



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** — отдельно-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

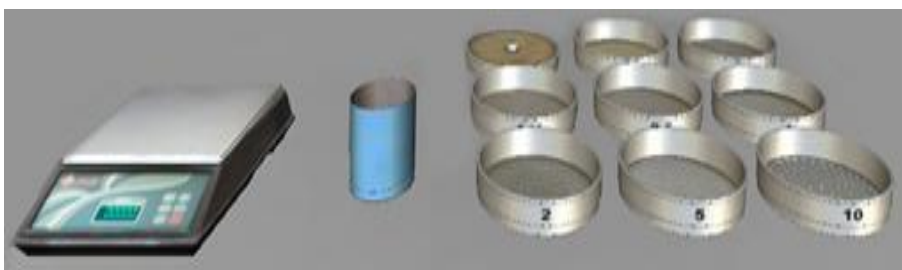
## Производные характеристики:

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  $\rho$**  естественной (ненарушенной) структуры, равную отношению массы образца грунта к его объему, [г/см<sup>3</sup>]; [ т/м<sup>3</sup>]; [кг/м<sup>3</sup>];

- **плотность твердых частиц грунта  $\rho_s$** , равную отношению массы твердых частиц к их объему, [г/см<sup>3</sup>]; [ т/м<sup>3</sup>]; [кг/м<sup>3</sup>];

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

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

- плотность грунта естественной (ненарушенной) структуры (г/см<sup>3</sup>);

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

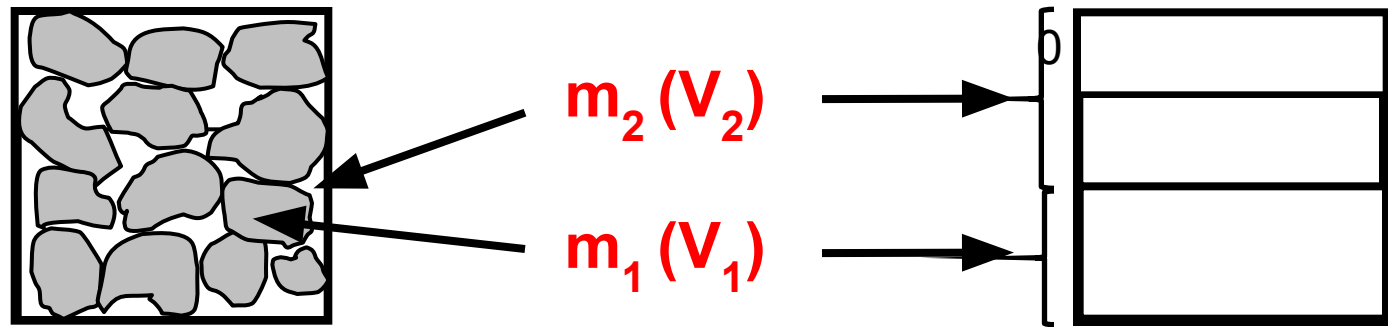
- плотность твердых частиц грунта (г/см<sup>3</sup>);

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

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

# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Изобразим схему  $1 \text{ см}^3$  грунта (3<sup>х</sup> 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,  $\text{см}^3$ .

Определяют в лабораторных условиях методом режущего кольца.

# ГРУНТОВ

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

●  $\rho = m/V, \text{ г/см}^3$

$m$  – масса образца грунта, г;

$V$  – объем образца грунта,  $\text{см}^3$ .

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,  $\text{см}^3$ .

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)  $\rho_d$  – 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,  $\text{см}^3$ .

Влажность грунта можно выразить через  $\rho$  и  $\rho_d$ :

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

откуда:

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

# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

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,  $\text{см}^3$ .



# 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.



Прибор для определения объемного веса грунта

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,  $\text{см}^3$ .

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,  $\text{см}^3$ .

# ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

5. Удельный вес грунта  
(кН/м<sup>3</sup>)

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

6. Удельный вес грунта  
в сухом состоянии

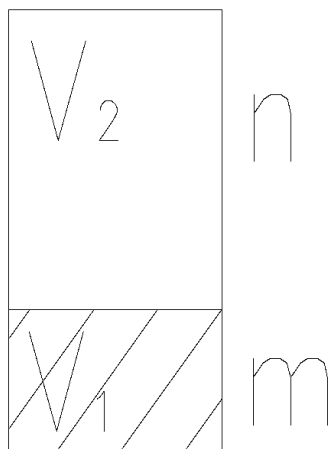
$$\gamma_d = \rho_d \cdot g$$

7. Удельный вес  
твердых частиц

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

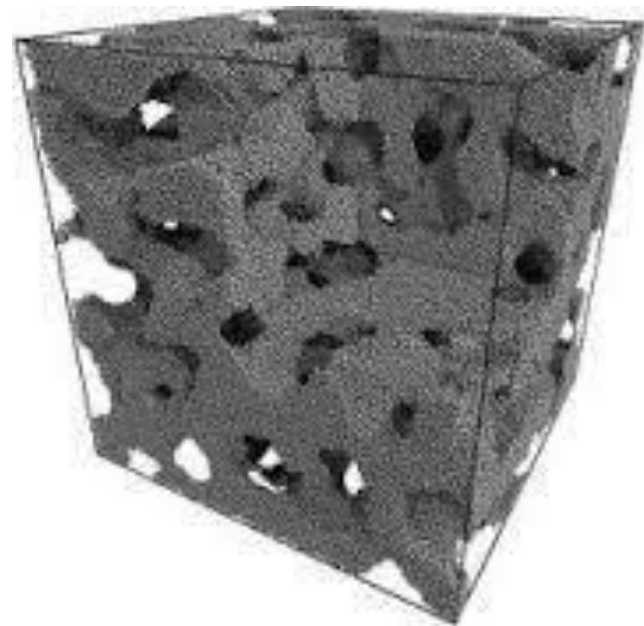
**8. Пористость грунта ( $n$ )** – отношение объема пор в образце к объему самого образца.

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  $1\text{ см}^3$ , 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,  $\text{см}^3$ .



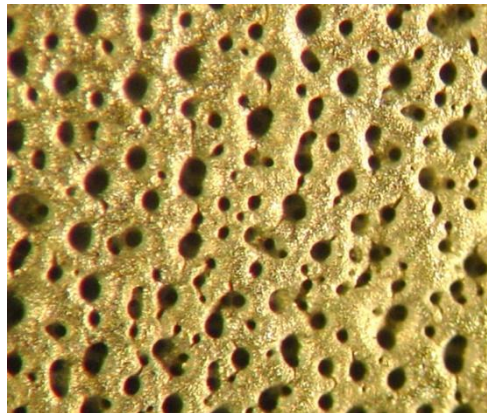
**Коэффициент пористости ( $e$ )** – отношение объема пор к объему твердых частиц.

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

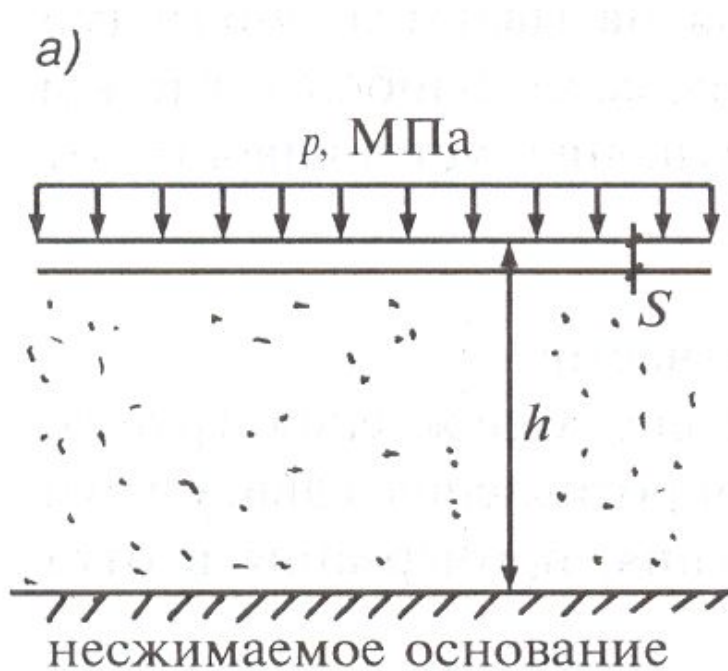
•  $\rho = m/V$ , г/см<sup>3</sup>

$m$  – масса образца грунта, г;

$V$  – объем образца грунта, см<sup>3</sup>.



# 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,  $\text{см}^3$ .

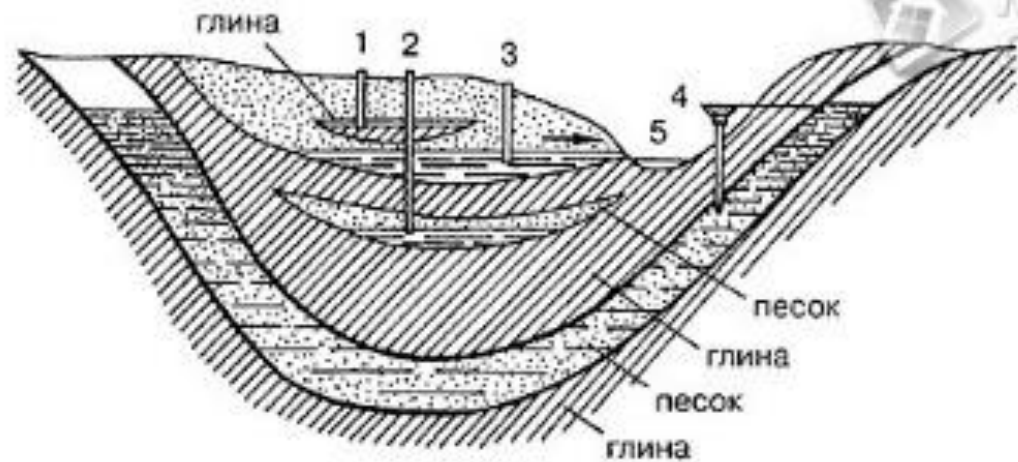


Схема залегания подземных вод: 1 — верховодка; 2 — межпластовые безнапорные воды; 3 — грунтовые воды; 4 — межпластовые напорные воды; 5 — поверхностный водоем

# 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,  $\text{см}^3$ .

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,  $\text{см}^3$ .

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,  $\text{см}^3$ .



# 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  $\rho_w$  – плотность воды ( $\rho_w = 1$  г/см<sup>3</sup>).

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:

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
| <b>твердое</b>    | $I_L < 0$           |
| <b>пластичное</b> | $0 \leq I_L \leq 1$ |
| <b>текучее</b>    | $I_L > 1.$          |



$I_d$  – 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 <sup>3</sup> (т/м <sup>3</sup> ) | $\rho_d = \rho / (1 + w)$                                |
| 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!**

