



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

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ



МЕХАНИЧЕСКИЕ 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.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

- **Грунты** (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 использоваться в качестве оснований зданий и различных инженерных сооружений, в качестве материала земляных сооружений (дорог, насыпей, плотин), среды для размещения подземных сооружений (тоннелей, трубопроводов, хранилищ) и др.

МЕХАНИЧЕСКИЕ 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.



МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Под механическими свойствами понимают способность грунтов сопротивляться изменению объема и формы в результате силовых (поверхностных и массовых) и физических (изменение влажности, температуры и т. п.) воздействий.

Характеристики механических свойств грунтов необходимо знать для расчетов деформаций, оценки прочности и устойчивости грунтовых массивов и оснований. Так как грунты строительной площадки формировались в течение длительного периода времени и испытывали различные воздействия, поэтому характеристики их механических свойств не могут быть назначены в зависимости от физического состава и состояния, а должны определяться экспериментально, за исключением случаев, приведенных в СП 22.13330-2011 (актуализированная редакция СНиП 2.02.01—83.) Основания и фундаменты.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

Механические свойства грунтов зависят от их состава (минерального и гранулометрического), физического состояния (плотности, влажности, температуры) и структурных особенностей.

Характеристики механических свойств грунтов используются для расчетов деформаций, оценки прочности и устойчивости грунтовых массивов и оснований.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

механические характеристики грунтов делят на **3** группы:

● **I гр. – для оценки деформативных свойств:**

- m_0 – коэффициент сжимаемости основания $\text{см}^2/\text{кг}$, МПа^{-1} ;
- m_v – приведенный коэффициент сжимаемости основания;
- E_0 – модуль общей деформации $\text{кг}/\text{см}^2$, МПа .

● **II гр. – для оценки фильтрационных свойств:**

- K_f – коэффициент фильтрации $\text{см}/\text{с}$; $\text{м}/\text{сут}$;
- J – гидравлический градиент.

● **III гр. – для оценки прочностных свойств:**

- φ – угол внутреннего трения (град.);
- C – коэффициент сцепления $\text{кг}/\text{см}^2$, МПа .

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТОВ

- **5. Связность (взаимное сцепление частиц)** — способность грунта сопротивляться разделению на отдельные частицы под действием внешних нагрузок. Типичным представителем связных грунтов является глина, несвязных грунтов — сухие пески.



- **6. Пластичность** — свойство грунта изменять свою форму под действием внешних сил и сохранять эту форму после удаления внешних сил.

Наибольшей пластичностью отличаются влажные глины; песок и промытый гравий — материалы непластичные.

- Предназначен для лабораторного определения физических характеристик грунтов: границы текучести (верхний предел пластичности); границы раскатывания (нижнего предела пластичности).



● 7. Прочность

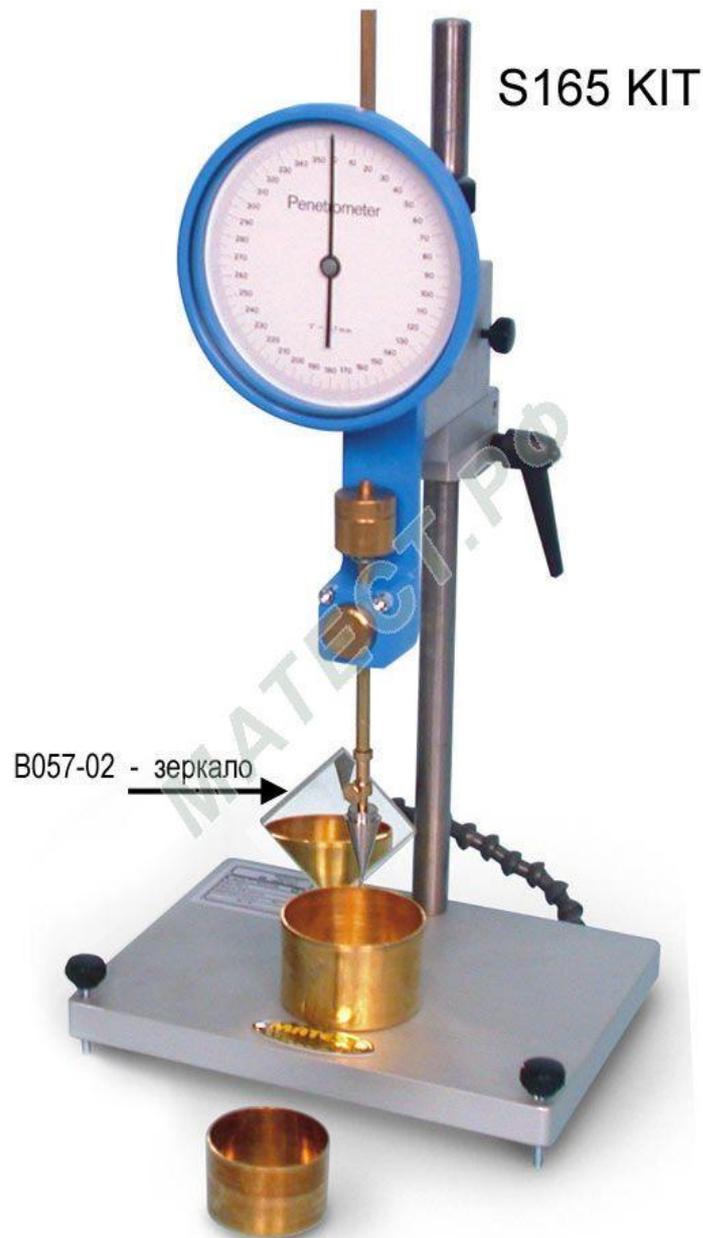
Под прочностью грунтов понимают их сопротивление сдвигу. Это основная характеристика грунтов, правильная оценка которой необходима для рационального конструирования и расчета многих инженерных сооружений и в особенности грунтовых плотин. Самым простым и наиболее распространенным является условие прочности Кулона.

$$\tau_n = \sigma_n \tan \varphi + c, \text{ где}$$

φ - угол внутреннего трения, град.;

c - сцепление;

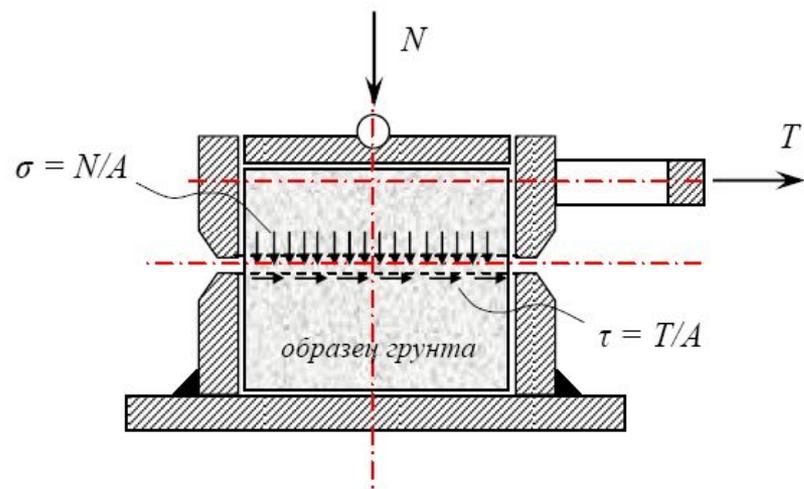
τ_n, σ_n - соответственно нормальное напряжение на площадке сдвига и максимально возможное касательное напряжение на этой площадке.



Конусный пенетрометр

- **8. Сопротивление сдвигу.** Сопротивление грунтов сдвигу является их важнейшим прочностным показателем. Оно необходимо для расчета устойчивости и прочности оснований, оценки устойчивости откосов, расчета давления грунтов на подпорные стенки и других инженерных расчетов.
- Определение сопротивления грунтов сдвигу производится методами:
- - **консолидированного (медленного) сдвига**, при котором до приложения сдвигающего усилия образец уплотняют соответствующим вертикальным давлением. Испытание проводится в условиях свободного оттока воды (дренирования). Метод применяется для исследования грунтов в условиях уплотненного состояния и дает возможность оценить прочность основания построенного сооружения;
- - **неконсолидированного (быстрого) сдвига**, при котором сдвигающее усилие прикладывается без предварительного уплотнения образца в условиях отсутствия дренирования. Метод применяется для исследования грунтов в условиях нестабилизированного состояния (для суглинков и глин при степени влажности $S_r \geq 0,85$ и показателе текучести $J_L \geq 0,5$).

Наиболее простым и распространённым является способ испытания образца на прямой сдвиг (срез).



Сдвиговой прибор в виде кольца, разрезанного по горизонтальной плоскости

N – сжимающая сила; T – сдвигающая сила; Площадь поперечного сечения образца - A

1. Цилиндрический образец грунта помещается в «срезыватель» так, чтобы одна его половина оставалась неподвижной, а другая могла перемещаться горизонтально под действием горизонтальной сдвигающей нагрузки;
2. К образцу прикладывается нормальная к поверхности среза сжимающая нагрузка N ;
3. Сдвигающую нагрузку T прикладывают к срезывателю ступенями до тех пор, пока не произойдёт срез и скольжение одной части грунта по другой;
4. Одновременно с приложением нагрузки и во время испытания производятся замеры горизонтальных деформаций грунта δ
5. Проводят несколько испытаний на срез (*i* штук) при различных значениях вертикальной (сжимающей) нагрузки N . То есть каждой ступени нагрузки σ_i будет соответствовать своё сопротивление сдвигу τ_i .
6. Данные опытов наносят на график зависимости между нормальными σ и касательными напряжениями τ .

• 7. Прочность

Под прочностью грунтов понимают их сопротивление сдвигу. Это основная характеристика грунтов, правильная оценка которой необходима для рационального конструирования и расчета многих инженерных сооружений и в особенности грунтовых плотин. Самым простым и наиболее распространенным является условие прочности Кулона.

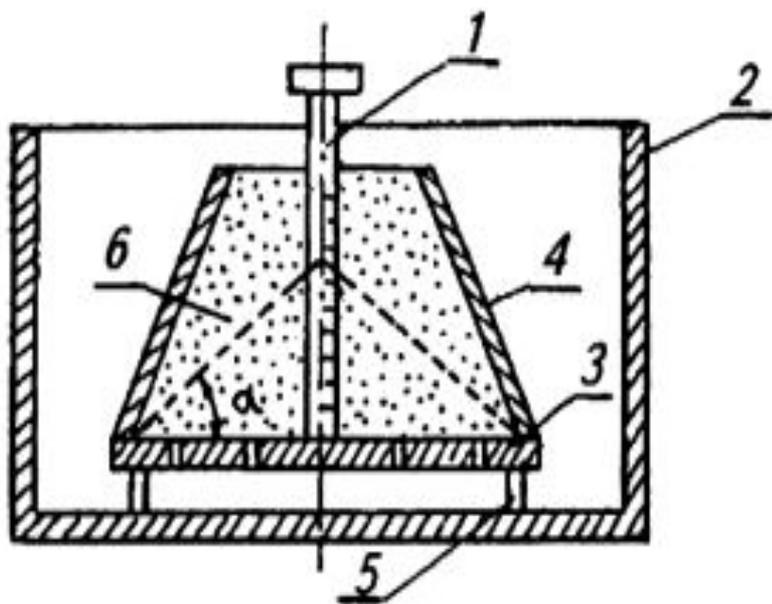
$$\tau_n = \sigma_n \tan \varphi + c, \text{ где}$$

φ - угол внутреннего трения, град.;

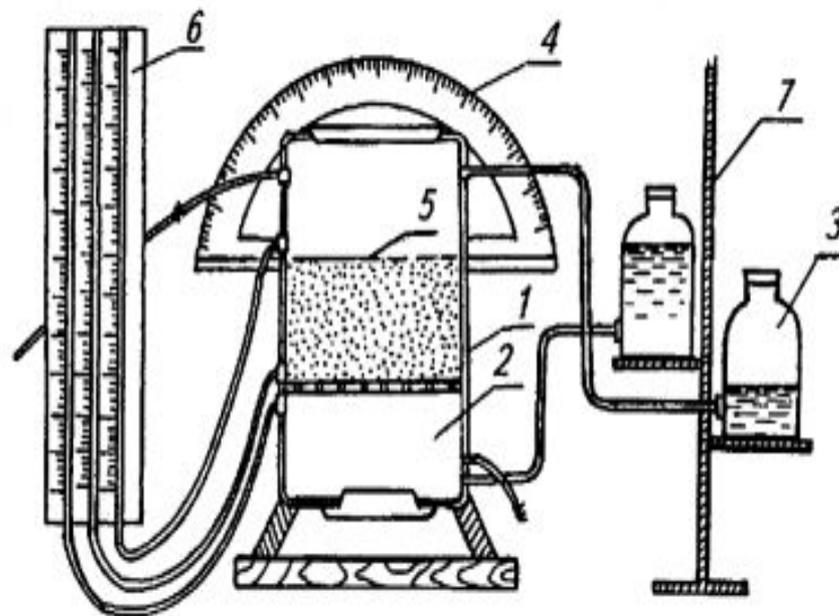
c - сцепление;

τ_n, σ_n - соответственно нормальное напряжение на площадке сдвига и максимально возможное касательное

- Для определения угла естественного откоса песчаного грунта в воздушно-сухом состоянии используют прибор УВТ, под водой — ВИА .



Прибор УВТ-2: 1 — шкала; 2 — резервуар; 3 — мерительный столик; 4 — обойма; 5 — опора; 6 — образец песка



Прибор ВИА: 1 — ящик ВИА; 2 — образец песка; 3 — емкость с водой; 4 — транспортер; 5 — ось вращения; 6 — пьезометр; 7 — штатив

Грунт	Относительная влажность грунта					
	сухой		влажный		мокрый	
	градусы	отношение высоты к заложению	градусы	отношение высоты к заложению	градусы	отношение высоты к заложению
Галька	35	1:1,5	45	1:1	25	1:2,25
Гравий	40	1:1,25	40	1:1,25	35	1:1,5
Глина жирная	45	1:1	35	1:1,5	15	1:3,75
Грунт насыпной	35	1:1,5	45	1:1	27	1:2
Грунт растительный	40	1:1,25	35	1:1,5	25	1:2,25
Песок крупный	30	1:1,75	32	1:1,5	27	1:2
Песок средний	28	1:2	35	1:1,5	25	1:2,25
Песок мелкий	25	1:2,25	30	1:1,75	20	1:2,75
Суглинок легкий	40	1:1,25	30	1:1,75	20	1:2,75
Суглинок, глина легкая	50	1:0,75	40	1:1,25	30	1:1,75
Песок с гравием и галькой	35	1:1,5	40	1:1,25	30	1:1,75
Супесь полутвердая	40	1:1,25	30	1:1,75	15	1:3,5
Щебень	40	1:1,25	45	1:1	-	-
Камен. наброска	40	1:1,25	45	1:1	-	-

● 10. Сопротивление грунта вдавливаю.

Статическое зондирование, применяемое с 30-х гг. XX века, является одним из наиболее эффективных методов испытания грунтов в условиях их естественного залегания. В нашей стране метод статического зондирования стал широко применяться с начала 60-х гг., когда начали осваивать участки со слабыми и специфическими грунтами, ранее считавшиеся непригодными для строительства. В таких условиях широкое распространение получили свайные фундаменты. Для получения характеристик, необходимых для расчета несущей способности свай, а также для определения показателей свойств грунтов в естественном залегании.

Испытание грунта методом статического зондирования проводят с помощью специальной установки, обеспечивающей вдавливание зонда в грунт. При статическом зондировании по данным измерения сопротивления грунта определяют удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда и удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда. Общее сопротивление зондированию включает сопротивление грунта конусу зонда и сопротивление



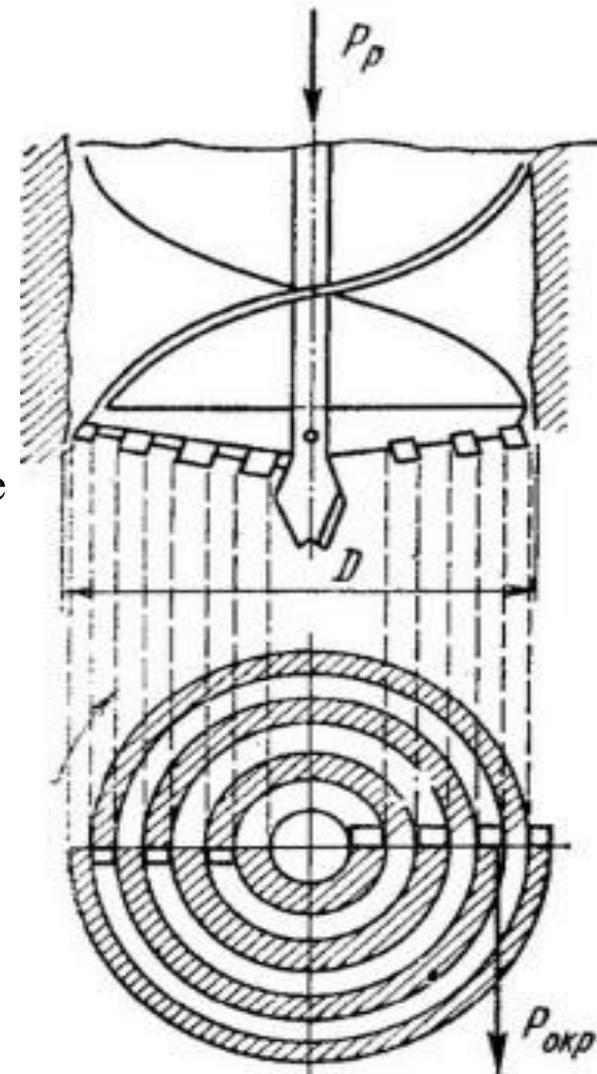
- **11. Абразивность (от латинского слова abrasio — соскабливать)** — способность материала оказывать истирающее действие на другой материал. Абразивность грунтов из горных пород в значительной степени определяет износ рабочих органов землеройных машин. Имеются различные методы оценки абразивности, однако все они пока еще являются относительными, так как износ зависит от удельных давлений, скорости взаимного перемещения и прочностных показателей. При одних и тех же прочностных показателях величина износа может быть различной. Коэффициент трения грунта о сталь зависит от состояния поверхности стали и физико-механических свойств грунта.

Наибольшей абразивностью обладают мерзлые пески, минимальной — глины. При бурении в абразивных грунтах возникает значительный износ режущих кромок бурильного инструмента и соответственно их затупление, что приводит к повышению сопротивления его внедрению и резанию.

Процесс бурения скважины состоит из двух основных фаз: разрушения грунта на забое скважины и транспортирования его на поверхность.

Под действием усилия подачи P_p бур внедряется в грунт, а под действием окружного усилия $P_{окр}$ частицы грунта отделяются от забоя. При одновременном и непрерывном приложении к буру этих усилий грунт разрушается и отделяется от забоя в виде спиральных стружек. Забурник, врезаясь в грунт, образует в нем направляющее отверстие и обеспечивает первоначальное центрирование всего бура. Затем вступают в работу резцы, расположенные на траверсах бура, и срезают грунт каждый по своему следу пути вращения. Срезанные частицы грунта увлекаются во вращение силами трения о поверхность бура и попадают на нижние витки шнека (лопасти).

Под действием центробежной силы частицы грунта, вращающиеся вместе с буром, стремятся прижаться к стенке скважины. За счет сил трения между частицами грунта в движение вовлекается вся выбуриваемая масса. Движущиеся по поверхности шнека частицы грунта при длине шнека, равной или большей глубины скважины, достигают ее устья, разбрасываются под действием центробежной силы на небольшое расстояние и образуют вокруг устья валик. При длине шнека, меньшей глубины скважины (или лопастном буре), частицы грунта скапливаются на шнеке (лопасти), затем при его заполнении бур извлекается на поверхность, ему сообщают ускоренное вращение и за счет центробежной силы грунт сбрасывается с бура.



- **13. Разрыхляемость** определяется как отношение объема разрыхленного грунта V_p к объему V первоначальному (в плотном теле).
- Первоначальное разрыхление — это разрыхление, наблюдаемое сразу после отделения грунта от массива; остаточное разрыхление наблюдается через некоторое время после укладки грунта в отвал или насыпь, где происходит его самоуплотнение без трамбования.
- **Копание и резание грунтов.**
- Копание — совокупность процессов отделения грунта от массива, включающих резание грунта, перемещение его по рабочему органу и впереди последнего, а в отдельных случаях и перемещение внутри рабочего органа (в частности, в ковшах экскаваторов).
- Резание — процесс отделения грунта от массива при помощи режущей части рабочего органа, обычно имеющей вид клина.

В России существует еще одна характеристика сжатия грунта: E_0 – модуль общей деформации грунта. Модуль деформации E_0 характеризует упругие + остаточные деформации (эти деформации не разделяются, так как в большинстве случаев для здания это не имеет никакого значения). Модуль общей деформации может быть определен выражением:

$$E_0 = \frac{\beta_0}{m_v}, \text{ где } \beta_0 = 1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu}$$

μ – коэффициент Пуассона (бокового расширения грунта).



Выводы по механическим и компрессионным свойствам грунтов

1. При изысканиях отбирают пробы грунта, строят график к.к. и определяют m_0 – это делают обычно инженеры-геологи, а строители оценивают свойства грунта по показателям, полученным от геологов.
2. Основной расчет оснований по II предельному состоянию – по деформациям. В формулу расчета осадки $S = h m_v P$ входит величина коэффициента относительного сжатия грунта

$$m_v = \frac{m_0}{1 + e}$$

Таким образом, m_0 является той характеристикой, которая, как правило, решает выбор основания: можно строить или нельзя (тогда возникает необходимость перехода на искусственное основание).

**Спасибо за
внимание!**

