

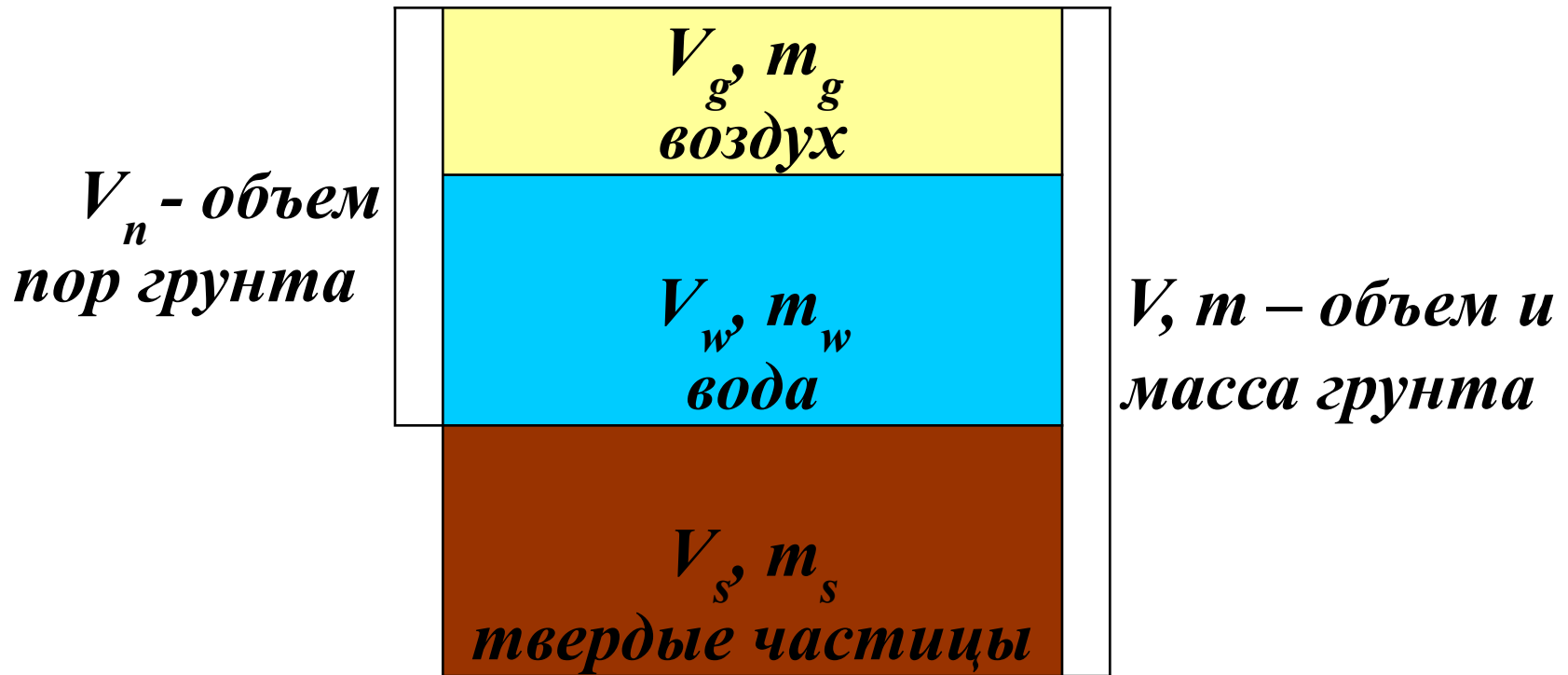
**Лекция №2. Физические и
физико-химические свойства и
характеристики грунтов**

План

2.1 Физические свойства грунтов.

2.2 Физико-химические свойства грунтов..

2.1 Физические свойства грунтов.



V – объем грунта;

V_s – объем твердой фазы,

V_n – объем пор,

V_w – объем воды в порах;

V_g – объем воздуха (газа);

m – масса единицы объема грунта в естественном состоянии;

m_s – масса твердой фазы;

m_w – масса воды в порах;

m_g – масса газа, принимаемая равной нулю.

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

- основные, определяются только путем непосредственных лабораторных исследований грунтов:

гранулометрический состав;

плотность грунта ρ ;

плотность частиц ρ_s ;

естественная влажность W .

для пылевато-глинистых грунтов:

влажность на границе раскатывания W_p .

влажность на границе текучести W_L ;

- производные определяются аналитически, т.к. всегда могут быть выражены через основные:

плотность сухого грунта ρ_d ;

пористость n ;

коэффициент пористости e ;

полная влагоемкость W_{sat} ;

степень влажности S_R .

для пылевато-глинистых грунтов :

число пластичности I_p ;

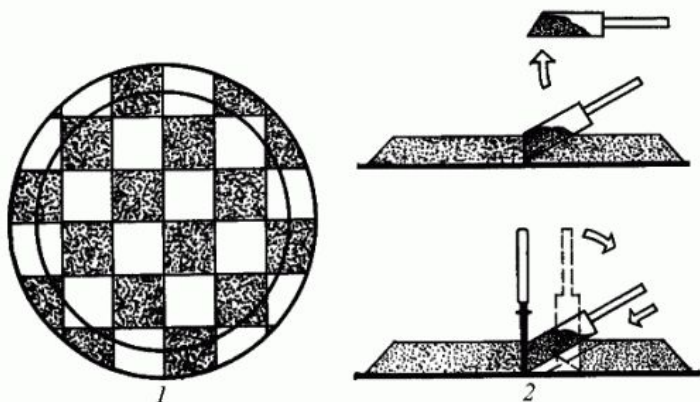
показатель текучести I_L .

ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава

Гранулометрический (зерновой) состав грунта следует определять по весовому содержанию в нем частиц различной крупности, выраженное в процентах, по отношению к весу сухой пробы грунта, взятой для анализа.

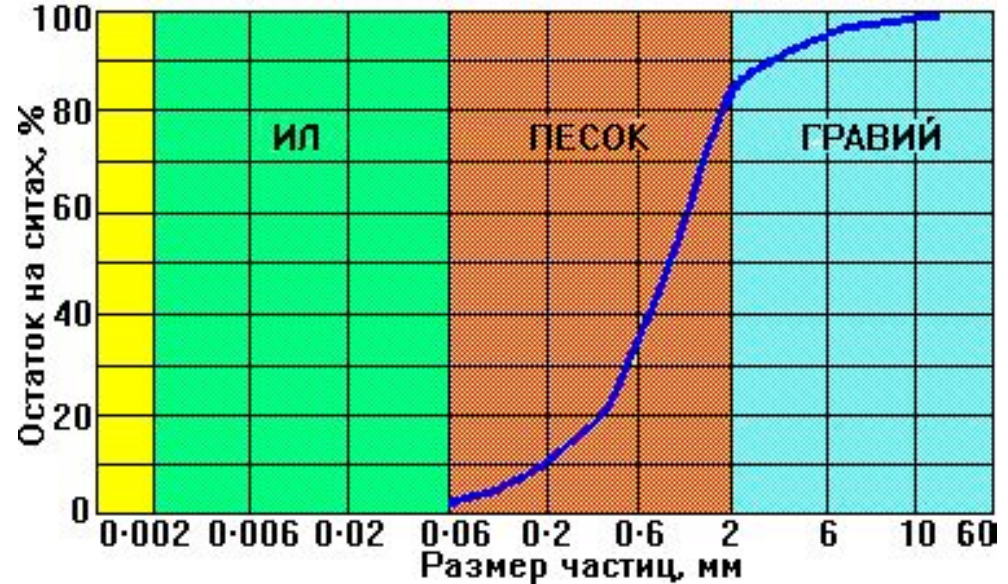
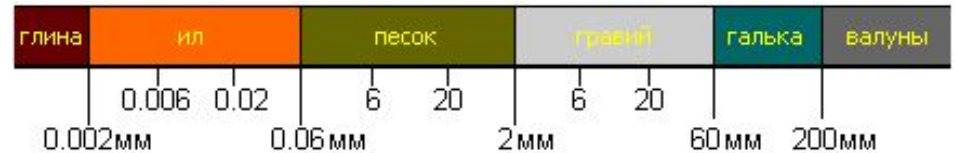
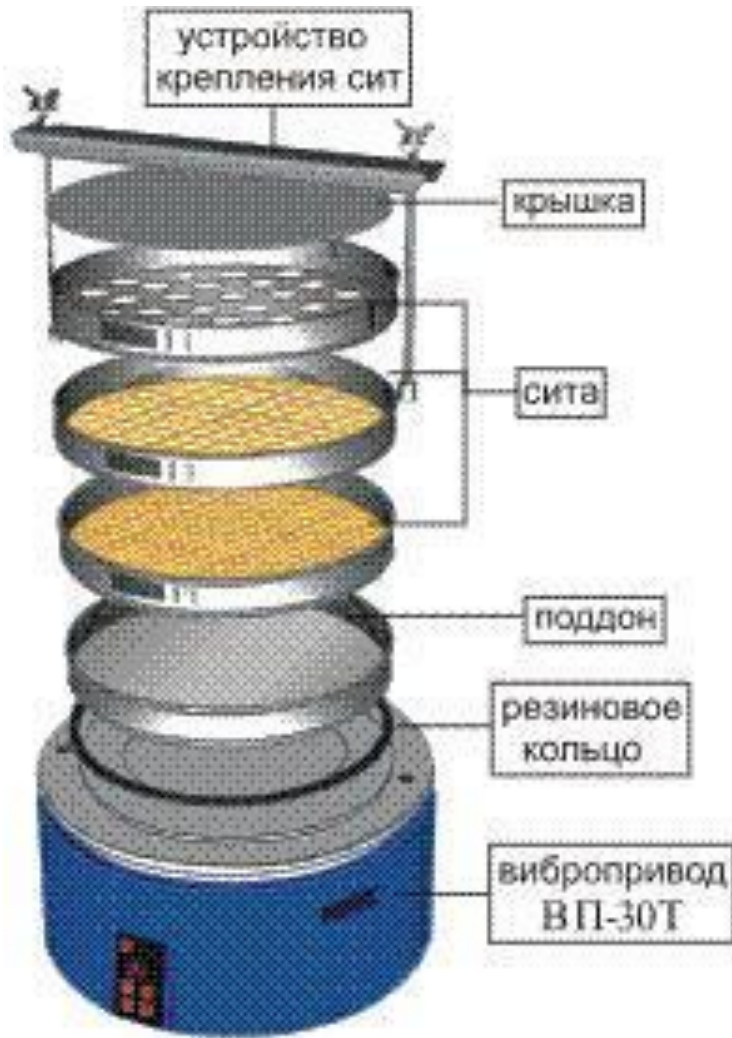
При определении гранулометрического состава грунта частицы из которых состоит грунт делят на различные группы в зависимости от размера – фракции.

Метод просеивания на ситах (ручной)



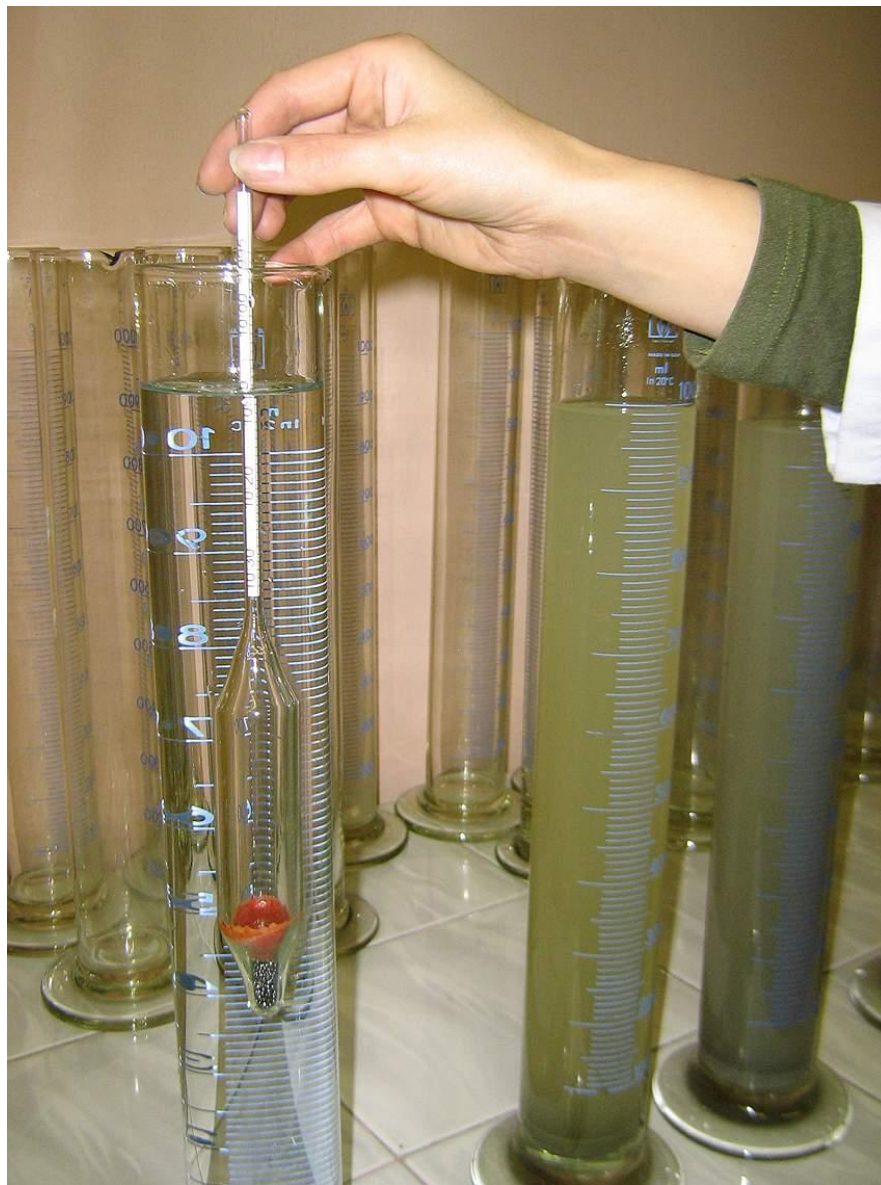
Сита с размером отверстий
10; 5; 2; 1; 0,5; мм

Метод просеивания на ситах (механизированный)



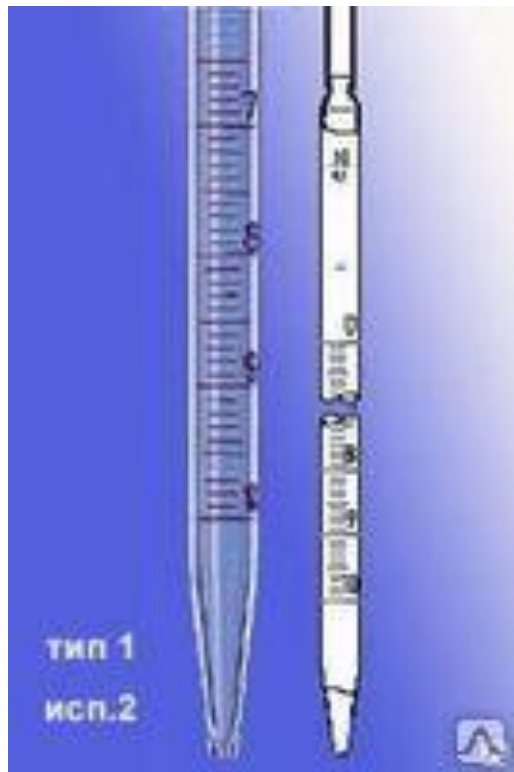
Применяют в основном для определения содержания частиц разной величины в крупнообломочных, песчаных и реже супесчаных грунтах

Ареометрический метод



Применяют для проведения анализа зернового состава глинистых грунтов.

Метод отбора проб суспензии пипеткой



Пользуются при определении зернового состава мелких песчаных, супесчаных и легкосуглинистых грунтов

Степень неоднородности гранулометрического состава C_u определяется по формуле :



$$C_u = d_{60} / d_{10},$$

где d_{60} , d_{10} – диаметры частиц, мм, меньше которых в грунте содержится соответственно 60 и 10% (по массе) частиц.

Пески следует считать со степенью неоднородности $C_u > 3$ - неоднородными; $C_u < 3$ - однородными (а также мелкие пески с содержанием 90% и более (по массе) частиц размером 0,1...0,25мм

Наименования несвязных песчаных грунтов по гранулометрическому составу

Содержание частиц в % по массе	Наименование песка
Масса частиц крупнее 2 мм > 25 %	гравелистый
Масса частиц крупнее 0,5 мм > 50 %	крупный
Масса частиц крупнее 0,25 мм > 50 %	средней крупности
Масса частиц крупнее 0,1 мм \geq 75 %	мелкий
Масса частиц крупнее 0,1 мм < 75 %	пылеватый

Плотностью грунта, ρ (г/см³) - называют отношение массы влажного образца грунта к объему, включая поры заполненные водой или водой и воздухом.

Физический смысл плотности грунта выражается формулой:

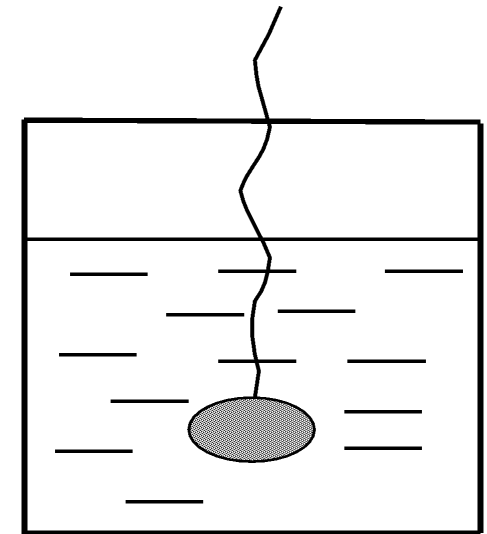
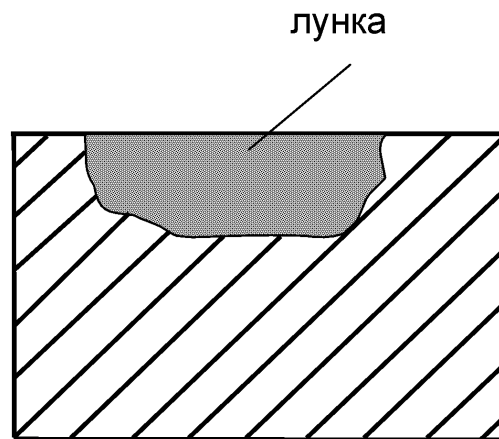
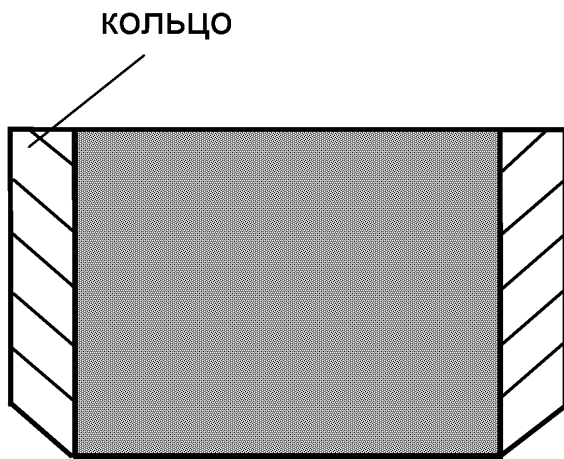
$$\rho = \frac{m}{V}$$

где m – масса влажного образца грунта, г;

V – объем грунта, включая поры заполненные водой или водой и воздухом см³.

ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.

Плотность грунтов определяют методами: режущего кольца, методом лунки, взвешивания в воде и взвешивания в нейтральной жидкости



Метод режущего кольца



<http://td-kvalitet.tiu.ru>



Через плотность определяется одна из важнейших характеристик грунта - **удельный вес γ** , (**кН/м³**).

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

где g - ускорение свободного падения (**9,81 м/с²**).

Удельный вес грунта используется при определении расчетного сопротивления грунта основания, напряжений от собственного веса грунта, давления грунта на ограждение конструкций.

Плотность частиц грунта, ρ_s (г/см³) – отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к объему твердой части этого же грунта.

Физический смысл плотности частиц можно представить выражением:

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}$$

где m_s – масса сухого грунта, г;.
 V_s – объем сухого грунта, см³.

Величина плотности частиц грунтов определяется их минеральным составом и присутствием органических веществ

Грунты	Среднее значение плотности частиц, г/см ³
Песок	2,66
Супесь	2,70
Суглинок	2,71
Глина	2,74
Гумусовые, горизонты черноземов	2,50
Торфы	1,60

Определение плотности твердых частиц при помощи пикнометра



Природная влажность, W – это отношение массы воды, содержащийся в грунте, к массе частиц, выражаемое в долях единиц, иногда в процентах.

$$W = \frac{m_w}{m_s} = \frac{m - m_s}{m_s}$$

где m_w – масса воды, г;

m_s – масса сухого грунта, г;

m – масса влажного грунта, г;

Природная влажность используется при определении плотности сухого грунта, степени заполнения пор грунта водой, консистенции связных грунтов и т.д.

Метод высушивания до постоянной массы



Определение влажности с помощью влагомера



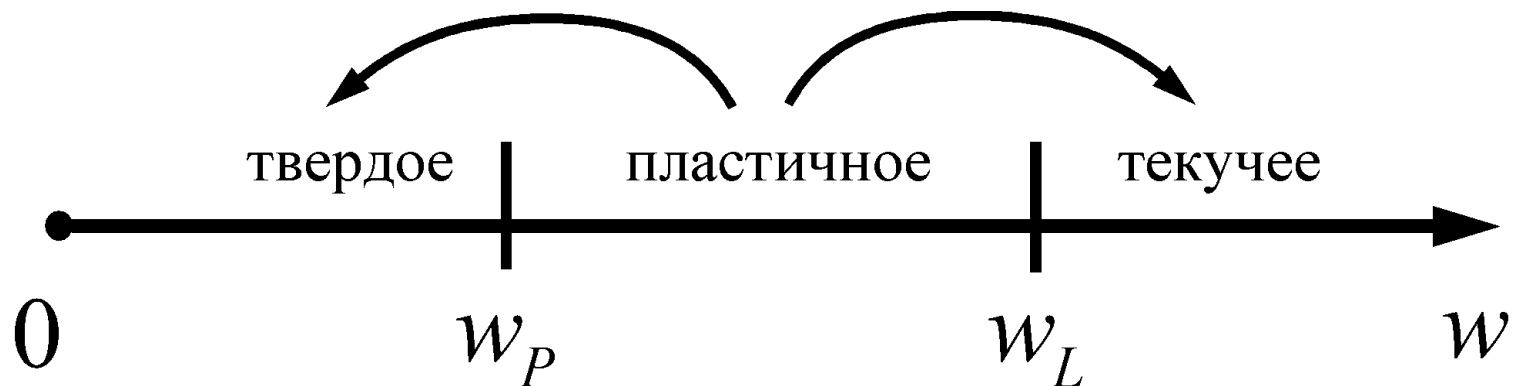
Высушивание проб грунта сжиганием таблеток сухого спирта



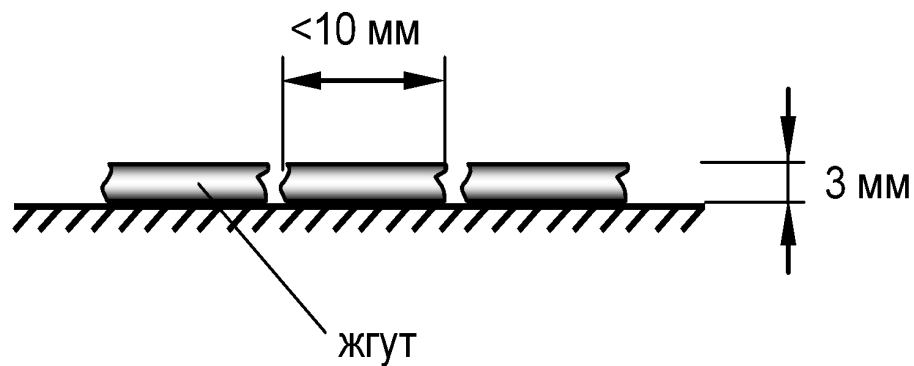
Пластичностью грунта называют способность его деформироваться под действием внешнего давления без разрыва, сплошности массы и сохранять приданную форму после прекращения деформирующего усилия.

Граница раскатывания W_P (влажность на границе раскатывания) соответствует влажности, при которой грунт находится на границе перехода из твердого состояния в пластичное.

Граница текучести, W_L (влажность на границе текучести) характеризует влажность, при которой грунт из пластичного состояния переходит в полужидкое – текучее.



Определение влажности на границе раскатывания



Определение влажности на границе текучести стандартным конусом



Плотность сухого грунта, ρ_d (г/см³) – это отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему (включая имеющиеся в этом грунте поры)

$$\rho_d = \frac{m_s}{V} \qquad \rho_d = \frac{\rho}{1 + W}$$

где V – объем влажного грунта, см³;

ρ – плотность влажного грунта, г/см³

W – природная влажность

$\rho_d = 1100-1300$ кг/м³ - грунты непригодны для строительства.

$\rho_d = 1600-1800$ кг/м³ - грунты прочные пригодны для строительства

Пористость, n – это отношение объема пор к общему объему, занимаемому грунтом.

$$n = \frac{V_n}{V} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s}$$

Коэффициент пористости e , - это отношение объема пор к объему твердой фазы

$$e = \frac{V_n}{V_s} = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d}$$

Наименования песка по крупности	Наименование по плотности сложения		
	плотный	средней плотности	рыхлый
Гравелистый, крупный или средней крупности	$e < 0,55$	$0,55 \leq e \leq 0,70$	$e > 0,70$
Мелкий	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,75$	$e > 0,75$
Пылеватый	$e < 0,60$	$0,60 \leq e \leq 0,80$	$e > 0,80$

В качестве естественного основания не могут быть использованы пески рыхлые.

Степень плотности песков I_D определяется по формуле:

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}},$$

где e – коэффициент пористости при естественном или искусственном сложении;

e_{\max} – коэффициент пористости в предельно-плотном сложении;

e_{\min} – коэффициент пористости в предельно-рыхлом сложении.

Пески	Степень плотности I_D , д. е.
Слабоуплотненный	0–0,33
Среднеуплотненный	0,33–0,66
Сильноуплотненный	0,66–1,00

Полная влагоемкость, W_{sat} — это максимальная влажность возможная для данного грунта, т.е. его влажность при заполнении всех пор водой

$$W_{sat} = W_{max}$$

Полная влагоемкость рассчитывается по формуле:

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

Коэффициент водонасыщения, S_r – это степень заполнения пор грунта водой.

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

Разновидность грунтов	Коэффициент водонасыщения S_r , д. е.
Малой степени водонасыщения	0 - 0,50
Средней степени водонасыщения	0,50 - 0,80
Насыщенные водой	0,80 - 1,00

Если $S_r < 0,8$ то пылевато-глинистые грунты проверяют на просадочность I_{ss} по формуле:

$$I_{ss} = \frac{e_L - e}{1 + e}$$

где e_L - коэффициент пористости грунта при влажности на границе текучести определяется по формуле:

$$e_L = \frac{W_L \cdot \rho_s}{\rho_w}$$

К просадочным грунтам относятся пылевато-глинистые грунты со степенью влажности $S_r < 0,8$, для которых величина вычисленного показателя просадочности I_{ss} меньше значений приведенных в таблице

I_P	$0,01 \leq I_P < 0,1$	$0,1 \leq I_P \leq 0,14$	$0,14 \leq I_P < 0,22$
I_{ss}	0,1	0,17	0,24

Число пластичности, I_p – это интервал влажности, в пределах которого грунт находится в пластичном состоянии, и определяется как разность между границей текучести и границей раскатывания:

$$I_p = W_L - W_P$$

Разновидность глинистых грунтов	Число пластичности
Супесь	$1 \leq I_p \leq 7$
Суглинок	$7 < I_p \leq 17$
Глина	$I_p > 17$

По числу пластичности определяют подвиды глинистых грунтов

Показатель текучести, I_L – указывает, в каком состоянии по консистенции находится пылевато - глинистый грунт

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

Наименование и консистенция		Показатель текучести
Супесь	твердая	$I_L < 0$
	пластичная	$0 \leq I_L \leq 1$
	текучая	$I_L > 1$
Суглинок или глина	твердые	$I_L < 0$
	полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0,25$
	тугопластичные	$0,25 < I_L \leq 0,50$
	мягкопластичные	$0,50 < I_L \leq 0,75$
	текучепластичные	$0,75 < I_L \leq 1$
	текучие	$I_L > 1$

В качестве естественного основания не могут быть использованы пылевато-глинистые грунты в текучем состоянии.

При предварительной оценке к водопроницаемым грунтам относят: **песчаные;**

супеси и суглинки с $I_L > 0,25$;

глины с $I_L > 0,5$.

Пылевато-глинистые грунты с характеристиками, не удовлетворяющими данным условиям, относятся к водонепроницаемым (водоупорам).

Если водопроницаемый грунт залегает ниже уровня подземных вод, то его скелет, состоящий из твердых частиц, облегчается, т.к. вода оказывает на них взвешивающее действие.

Удельный вес во взвешенном состоянии:

$$\gamma^{sb} = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e} \cdot g$$

Расчетное сопротивление грунтов R_0

при предварительной оценке их несущей способности
определяется по таблицам № 1-3 СНиП 2.02.01-83
«Основания зданий и сооружений» стр.37-38.

Если значения коэффициента пористости и индекса текучести грунтов не совпадают с приведенными в таблице, то расчетное по формуле:

$$R_{o(e, I_L)} = \frac{e_2 - e}{e_2 - e_1} \left[(1 - I_L) \cdot R_{o(1,0)} + I_L \cdot R_{o(1,1)} \right] +$$

$$\frac{e - e_1}{e_2 - e_1} \left[(1 - I_L) \cdot R_{o(2,0)} + I_L \cdot R_{o(2,1)} \right]$$

где e, I_L - характеристики грунта, для которого определяется значение R_o

e_1, e_2 - соседние значения коэффициента пористости, в интервале между которыми находится значение коэффициента пористости для рассматриваемого грунта

$R_{o(1,0)}, R_{o(1,1)}$ - табличное значение R_o для e_1 при $I_L=0$ и $I_L=1$ соответственно;

$R_{o(2,0)}, R_{o(2,1)}$ - то же для e_2 .

Если значение коэффициента пористости совпадает с приведенными в таблице, то R_o определяется по формуле

$$R_{0(I_L)} = R_{0(1,0)} - I_L \cdot (R_{0(1,0)} - R_{0(1,1)})$$

В качестве естественного основания не могут быть использованы грунты с расчетным сопротивлением $R_o < 100$ кПа.

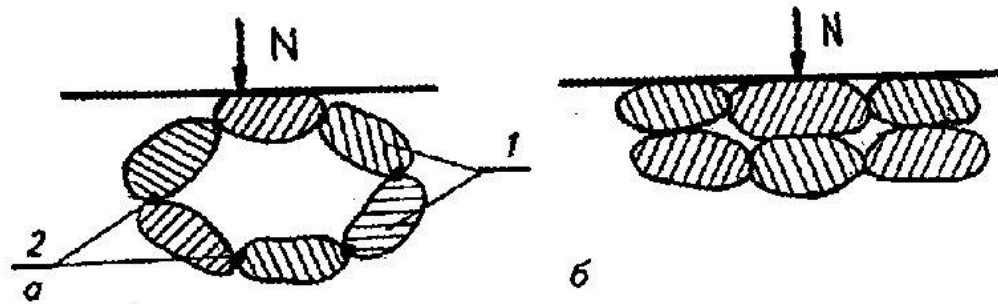
2.2 Физико-химические свойства грунтов

Набухание - способность увеличивать свой объем в процессе смачивания водой или другими жидкостями.

Разновидность глинистых грунтов	Относительная деформация набухания без нагрузки ε_{sw} , д. е.
Ненабухающий	$<0,04$
Слабонабухающий	$0,04-0,08$
Средненабухающий	$0,08-0,12$
Сильнонабухающий	$>0,12$

Усадка – способность влажных грунтов уменьшить свой объем при высыхании.

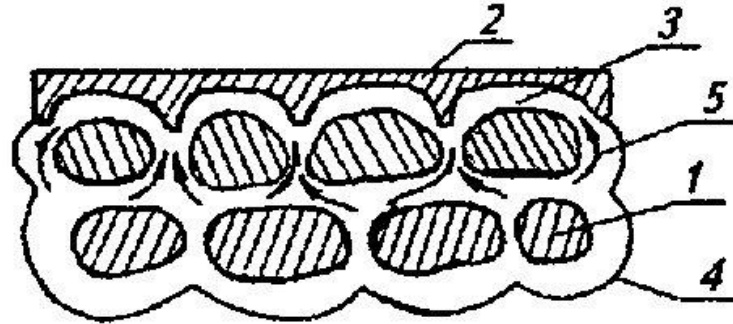
Просадочность – свойство грунтов резко уменьшаться в объеме при увлажнении под нагрузкой.



а- сухой грунт, б- увлажненный грунт,
1- твердые частицы, 2- структурные
связи

Липкость – способность прилипать к поверхности различных предметов, приходящих с ними в соприкосновении при определенном содержании воды в грунте.

Пучинистость - способность глинистых грунтов, а также песков мелких и пылеватых увеличиваться в объеме при промерзании



1- твердые частицы, 2 – кристаллы льда, 3 – гидратная оболочка,
4 – пленочная вода, 5 – направление миграции влаги

Тиксотропность – способность грунта под влиянием встряхивания, размешивания, вибрации или другого внешнего воздействия разжижаться, переходить в плавунное состояние и полностью терять прочность и затем, когда прекращено воздействие возвращаться в свое первоначальное состояние, т.е загустевать.

Плывунность – способность водонасыщенных грунтов переходить в подвижное состояние при устройстве в них выемок (котлованов)

Растворимость – способность грунтов раствориться под действием природных вод или иных растворов.

Размокаемость – способность грунтов терять сплошность и прочность в результате ослабления или разрушения структурных связей при взаимодействии с водой

Разрыхляемость – способность грунтов увеличиваться в объеме в процессе разработки.

Размываемость – способность грунтов отдавать элементарные частицы движущейся воде, воздействующей на поверхность грунтовой толщи.

Размягчаемость – способность грунтов снижать свою прочность под действием воды.