

Классификация грунтов по происхождению:

Континентальные отложения:

- Элювиальные – продукты выветривания горных пород, оставшиеся на месте своего образования
- Делювиальные – перемещенные атмосферными водами и силами тяжести
- Аллювиальные – перенесенными водными потоками на значительные расстояния
- Ледниковые – результат действия ледников
- Эоловые – продукты выветривания, пески дюн, барханов

Морские отложения:

- Органогенные (ракушечники)
- Органо-минеральные (илы, заторфованные грунты, пески, галечники)

Классификация твердых частиц по размеру:

- Галечные (щебень) – более 20 мм
- Гравелистые (хрящ) – от 2 до 20 мм
- Песчаные – от 0,05 до 2 мм
- Пылеватые – от 0,005 до 0,05 мм
- Глинистые – менее 0,005 мм



Классификация грунтов по размеру частиц:

- **Крупнообломочными** называют сыпучие грунты, содержащие в своем составе **более 50%** (по массе) частиц крупнее 2 мм:
 - Валунный (глыбовый); галечниковый (щебенистый); гравийный (дресвяный)
- **Песчаными** называют сыпучие грунты, содержащие в своем составе **менее 50%** (по массе) частиц крупнее 2 мм:
 - Гравелистый; крупный; средней крупности; мелкий; пылеватый
- **Глинистыми** называют связные грунты, в составе которых содержится **более 3%** (по массе) частиц размерами менее 0,005 мм:
 - Супеси (10-20% глинистых частиц)
 - Суглинки (20-50% глинистых частиц)
 - Глины (более 50% глинистых частиц)

Классификация грунтов:

- **Класс** – по общему характеру (природе) структурных связей:
 - Природные **скальные** (с жесткими связями между частицами)
 - Природные **дисперсные** (без жестких связей между частицами)
 - Природные **мерзлые**
 - **Техногенные**
- **Подкласс** – по структурам грунтов, образованных соответствующими структурными связями
- **Тип** – по основным генетическим категориям (происхождению)
 - **Подтип** – по условиям образования
- **Вид** – по вещественному составу
 - **Подвид** – по петрографическому или литологическому составу
- **Разновидность** – по количественным показателям состава, строения, состояния и свойств грунтов

Физические свойства грунтов

Разделяются на две основные группы характеристик:

- **Основные** – характеристики физических свойств, определяемые на основе лабораторных исследований
 - Плотность
 - Удельный вес
 - Влажность
- **Расчетные** – характеристики физических свойств, определяемые по результатам дополнительных расчетов
 - Плотность сухого грунта
 - Удельный вес сухого грунта
 - Пористость
 - Коэффициент пористости и др.

Основные физические свойства грунтов:

Глинистых:

- Плотность – ρ , г/см³
- Плотность сухого грунта – ρ_d , г/см³
- Плотность частиц грунта – ρ_s , г/см³
- Пористость – n , %
- Коэффициент пористости – e , д. е.
- Влажность – w , %
- Коэффициент водонасыщения – S_r , д. е.
- Число пластичности – I_p , %
- Показатель текучести – I_L , д. е.
- Влажность на границе раскатывания – w_p , %
- Влажность на границе текучести – w_L , %

Песчаных:

- Плотность – ρ , г/см³
- Плотность сухого грунта – ρ_d , г/см³
- Плотность частиц грунта – ρ_s , г/см³
- Пористость – n , %
- Коэффициент пористости – e , д.е.
- Влажность – w , %
- Гранулометрический состав

Основные характеристики физических свойств:

- **Плотность** грунта (природная), г/см^3 – отношение массы образца грунта в естественном состоянии к занимаемому им объему:

$$\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$$

- **Удельный вес** грунта, кН/м^3 – произведение плотности грунта на ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$):

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

- **Плотность частиц** грунта, г/см^3 – отношение массы твердых частиц к их объему в абсолютно плотном состоянии:

$$\rho_s = \frac{m_1}{V_1}$$

Основные характеристики физических свойств:

- **Пористость** грунта, % – отношение объема пор к объему грунта:

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

- **Коэффициент пористости** грунта, д. е. – отношение объема пор к объему твердых частиц грунта:

$$e = \frac{V_2}{V_1},$$

тогда

$$n = \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \frac{e \cdot V_1}{V_1 + e \cdot V_1} = \frac{e}{1 + e}$$

Основные характеристики физических свойств:

- **Удельный вес частиц** грунта, кН/м^3 – произведение плотности частиц грунта на ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$):

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

- **Естественная (природная) влажность** грунта, % – отношение массы воды к массе твердых частиц:

$$w = \frac{m_2}{m_1}$$

- **Плотность** сухого (скелета) грунта, г/см^3 – отношение массы твердых частиц грунта к объему образца ненарушенной структуры:

$$\rho_d = \frac{m_1}{V_1 + V_2}$$

Расчетные характеристики физических свойств:

- **Плотность** сухого (скелета) грунта, г/см^3 – отношение массы твердых частиц грунта к объему образца ненарушенной структуры:

$$\rho_d = \frac{m_1}{V_1 + V_2} = \frac{m_1 \cdot \rho}{m_1 + m_2} = \frac{m_1 \cdot \rho}{m_1 \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right)} = \frac{\rho}{1 + w},$$

где $V_1 + V_2 = \frac{m_1 + m_2}{\rho}$ и $w = \frac{m_2}{m_1}$

- **Удельный вес** сухого грунта, кН/м^3 – произведение плотности сухого грунта на ускорение свободного падения ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$):

$$\gamma = \rho_d \cdot g$$

Расчетные характеристики физических свойств:

- **Пористость** грунта, д. е. – отношение объема пор к объему грунта:

$$n = \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \frac{\frac{m_1}{\rho_d} - \frac{m_1}{\rho_s}}{\frac{m_1}{\rho_s} + \frac{m_1}{\rho_d} - \frac{m_1}{\rho_s}} = \frac{\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_s}}{\frac{1}{\rho_d}} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s}$$

- **Коэффициент пористости** грунта, д. е. – отношение объема пор к объему твердых частиц грунта:

$$e = \frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{m_1}{\rho_d} - \frac{m_1}{\rho_s}}{\frac{m_1}{\rho_s}} = \frac{\frac{1}{\rho_d} - \frac{1}{\rho_s}}{\frac{1}{\rho_s}} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$$

где $V_1 = \frac{m_1}{\rho_s}$ и $V_2 = \frac{m_1}{\rho_d} - V_1 = \frac{m_1}{\rho_d} - \frac{m_1}{\rho_s}$

По коэффициенту пористости e

Пески подразделяют на разновидности (табл. Б.12 ГОСТ 25100):

Разновидность песков	Коэффициент пористости e , д. е.		
	Пески гравелистые, крупные и средней крупности	Пески мелкие	Пески пылеватые
Плотный	$e \leq 0,55$	$e \leq 0,60$	$e \leq 0,60$
Средней плотности	$0,55 < e \leq 0,70$	$0,60 < e \leq 0,75$	$0,60 < e \leq 0,80$
Рыхлый	$e > 0,70$	$e > 0,75$	$e > 0,80$

Расчетные характеристики физических свойств:

- **Коэффициент водонасыщения** (степень влажности), д. е. – степень заполнения объема пор водой, т. е. отношение естественной влажности грунта w к его полной влагоемкости w_{sat} :

$$S_r = \frac{w}{w_{sat}} = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w}$$

где $w_{sat} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{V_2 \cdot \rho_w}{V_1 \cdot \rho_s} = \frac{e \cdot \rho_w}{\rho_s}$

- **Разновидности** песчаных грунтов по **степени влажности**:
 - $0 < S_r \leq 0,5$ – малой степени водонасыщения (маловлажные)
 - $0,5 < S_r \leq 0,8$ – средней степени водонасыщения (влажные)
 - $0,8 < S_r \leq 1$ – насыщенные водой (водонасыщенные)

Расчетные характеристики физических свойств:

- **Удельный вес** грунта с учетом **взвешивающего** действия воды, г/см^3 – для грунтов, залегающих ниже уровня грунтовых вод:

$$\gamma_{sb} = \frac{\gamma_s \cdot V_1 - \gamma_w \cdot V_1}{V_1 + V_2} = \frac{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + \frac{V_2}{V_1}} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e}$$

- **Плотность** грунта с учетом **взвешивающего** действия воды, г/см^3 – для грунтов, залегающих ниже уровня грунтовых вод:

$$\rho_{sb} = \frac{\gamma_{sb}}{g} = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{g \cdot (1 + e)} = \frac{g \cdot (\rho_s - \rho_w)}{g \cdot (1 + e)} = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e}$$

где $e = \frac{V_2}{V_1}$, γ_w и ρ_w – удельный вес и плотность воды, соответственно

Расчетные характеристики физических свойств:

- **Влажность на границе раскатывания** – w_P , %: влажность грунта, при которой грунт находится на границе между твердым и пластичным состояниями
- **Влажность на границе текучести** – w_L , %: Влажность грунта, при которой грунт находится на границе между пластичным и текучим состояниями
- **Число пластичности**, % – разность между влажностью на границе текучести w_L и влажностью на границе раскатывания w_P :

$$I_P = w_L - w_P$$

- **Показатель текучести**, д. е. – показатель состояния (консистенции) глинистых грунтов:

$$I_L = \frac{w - w_P}{I_P}$$

Другие характеристики физических свойств:

- **Степень плотности** песков – I_D , д. е.: характеристика плотности сложения искусственных песчаных оснований
- **Степень неоднородности** гранулометрического состава – C_u , д. е.: характеристика неоднородности состава песчаных грунтов по размеру частиц
- **Коэффициент фильтрации** – K_f , см/с или м/сут: скорость фильтрации воды через грунт при градиенте напора, равном единице, и линейном законе фильтрации
- **Градиент напора** – J , м/м: отношение разности гидростатических напоров воды (потери напора) к длине пути фильтрации
- Множество дополнительных характеристик, описывающих физические свойства специфических грунтов: мерзлых, засоленных, просадочных, набухающих, органо-минеральных

Основные механические свойства грунтов:

- **Деформационные:**

- Коэффициент сжимаемости – m_0 , МПа⁻¹
- Коэффициент относительной сжимаемости – m_v , МПа⁻¹
- Модуль деформации – E , МПа
- Коэффициент поперечной деформации (Пуассона) – ν

- **Прочностные:**

- Угол внутреннего трения – φ , град.
- Удельное сцепление – C , кПа
- Расчетное сопротивление грунта основания для предварительного назначения размеров фундаментов – R_0 , кПа
- Предел прочности на одноосное сжатие скальных грунтов – R_c , МПа
- Сила предельного сопротивления основания, соответствующая исчерпанию его несущей способности – F_u , кПа

Деформируемость дисперсных грунтов

- **Виды деформаций** грунта при действии сжимающей нагрузки:
 - Уплотнение за счет взаимного смещения твердых частиц
 - Разрушение твердых частиц
 - Отжатие воды и воздуха из пор грунта
 - Деформация пленок воды в точках контакта твердых частиц
 - Сжатие воздуха в закрытых порах грунта
 - Упругие деформации твердых частиц
- Деформации грунта разделяются на **упругие** (восстанавливающиеся) и **пластические** (остаточные):
- **Пластические** деформации грунта разделяются на **объемные** (уменьшение объема пор – уплотнение) и **сдвиговые** (изменение первоначальной формы с возможным разрушением)