

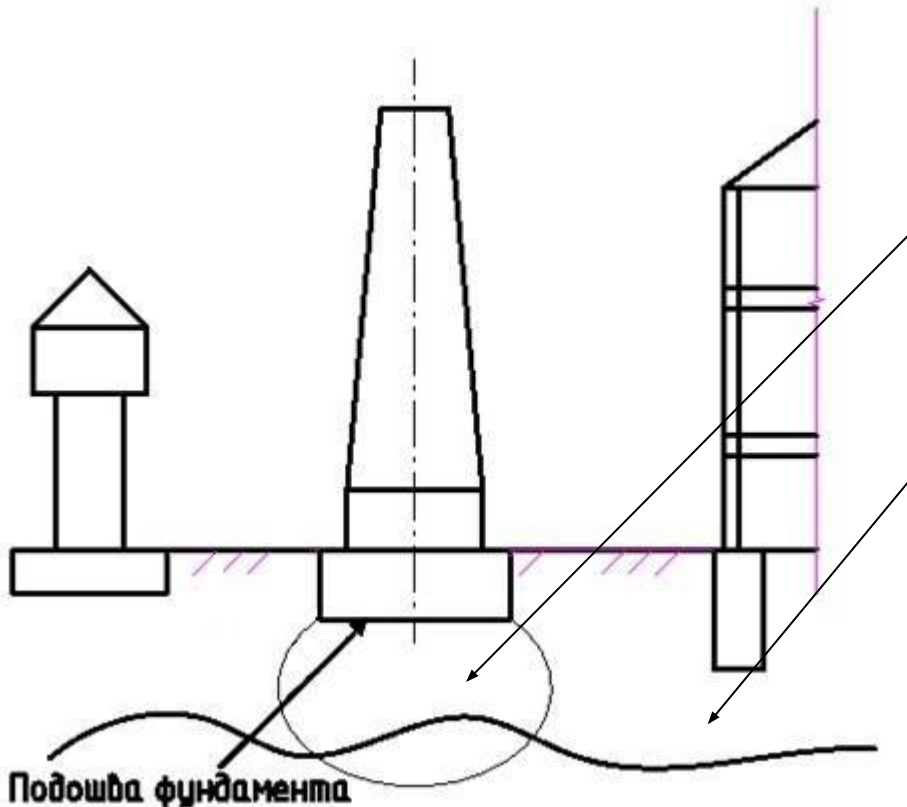
*Тема № 1. ПРИРОДА,
ФИЗИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ И
КЛАССИФИКАЦИЯ
ГРУНТОВ*

Механика грунтов
Пыхтеева Надежда Филипповна

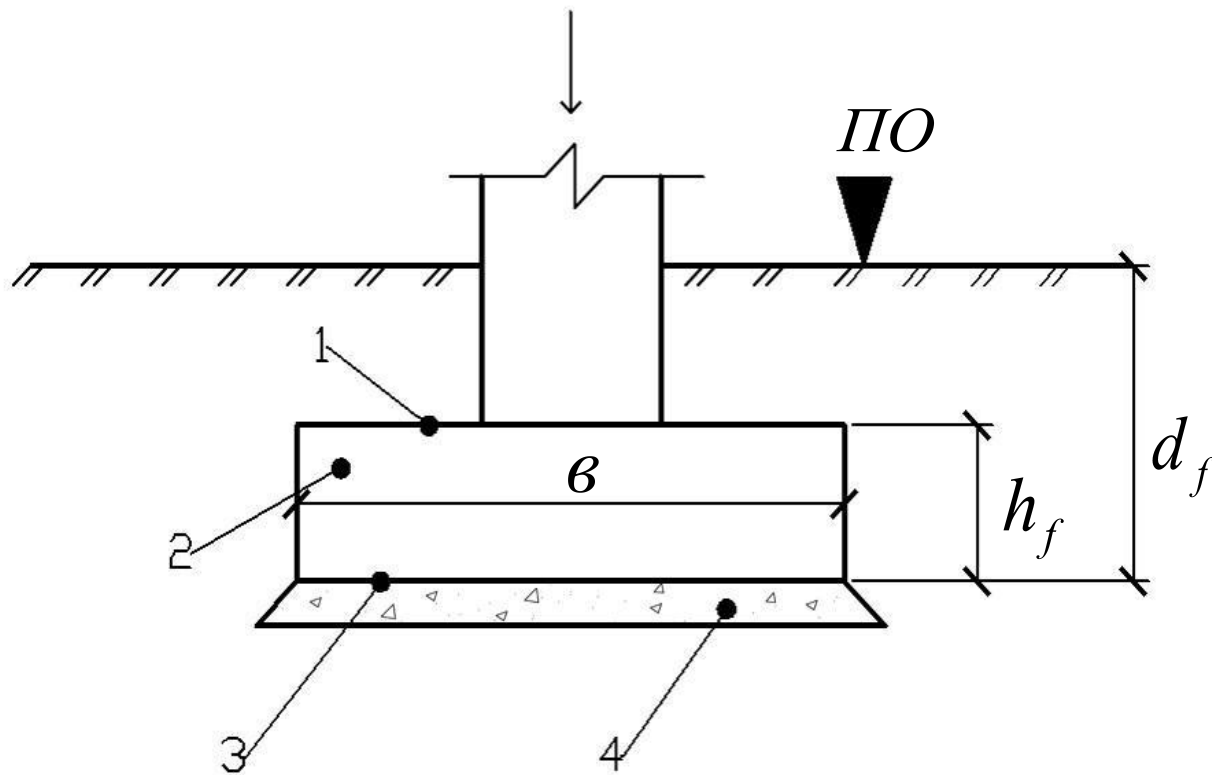
Предметом изучения механики грунтов являются материалы природного происхождения - грунты и их взаимодействие с сооружениями.

Проектирование зданий в проектных институтах обычно осуществляется по типовым проектам, а фундаменты всегда проектируются, исходя из их индивидуальных условий – это обуславливается природным залеганием грунтов.

Подземная часть сооружения, предназначенная для передачи нагрузки от сооружения грунту, называется ФУНДАМЕНТОМ.



- Область грунта, воспринимающая давление от сооружения, называется **ОСНОВАНИЕМ**.
-
- Слой грунта под подошвой фундамента называется **НЕСУЩИМ** слоем грунта; остальные слои – **ПОДСТИЛАЮЩИМИ**.
-
- **ГРУНТ** – это рыхлые горные породы верхних слоев литосферы.



- 1 - Обрез
фундамента
- 2 - Фундамент
- 3 - Подошва
фундамента
- 4 - Щебеночно-
песчаная
подготовка

- $ПО$ – планировочная отметка;
- b – ширина фундамента;
- h_f – высота фундамента;
- d_f – глубина заложения фундамента.

Фундамент– подземная или заглубленная часть сооружения, предназначенная для передачи нагрузки от сооружения на основание.

Подшва – нижняя поверхность фундамента.

Основание– толща грунтов, на которых возводится сооружение. Основание воспринимает от сооружений нагрузки, деформируясь под их воздействием.

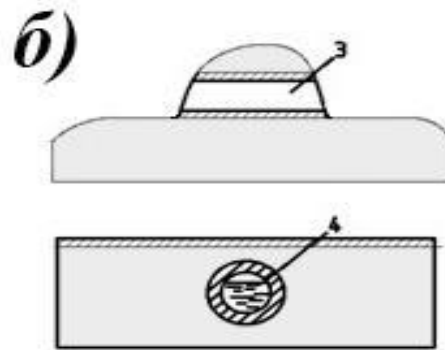
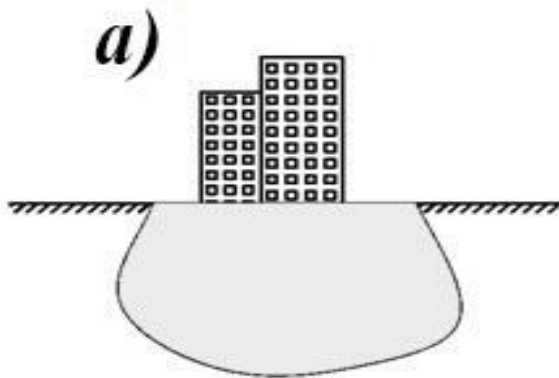
Различают основания:

- **естественные** – сложенные природными грунтами без их специальной подготовки.
- **искусственные**- представленные уплотненными или закрепленными грунтами природного происхождения или сложенные твердыми отходами производственной и хозяйственной деятельности человека.

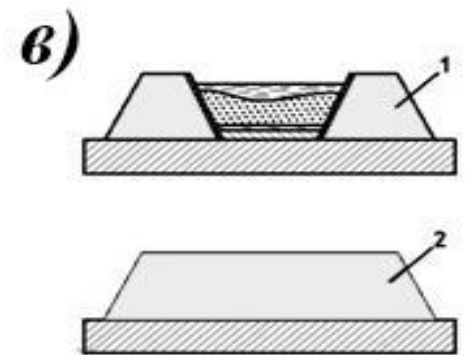
Происхождение грунтов

Грунт – горная порода, используемая в строительстве в качестве:

- основания фундамента – а
- среды, в которой возводится сооружение - б
- материала для строительства сооружения – в



3 – туннель,
4 – трубопровод



1 – дамба, 2 – насыпь
автодороги

- **Горная порода** – закономерно построенная совокупность минералов, которая характеризуется составом, структурой и текстурной.
- **Состав** – перечень минералов, образующих горную породу.
- **Структура (строение)**- размер, форма и процентное соотношение частиц, слагающих горную породу
- **Текстура (ткань, сплетение)**- пространственное расположение слагающих породу частиц

Горные породы по происхождению подразделяют:

(ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация)

- 1) **Магматические**, которые образуются при медленном остывании магмы в верхних слоях земной коры (габбро, гранит), а также при быстром остывании магмы на поверхности земли (базальты, порфиры).
- 2) **Метаморфические**, которые образуются в недрах земли из горных пород путем их перекристаллизации под воздействием высокого давления, высоких температур, раскаленных газов и горячих водных растворов (мрамор, сланцы).
- 3) **Осадочные**, которые образуются в результате выветривания, перемещения, осаждения и уплотнения продуктов разрушения исходных горных пород.

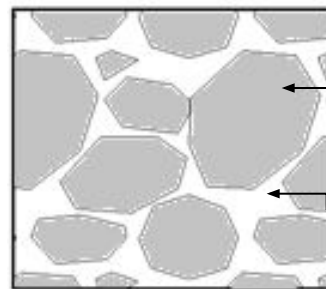
В зависимости от степени упрочнения различают осадочные горные породы:

- **Сцементированные** (доломиты, песчаники и другие)
 - **Не сцементированные** (крупнообломочные, песчаные, глинистые и другие)
- 4) **Вулканоогенно-осадочные**, которые образуются из продуктов дробления застывающей лавы при её движении и при осаждении пирокластической массы (пепла, шлаков и др.)
 - 5) **Элювиальные**, которые образуются в результате выветривания, и представлены не перемещенными продуктами разрушения.
 - 6) **Техногенные**, которые образуются в результате жизнедеятельности человека

Состав грунтов

Грунт состоит из трех составляющих:

- **Твердая** (частицы минералов)
- **Жидкая** (вода)
- **Газообразная** (воздух или газ)



Зерна

(твердые частицы)

Поры (воздух+вода)

Различают механические грунтовые модели:

- **Однофазный (сухой) грунт** – в порах полностью отсутствует вода
- **Двухфазный (водонасыщенный) грунт** – поры полностью заполнены водой
- **Трехфазный (не водонасыщенный) грунт** – поры частично заполнены водой, частично воздухом
- **Четырехфазный (не водонасыщенный мерзлый) грунт** – вода, в основном, представлена кристалликами льда

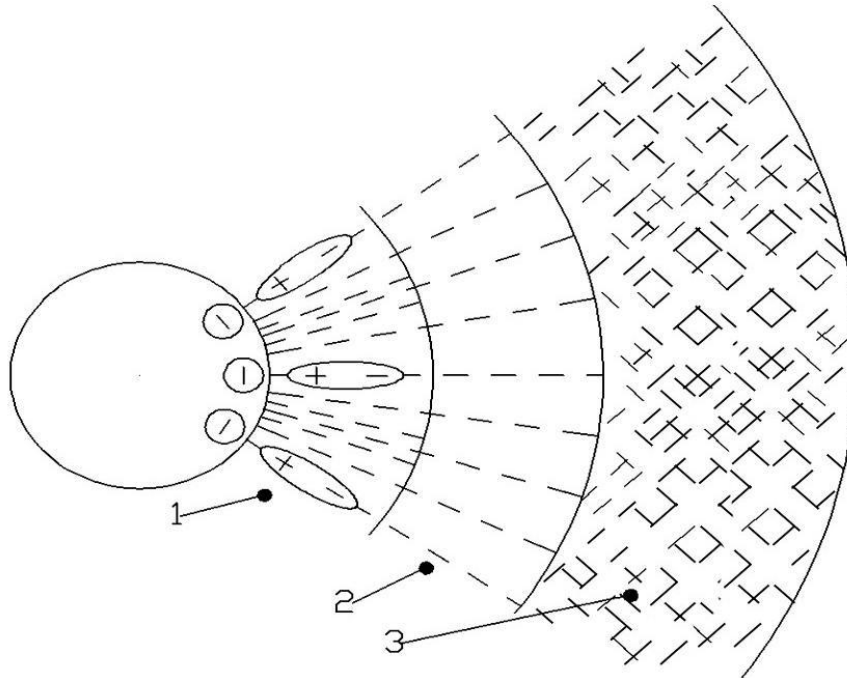
Твердые частицы грунтов

Состоят из пороодообразующих минералов:

- *Минералы, не вступающие во взаимодействия с водой и растворенными в ней веществами (кварц, полевой шпат и другие) . Благоприятны для строительства*
- *Минералы, растворимые в воде (гипс, галит и другие)
В большинстве своем не благоприятны для строительства*
- *Глинистые минералы (иллит, каолинит и др.)
Обладают высокой коллоидной активностью, сильно изменяют свойства в зависимости от влажности.*
- *Органические вещества (гумус)
Не благоприятны для строительства, так как хорошо впитывают воду и легко деформируются.*

Жидкая составляющая грунтов

- **Кристаллизационная вода** – принимает участие в строении кристаллических решеток минералов и находится внутри частиц грунта
- **Поровая вода** – заполняет поры грунта, т.е пространство между твердыми частицами



(физико – химические связи)

1 - Прочносвязанная – ионы воды непосредственно у поверхности частицы, испытывающие огромные силы притяжения.

2 - Рыхлосвязанная – ионы воды, находящиеся на некотором удалении от частицы и испытывающие меньшие силы притяжения.

3 - Свободная вода – молекулы воды, находящиеся вне зоны влияния частицы.

Свободная вода подразделяется:

- **Гравитационная** – подчиняется законам гидравлики.
- **Капиллярная** – по системе капиллярных каналов может подниматься вверх на значительную высоту (от 3,5 см в крупных песках до 6,5 м в суглинках).

Газообразная составляющая грунта

В верхних слоях грунта, соединяющихся с атмосферой, содержится воздух.

Ниже газообразная составляющая может быть представлена воздухом или газом (азотом, метаном, сероводородом и др.)

Газы в грунте могут быть:

- *в свободном состоянии;*
- *растворены в воде.*

Свободный газ:

- *незащемленный, сообщающийся с атмосферой;*
- *защемленный в виде мельчайших пузырьков в воде.*

Уменьшение давления вследствие разработки котлована может привести к выделению газа и разрушению природной структуры грунта.

Гранулометрический состав грунта

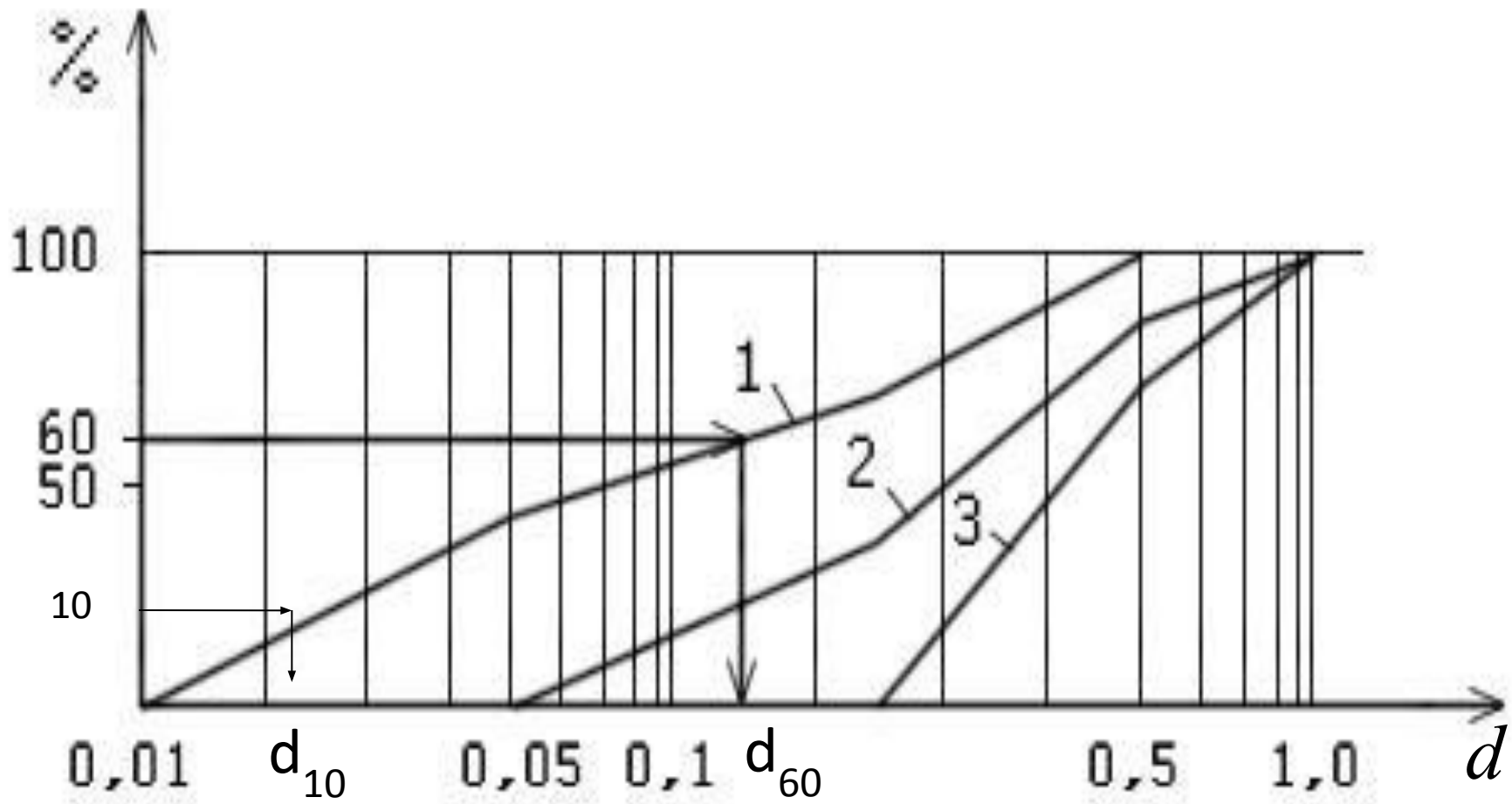
Гранулометрический состав грунта – это количественное соотношение в грунте частиц определенного размера.

- Определяется в соответствии с ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава».

~~Выделяют основные гранулометрические фракции частиц.~~

<i>Стандарт</i>	<i>Наименование фракции с размером частиц в мм</i>			
	<i>Крупнообломочные</i>	<i>Песчаные</i>	<i>Пылеватые</i>	<i>Глинистые</i>
<i>ГОСТ 25100 –2011</i>	> 2	2 – 0.05	0.05 – 0.002	< 0.002

Гранулометрический состав грунта характеризуется интегральной кривой гранулометрического (зернового) состава



1 – песок пылеватый

2 – песок мелкий

3 – песок крупный

Неоднородность грунта определяется по степени неоднородности

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

d_{60} и d_{10} – диаметры частиц, меньше которых в данном грунте содержится соответственно 60 и 10% частиц

Если $C_u > 3$ – **неоднородный**
 $C_u \leq 3$ – **однородный**

Структурные связи между частицами грунта

Связи между частицами и агрегатами частиц в грунте называют **структурными связями**

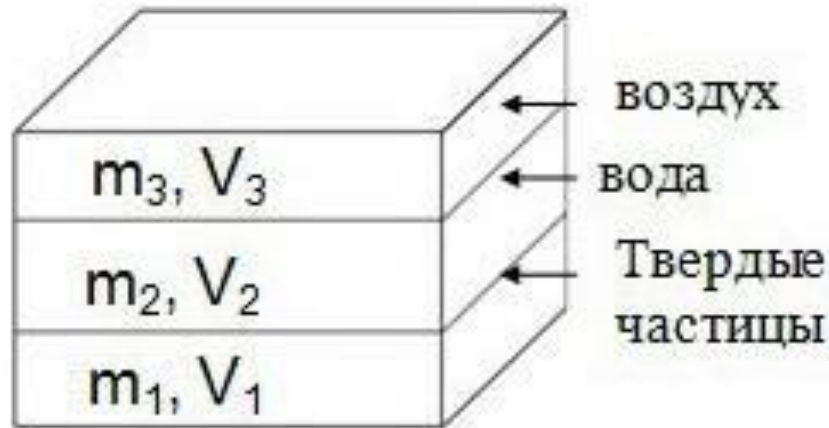
- **Кристаллизационные** – энергия которых соизмерима с внутрикристаллической энергией атомов; присущи скальным грунтам, которые обладают высокой прочностью и малой деформируемостью; при разрушении связи не восстанавливаются.
- **Механические** (внутреннее трение грунта) – силы трения соприкасающихся частиц сыпучих грунтов; эти силы тем больше, чем менее окатаны зерна в грунте.
- **Физико-химические** (водно-коллоидные) – определяются электростатическими силами взаимного притяжения и отталкивания между твердыми частицами и ионами поровой воды в глинистых грунтах.
- **Физические** – обусловлены действием физических полей (гравитационного, магнитного и др.).
- **Криогенные** – кристаллизационные связи, возникающие во влажных грунтах при отрицательной температуре в результате цементирования их льдом; свойственны мерзлым грунтам.
- **Цементационные** – возникают в результате уплотнения грунта

Основные физические характеристики грунтов

Правила отбора, упаковки и транспортировки образцов грунта, а также методики определения их физических характеристик регламентируются гостами

ГОСТ 30416 – 2012 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения»

ГОСТ 5180 – 2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик»



$$M = m_1 + m_2 + m_3$$

$$V = V_1 + \underbrace{V_2 + V_3}_{V_{\text{пор}}}$$

- Плотность грунта

$$\rho = \frac{M}{V}, \frac{г}{см^3} = \frac{т}{м^3}$$

Определяется лабораторным путем

- Плотность твердых частиц

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


Определяется лабораторным путем

- Влажность грунта

$$W = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100, \% \text{ или } \underline{д.ед.}$$

Определяется лабораторным путем

Усл. обозначение	Ед. измерения	Метод	Определение	Расчетная формула
W	Доли ед.	Высушивания проб 	$\frac{m_{\omega}}{m_s}$	$\frac{M - m_d}{m_d}$
ρ	г/см^3	Режущего кольца  Парафинировани я (гидростатическо го взвешивания) 	$\frac{M}{V}$	$\frac{M}{V}$ <hr/> $\frac{M}{\frac{(m_1 - m_2)}{\rho_{\omega}} - \frac{(m_1 - M)}{\rho_{\text{par}}}}$

ρ_s	Г/см ³	пикнометр 	$\frac{m_s}{V_s}$	$\frac{m_d}{m_d + m_3 - m_4} \rho_w$
		Пикнометрический		

m_d – масса высушенной пробы грунта

m_1 – масса образца, покрытого парафином

m_2 – масса образца, покрытого парафином и взвешенного в воде

m_3, m_4 – соответственно масса пикнометра с водой и пикнометра с водой и грунтом

ρ_w, ρ_{par} – плотности воды и парафина соответственно равные 1 г/см³ и 0,93 г/см³

- Плотность сухого грунта

$$\rho_d = \frac{m_1}{V} = \frac{\rho}{1 + w}$$

- Удельный вес грунта

$$\gamma = \rho \cdot g, \frac{\kappa H}{M^3}, g = 9,81 \frac{M}{сек^2}$$

- Удельный вес твердых частиц

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

- Удельный вес сухого грунта

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

- Пористость грунта

$$n = \frac{V_{пор}}{V} = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s}; \text{ \%}, \text{ } \partial . e \partial .$$

- Относительное содержание в грунте твердых частиц

$$m = \frac{V_1}{V}; \text{ \%}, \text{ } \partial . e \partial .$$

$$n + m = 1 (100 \text{ \%})$$

$$m = 1 - n$$

- Коэффициент пористости

$$e = \frac{n}{m} = \frac{V_{пор}}{V_1}, \text{ д.ед.}$$

- Влагоемкость грунта – влажность, соответствующая полному водонасыщению грунта, когда все поры заполнены водой.

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

ρ_w - плотность воды; $\rho_w = 1 \text{ г/см}^3$

- Коэффициент водонасыщения

$$S_r = \frac{W}{W_{sat}}$$

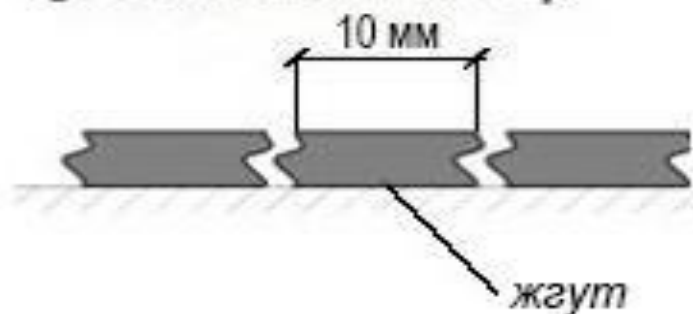
- Число пластичности грунта

$$I_P = W_L - W_P$$

W_L – влажность на границе текучести, при которой стандартный конус погружается в грунт на 10 мм за 5 сек (верхний предел пластичности);

W_P – влажность на границе раскатывания, при которой грунт раскатывается на жгуты $d=3$ мм, длиной 3 – 10 мм (нижний предел пластичности)

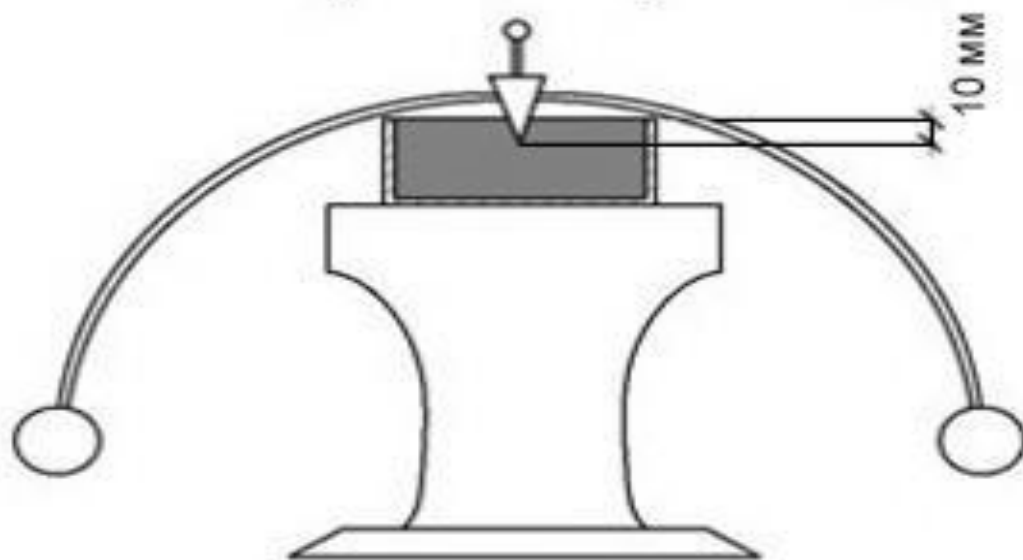
Граница пластичности
(раскатывания) W_p



Число пластичности:

$$I_p = W_L - W_p$$

Граница текучести W_L

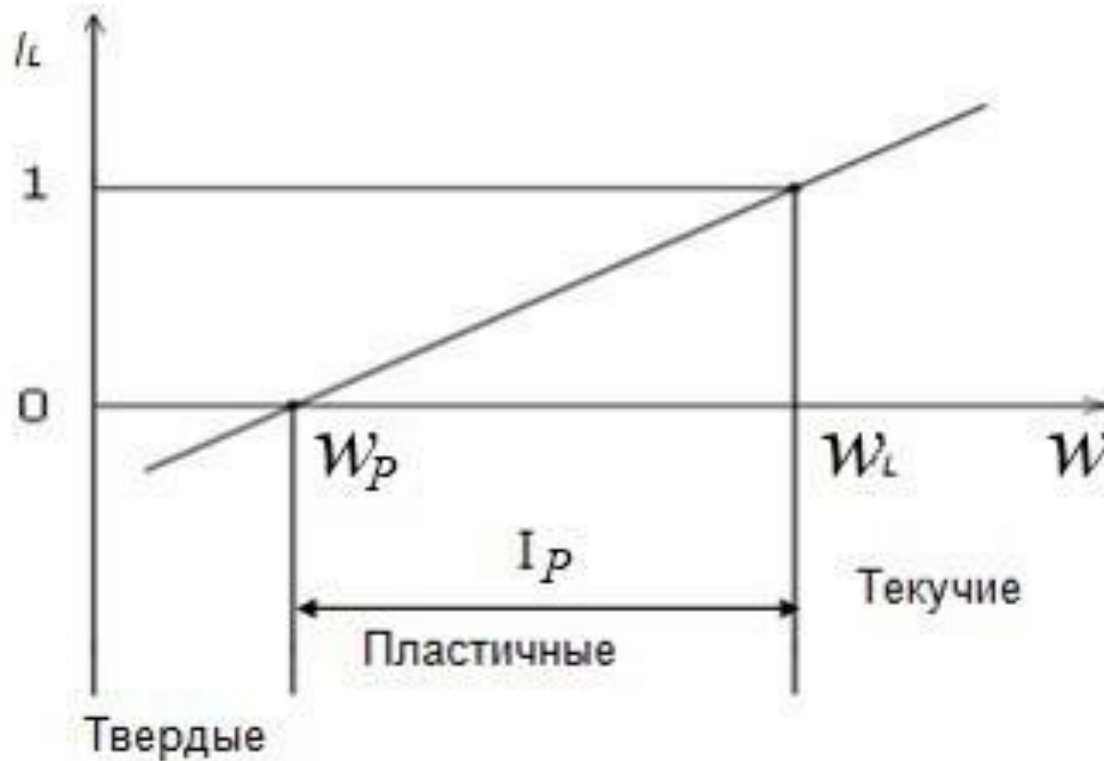


Балансирный конус
А.М. Васильева

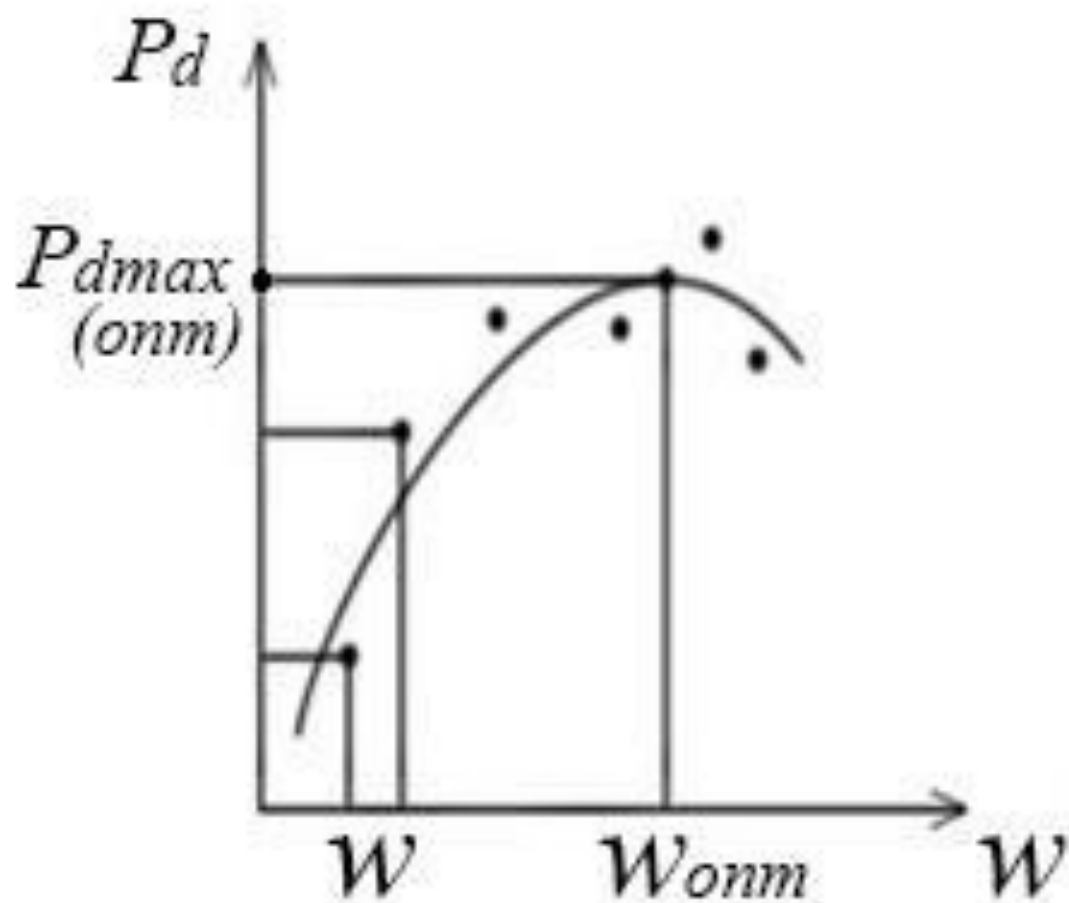
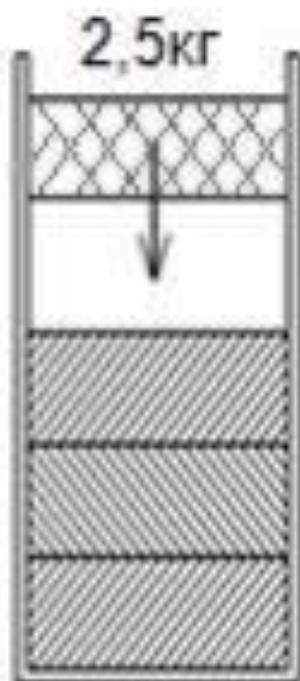


Показатель текучести

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



Максимальная (оптимальная) плотность грунта



Грунт в 3 слоя уплотняется равным числом ударов (по 30 – 40 ударов на каждый слой) в приборе стандартного уплотнения.

Определяется ρ_d (плотность сухого грунта). Затем грунт заменяют на грунт большей влажности и опыт повторяют.

Строится зависимость ρ_d от w

В процессе уплотнения грунта для контроля определяется коэффициент стандартного уплотнения

$$K_s = \frac{\rho_d}{\rho_{d \max}} = 0,80 \div 0,95$$

Классификация грунтов по ГОСТ 25100 – 2011

● Классификация грунтов построена по принципу:

Класс (подкласс) – по структурным связям.

Тип (подтип) – по происхождению.

Вид (подвид) - по вещественному составу.

Разновидности – по составу, свойствам и структуре грунтов.

Основные классы грунтов.

- Скальные - это грунты с жесткими (кристаллизационными и цементационными) структурными связями.
- Дисперсные – это грунты с физико-химическими (водно-коллоидными), физическими и механическими структурными связями.
- Мерзлые – это грунты с криогенными структурными связями.

Классификация крупнообломочных грунтов

По гранулометрическому составу:

Разновидности грунтов	Размер частиц, d , мм	% содержание частиц
Крупнообломочные:		
Валунный (глыбовый)	>200	>50
Галечниковый (щебенистый)	>10	>50
Гравийный (дресвяный)	>2	>50

По коэффициенту водонасыщения

$0 < S_r \leq 0,5$ – малой степени влажности
(маловлажные);

$0,5 < S_r \leq 0,8$ – средней степени влажности
(влажные);

$0,8 < S_r \leq 1,0$ – насыщенные водой

Классификация песчаных грунтов

Песок - несвязный грунт с числом пластичности $I_p < 1\%$

По гранулометрическому составу



Разновидности грунтов	Размер частиц, d , мм	% содержания частиц
Пески:		
Гравелистый	>2	>25
Крупный	$>0,5$	>50
Средней крупности	$>0,25$	>50
Мелкий	$>0,10$	>75
Пылеватый	$>0,10$	<75

Наименование грунта определяется по принципу: Сверху вниз по первому удовлетворяющему требованию.

По коэффициенту водонасыщения
(аналогично крупнообломочным)

По степени неоднородности

- $C_u > 3$ – неоднородный
- $C_u \leq 3$ – однородный

Классификация глинистых грунтов

Глинистый грунт – связный грунт, состоящий в основном из пылеватых и глинистых частиц, число пластичности грунта $\geq 1\%$

По числу пластичности

$I_p = 1 - 7$ – супесь

$I_p = 7 - 17$ – суглинок

$I_p > 17$ – глина

По содержанию в грунте глинистых частиц $d < 0,002$ мм

$< 3\%$ – песок

3 – 10 % – супесь

10 – 30 % – суглинок

$> 30\%$ – глина

По показателю текучести (Для супесей)

$I_L < 0$ – твердые

$I_L = 0 \div 1$ – пластичные

$I_L > 1$ – текучие

(Для суглинков и глин)

$I_L < 0$ – твердые

$I_L = 0 \div 0,25$ – полутвердые

$I_L = 0,25 \div 0,5$ – тугопластичные

$I_L = 0,5 \div 0,75$ – мягкопластичные

$I_L = 0,75 \div 1,0$ – текучепластичные

$I_L > 1$ – текучие