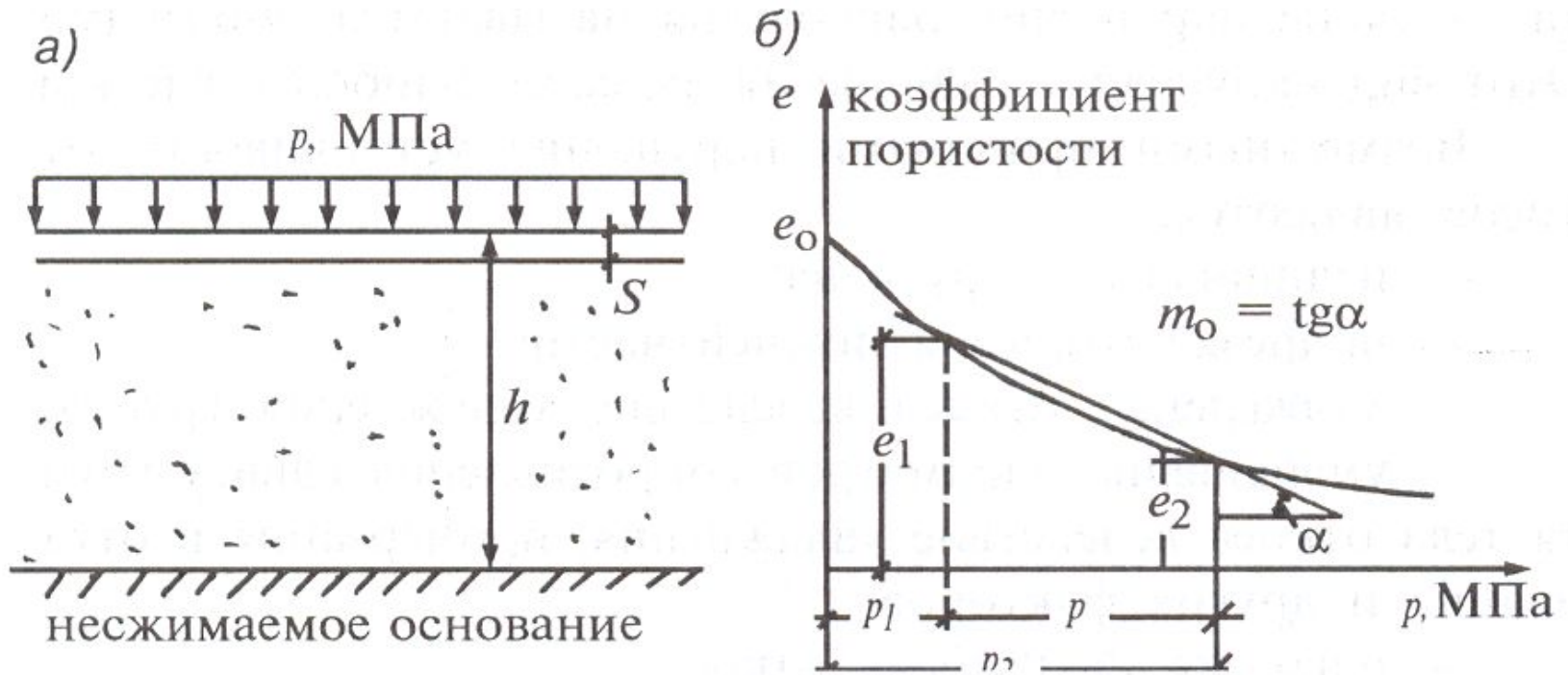
• $\rho = m/V$, г/см³

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см³.



Коэффициент пористости



10. Удельный вес взвешенного в воде грунта – вес объема грунта, который расположен ниже уровня грунтовых вод

• $\rho = m/V, \text{ г/см}^3$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

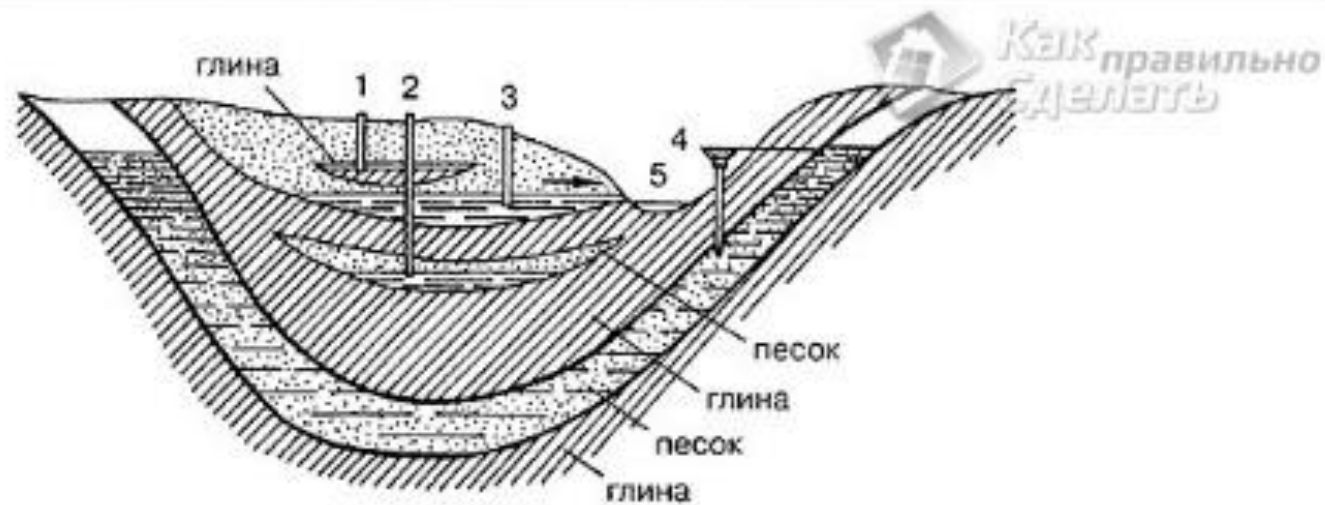


Схема залегания подземных вод: 1 — верховодка; 2 — межпластовые безнапорные воды; 3 — грунтовые воды; 4 — межпластовые напорные воды; 5 — поверхностный водоем

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Удельный вес с учетом взвешивающего действия воды:

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot (1 - n)$$

11. **Число пластичности** – разность между влажностями на границе текучести и границе раскатывания, то есть это долевое или процентное содержание воды, которое придется добавить в грунт, чтобы он из пластичного состояния перешел в текучее. Эта характеристика отражает способность грунтов удерживать воду.

$$\rho = m/V, \text{ г/см}^3$$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

По числу пластичности устанавливается наименование грунта. Если число пластичности равно 0,01-0,07 – это супесь; $>0,17$ – глина.

12. Показатель консистенции (текучести) –
отношение разности влажностей, соответствующих
двум состояниям грунта: естественному и на
границе раскатывания, к числу пластичности

● $\rho = m/V, \text{ г/см}^3$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .

По *показателю консистенции* I_L различают следующие состояния для глин и суглинков:

твердое $I_L < 0$ ($W < W_P$);

полутвердое $0 \leq I_L \leq 0,25$;

тугопластичное $0,25 < I_L \leq 0,50$;

мягкопластичное $0,50 < I_L \leq 0,75$;

текучепластичное $0,75 < I_L \leq 1$;

текучее $I_L > 1$ ($W > W_L$).

▪ Для супеси:
 твердое $I_L < 0$
 пластичное $0 \leq I_L \leq 1$
 текучее $I_L > 1$

13. Коэффициент водонасыщения (S_r) – степень влажности, показатель степени наполнения пор грунта водой

● $\rho = m/V, \text{ г/см}^3$

m – масса образца грунта, г;

V – объем образца грунта, см^3 .



Коэффициент водонасыщения (S_r)

Коэффициент водонасыщения (S_r) – отношение естественной влажности грунта W к влажности, соответствующей полному заполнению пор водой (без пузырьков воздуха), т. е. к полной влагоемкости W_{sat} .

$$S_r = \frac{W}{W_{sat}} \quad (*)$$

Согласно определению:

$$W_{sat} = \frac{n \cdot \rho_w}{m \cdot \rho_s}$$

ИЛИ

$$W_{sat} = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s}$$

где ρ_w – плотность воды ($\rho_w = 1$ г/см³).

Подставив значение W_{sat} в выражение (*), найдем:

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} = \frac{W \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w}$$

**По коэффициенту водонасыщения различают
грунты:**

- малой степени водонасыщения $0 < S_r \leq 0,5$;
- средней степени водонасыщения $0,5 < S_r \leq 0,8$;
- насыщенные водой $0,8 < S_r \leq 1$.

В зависимости от влажности для глинистых грунтов К.Терцаги ввел три консистенции: *твердую*, *пластичную* и *текучую*. Для определения консистенции находят характерные влажности, соответствующие границе текучести W_L и границе раскатывания (пластичности) W_p .

W_L – влажность грунта, при которой стандартный конус погружается в образец на глубину 10 мм (верхний предел пластичности);

W_p – влажность грунта, при которой он теряет способность раскатываться в шнур диаметром 2...3 мм (нижний предел пластичности).

Разность между этими влажностями называется *числом пластичности* I_p :

$$I_p = W_L - W_p$$

По числу пластичности можно определить вид грунта:

супесь $(0,01) 1\% \leq I_p \leq 7\% (0,07)$

суглинок $(0,07) 7\% < I_p \leq 17\% (0,17)$

глина $I_p > 17\% (0,17)$

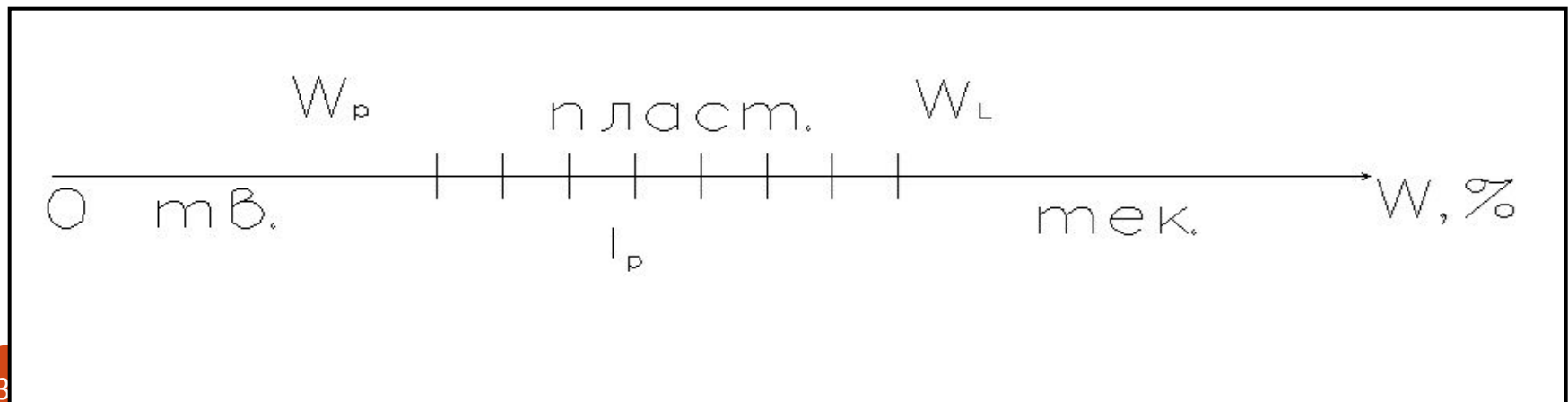
Показатель текучести:

$$I_L = \frac{W - W_P}{W_L - W_P} = \frac{W - W_P}{I_P}$$

I_L характеризуется степенью взаимной подвижности твердых частиц в грунте естественного сложения. Чем больше подвижность, тем больше величина I_L .

Для **супесей** (вследствие малой точности определения значений W_L и W_P) различают только три состояния:

твердое	$I_L < 0$
пластичное	$0 \leq I_L \leq 1$
текучее	$I_L > 1.$



I_d – показатель плотности сложения.

Плотность песков может быть установлена путем сравнения коэффициента пористости природного сложения с коэффициентом пористости в рыхлом и плотном состоянии.

$$I_d = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}}$$

e - коэффициент пористости природного сложения;
 e_{\max} - коэффициент пористости в рыхлом состоянии;
 e_{\min} - коэффициент пористости в плотном состоянии.

Классификация песков:

рыхлые

$$0 \leq I_d \leq 0,33$$

средней плотности

$$0,33 < I_d \leq 0,67$$

плотные

$$0,67 < I_d \leq 1$$

РАСЧЕТНЫЕ ФОРМУЛЫ ОСНОВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ

Характеристики	Формула
Плотность сухого грунта, г/см ³ (т/м ³)	$\rho_d = \rho / (1 + w)$
Пористость %	$n = (1 - \rho_d / \rho_s) 100$
Коэффициент пористости	$e = n / (100 - n)$ или $e = (\rho_s - \rho_d) / \rho_d$
Полная влагоемкость	$\omega_0 = e \rho_w / \rho_s$
Степень влажности	$S_r = \frac{\omega \rho_s}{e \rho_w}$
Число пластичности	$I_p = \omega_L - \omega_p$
Показатель текучести	$I_L = (\omega - \omega_p) / (\omega_L - \omega_p)$

ВЫВОДЫ

Физические свойства и характеристики (их численные параметры) определяют не только физическое состояние грунтов, но и их состояние при проявлениях природных воздействий (замачивании, температурных колебаниях, низких отрицательных температурах), но и напрямую связаны с механическими (прочностными и деформационными) характеристиками.

**Спасибо за
внимание!**

