

Введение. Содержание дисциплины

1. Структура курса «Механика грунтов, основания и фундаменты»
2. Стадии выполнения инженерно-геологических изысканий, их программа, организация, состав и объем.
3. Основные физико-механические характеристики грунтов



Типы физико-механических свойств:

- деформационные;
- прочностные;
- реологические.



Физико-механические свойства

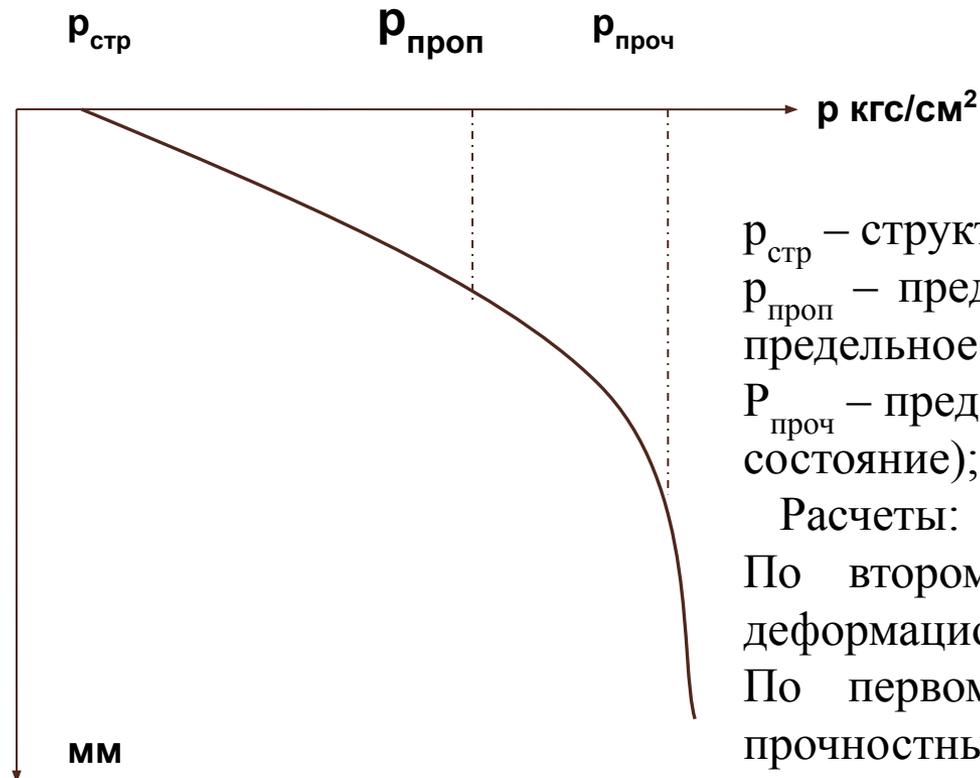
Характеризуют поведение грунтов под нагрузками.

Зависят от: 1. величины нагрузки;

2. направления;

3. времени воздействия;

4. физических свойств .



$p_{\text{стр}}$ – структурная прочность;

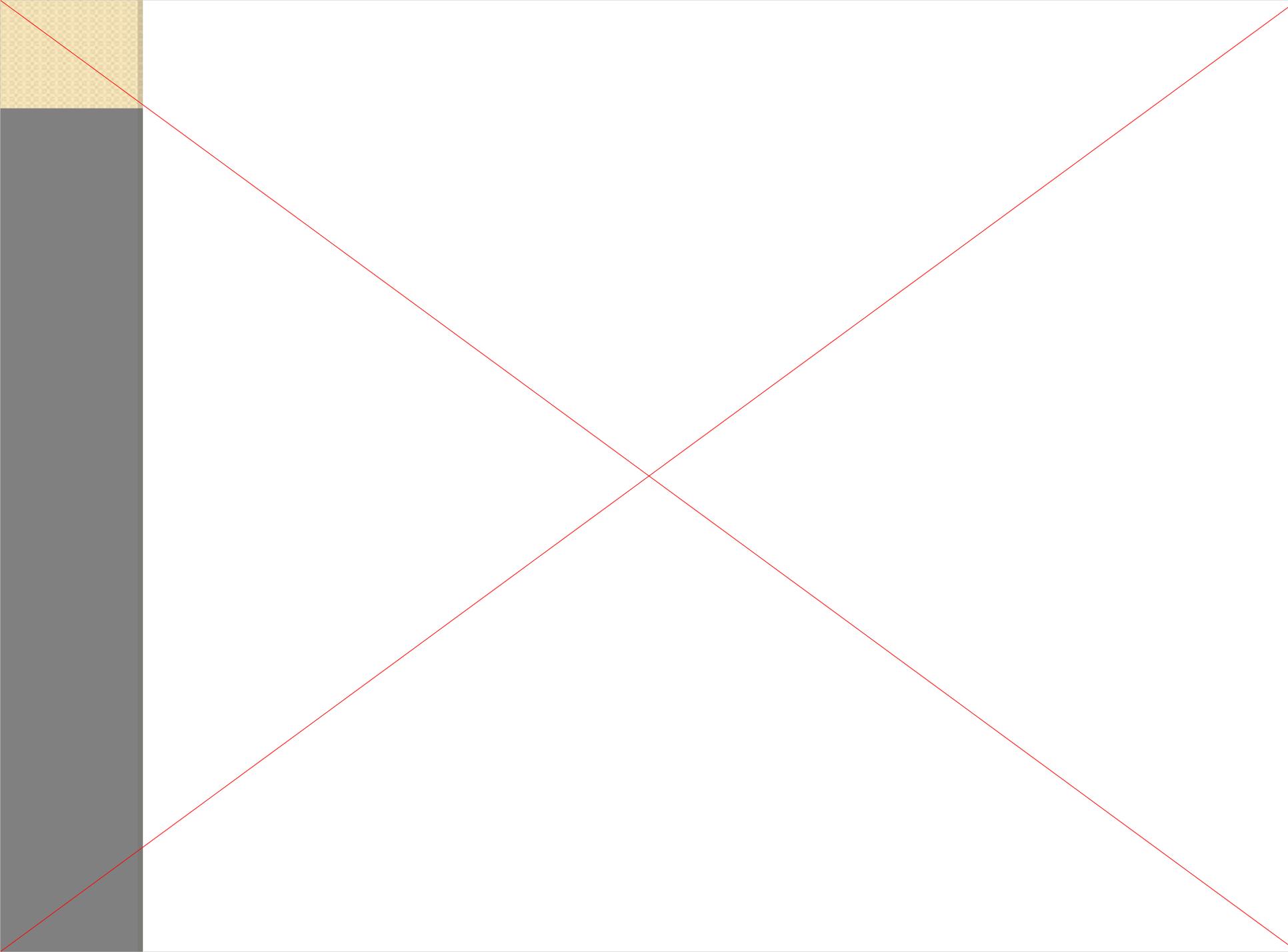
$p_{\text{проп}}$ – предел пропорциональности (второе предельное состояние);

$p_{\text{проч}}$ – предел прочности (первое предельное состояние);

Расчеты:

По второму предельному состоянию – деформационные свойства

По первому предельному состоянию – прочностные свойства.



2. Нагрузка
вертикальная

Линейное
напряжение

Линейные
деформации
 $\varepsilon = \Delta h / h$

p_n

σ_n

деформационные свойства

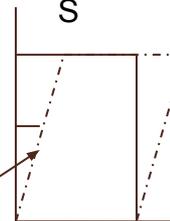
Нагрузка
горизонтальная

Сопротивление
сдвигу

Угловые
деформации
 \overline{S} (перекос)
 $\text{tg } \alpha = L$ (высота)

$p_{гор}$

τ



$p_{гор}$

α

прочностные свойства

3. Поведение во времени характеризуется реологическими свойствами.

Деформационные свойства

Деформационные свойства характеризуют поведение пород под нагрузками, не приводящими к разрушению.

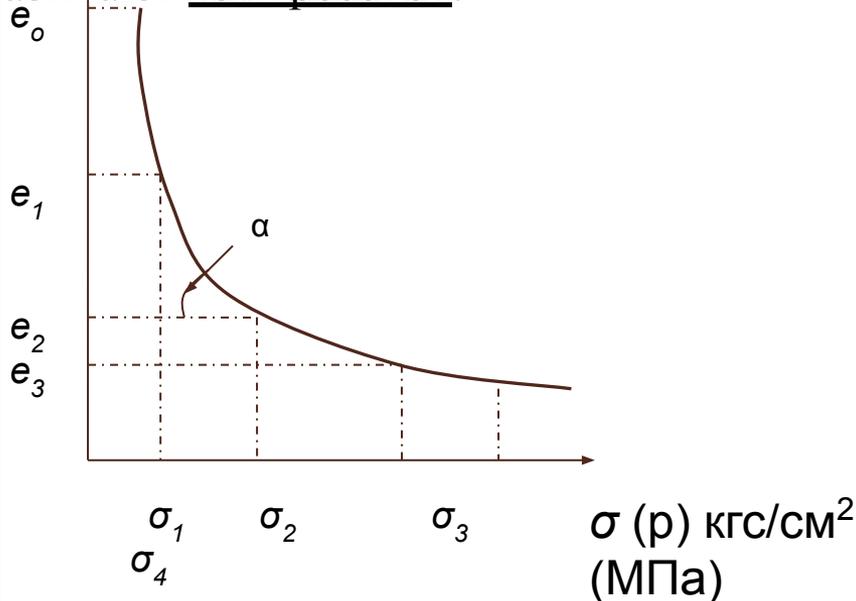
Показатели деформационных свойств:

- m – коэффициент компрессии;
- E – модуль общей деформации;
- l – модуль осадки.

Определяют m и E для вычисления осадки (расчет по деформациям, по второму предельному состоянию), которая происходит в результате уплотнения грунта под нагрузкой.

Способность грунта уплотняться под нагрузкой называют сжимаемостью.

Сжимаемость без возможности бокового расширения называют компрессией.



$$\Delta h = h_o - h, \text{ мм}$$

$$\varepsilon = \Delta h / h_o$$

$$e_i = e_o - \varepsilon (1 + e_o)$$

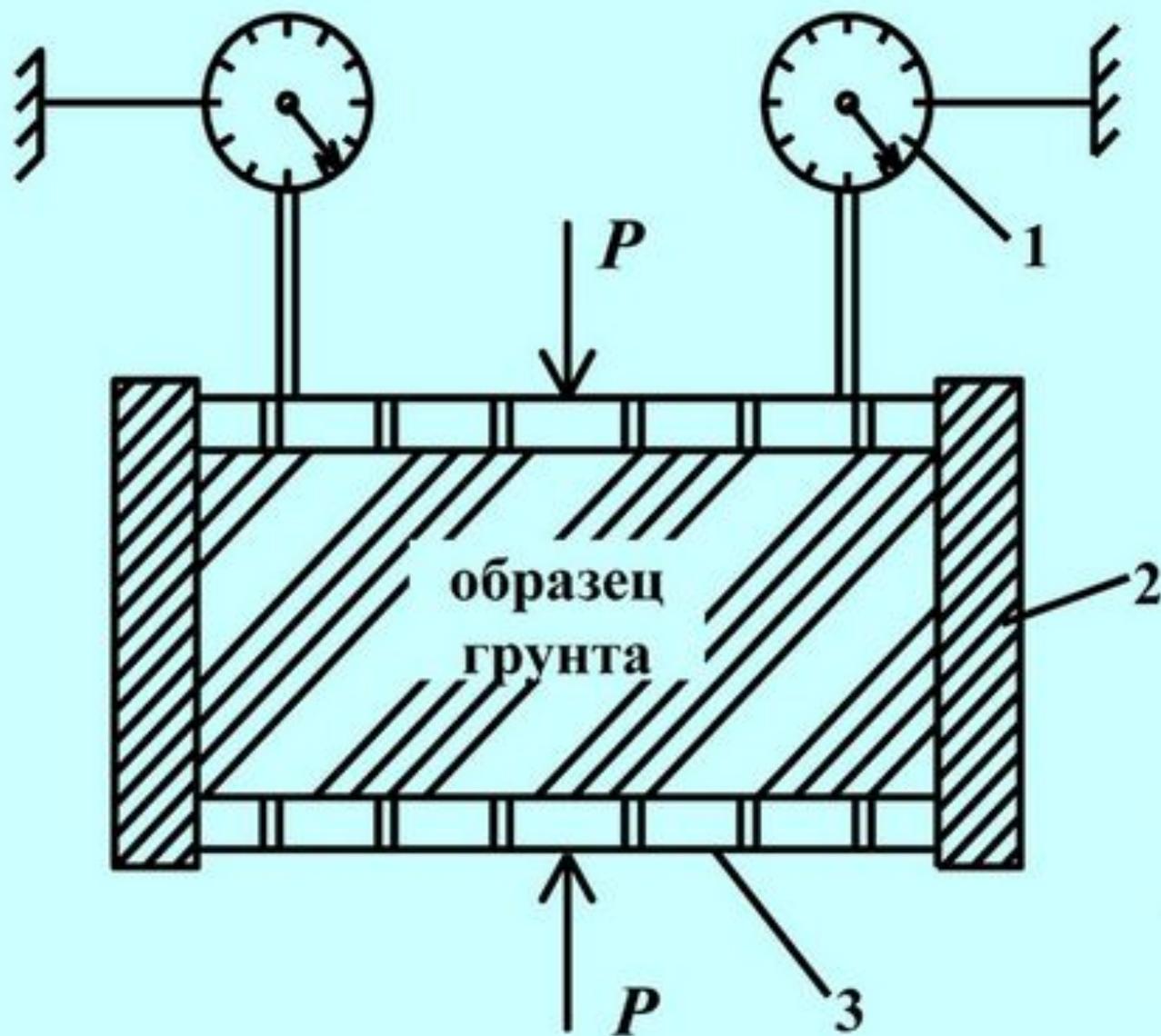
$$m = \operatorname{tg} \alpha = - \frac{e_i - e_{i+1}}{\sigma_i - \sigma_{i+1}}, \text{ см}^2/\text{кгс}$$

$$E = \frac{1 + e_o}{m} \beta, \text{ кгс/см}^2$$

(МПа)

$$l = 1000 \cdot \varepsilon, \text{ мм/м}$$

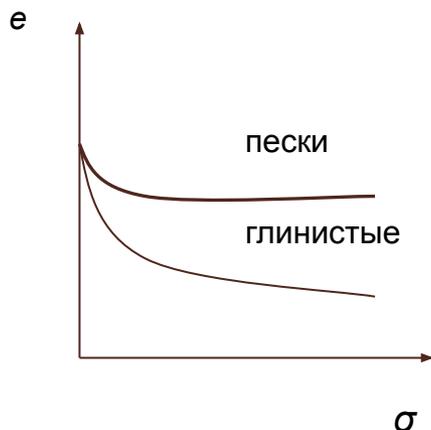
СХЕМА КОМПРЕССИОННОГО ПРИБОРА (ОДОМЕТР)



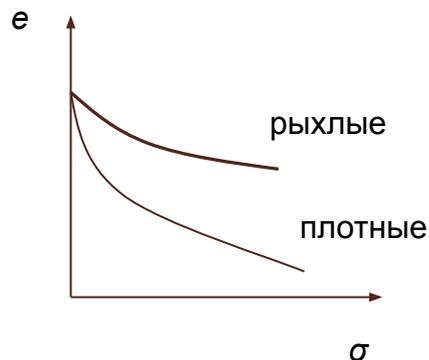
- 1 – индикатор перемещений;
- 2 – жесткая обойма
- 3 – пористое дно

Факторы, влияющие на сжимаемость:

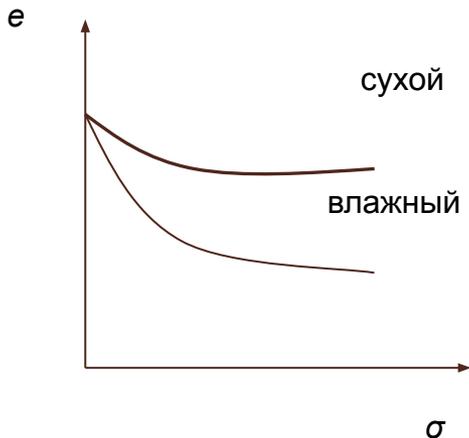
1. Гранулометрический состав



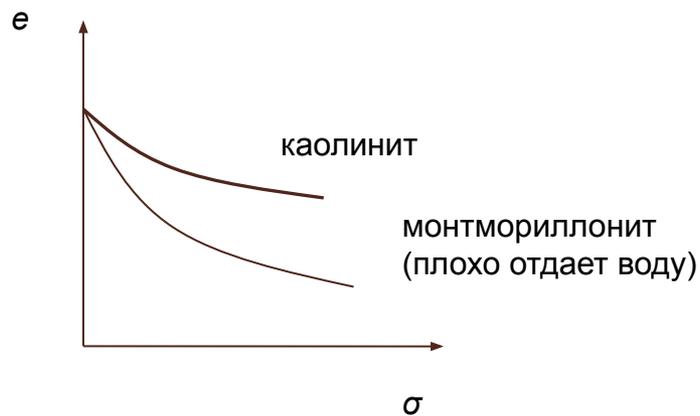
3. Плотность



4. Влажность (учитывать возможность оттока, скорость уплотнения)



2. Минеральный состав (зависимость сложнее, учитывать скорость и водоудерживающую способность)



- 
5. Величина ступени нагрузки.
 6. Вид нагрузки (статическая, динамическая).
 7. Структурные связи.
 8. Температура.
 9. Обменные катионы в грунте (учитывать водоудерживающую способность одновалентных катионов по сравнению с двух- и трехвалентными).
 10. Химический состав и концентрация воды.
 11. Способность грунта к набуханию.

Классификация грунтов по сжимаемости

несжимаемые грунты	$t < 0,001 \text{ см}^2/\text{кгс};$
слабосжимаемые	$0,001 < t < 0,01 \text{ см}^2/\text{кгс};$
среднесжимаемые	$0,01 < t < 0,1 \text{ см}^2/\text{кгс};$
сильносжимаемые	$t > 0,1 \text{ см}^2/\text{кгс}.$

Закон ГУКА: напряжение (σ), передаваемое на тело равно относительной деформации (ε), умноженной на модуль упругости – модуль Юнга (E_y)

$$\sigma = \varepsilon_y \cdot E_y$$

Отсюда, для скальных (упругих) грунтов:

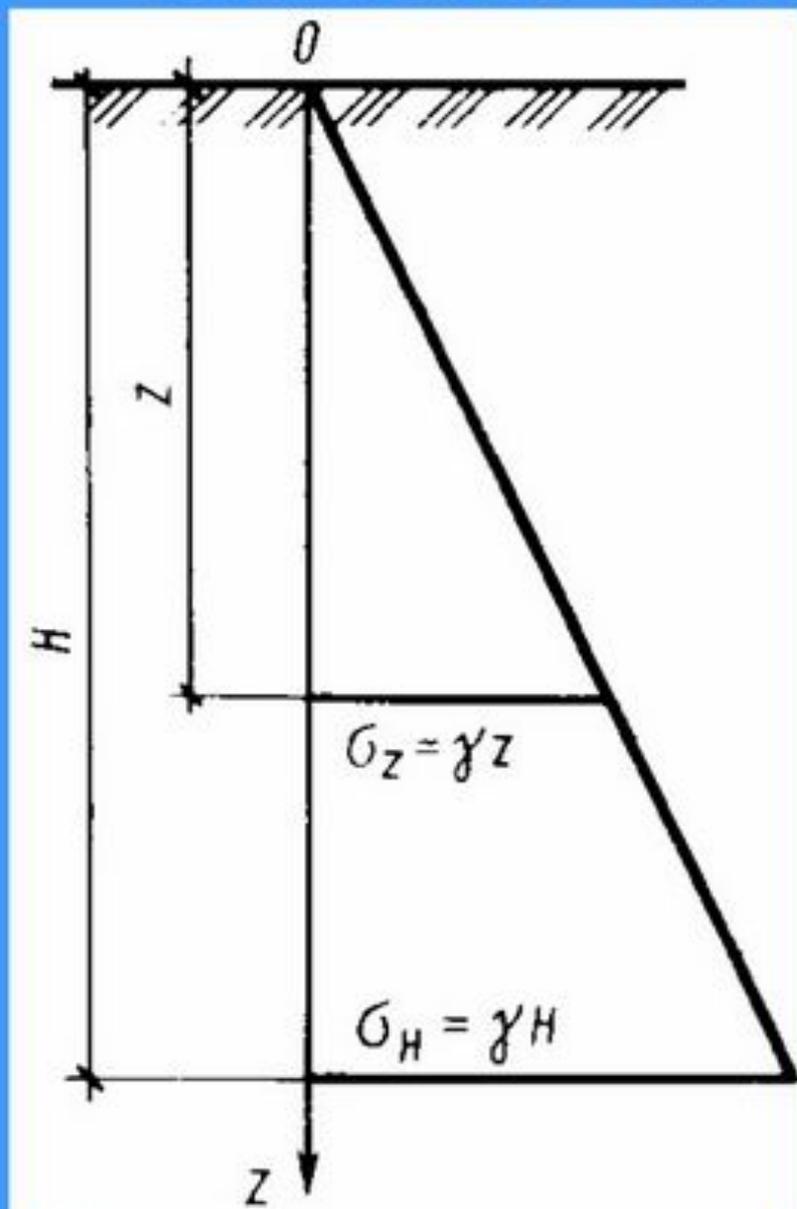
$$E_y = \sigma / \varepsilon_y$$

В дисперсных грунтах кроме упругих развиты и пластические деформации:

$$E_o = \sigma / \varepsilon_o$$

$$\varepsilon_o > \varepsilon_y, \text{ но } E_o < E_y$$

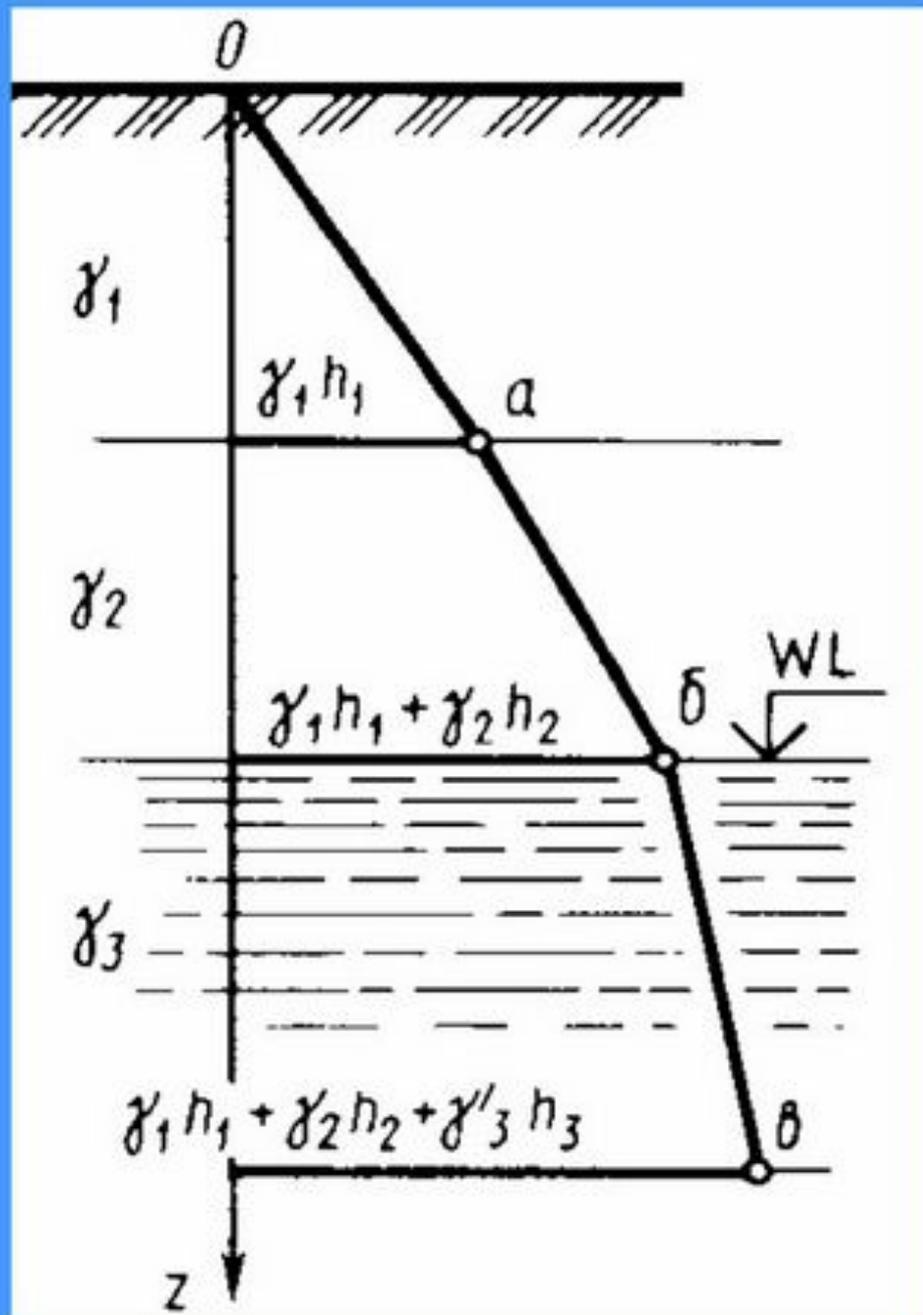
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ОТ СОБСТВЕННОГО ВЕСА ГРУНТА



$$\sigma_x = \sigma_y = \xi_0 \cdot \sigma_z$$

$$\xi_0 = \frac{\nu_0}{1 - \nu_0}$$

$$\sigma_z = \gamma z$$

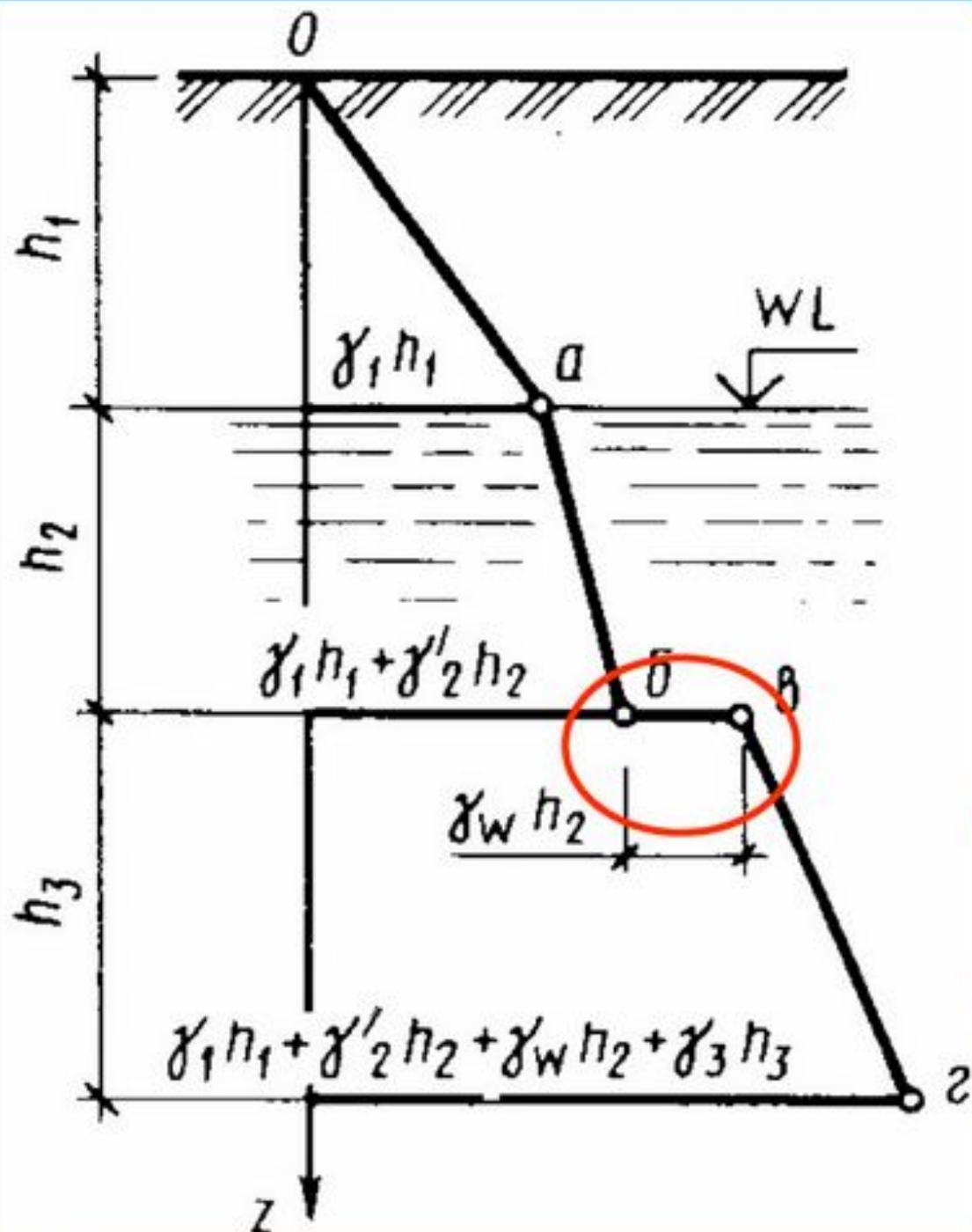


$$\sigma'_z = \gamma' \cdot z$$

Вес грунта с учетом
взвешивающего
действия воды

$$\gamma' = \frac{\gamma - \gamma_w}{1 + e}$$

$$\sigma_z = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \frac{\gamma - \gamma_w}{1 + e} \cdot h_3$$



h_3 – водоупорный
грунт

Участок Б-В

$$\sigma_{z(\text{б-в})} = \gamma_w h_2$$

$$\sigma_z = \gamma_1 h_1 + \gamma'_2 h_2 + \gamma_w h_2 + \gamma_3 h_3$$

Прочностные свойства (несущая способность грунтов)

Прочностные свойства характеризуют поведение пород под нагрузками, не приводящими к их полному разрушению.

Показатели:

сцепление – C ;

угол внутреннего трения – φ ;

угол сдвига – ψ ;

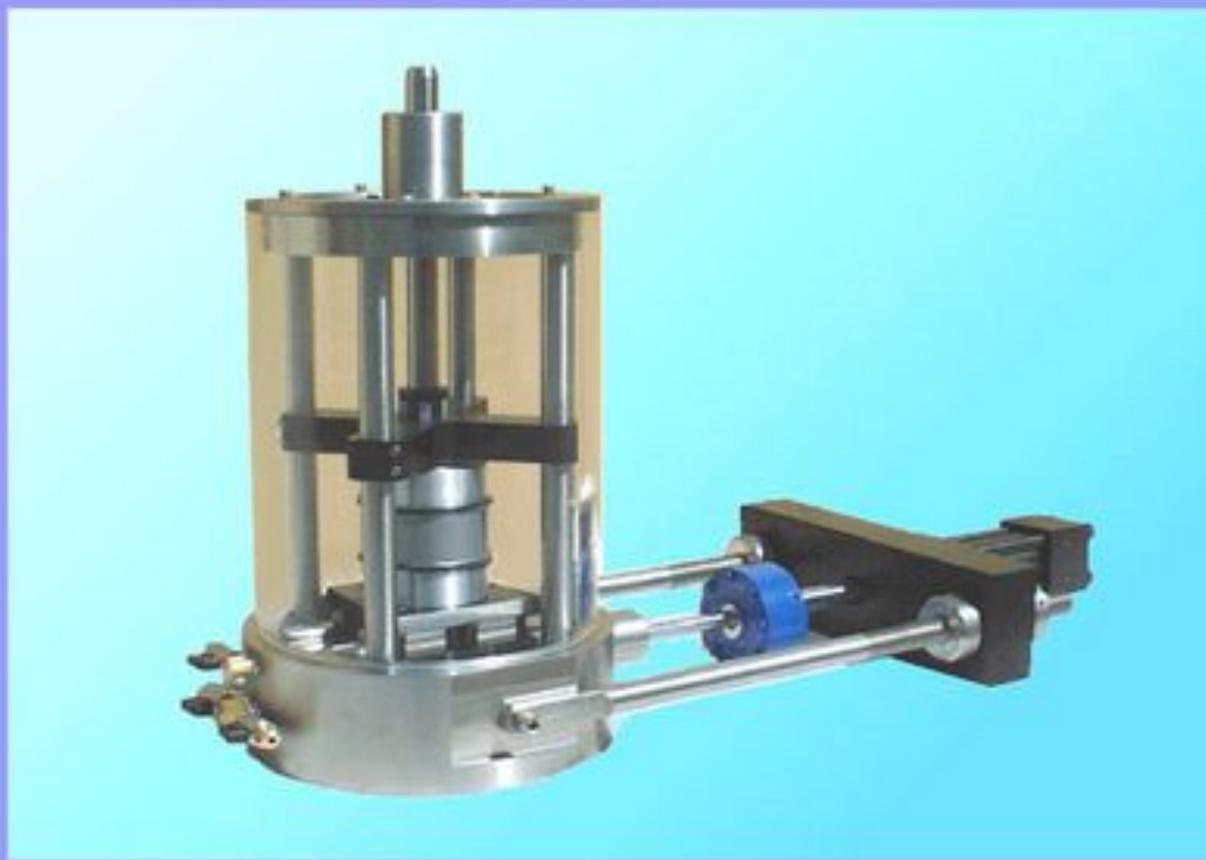
угол естественного откоса – α ;

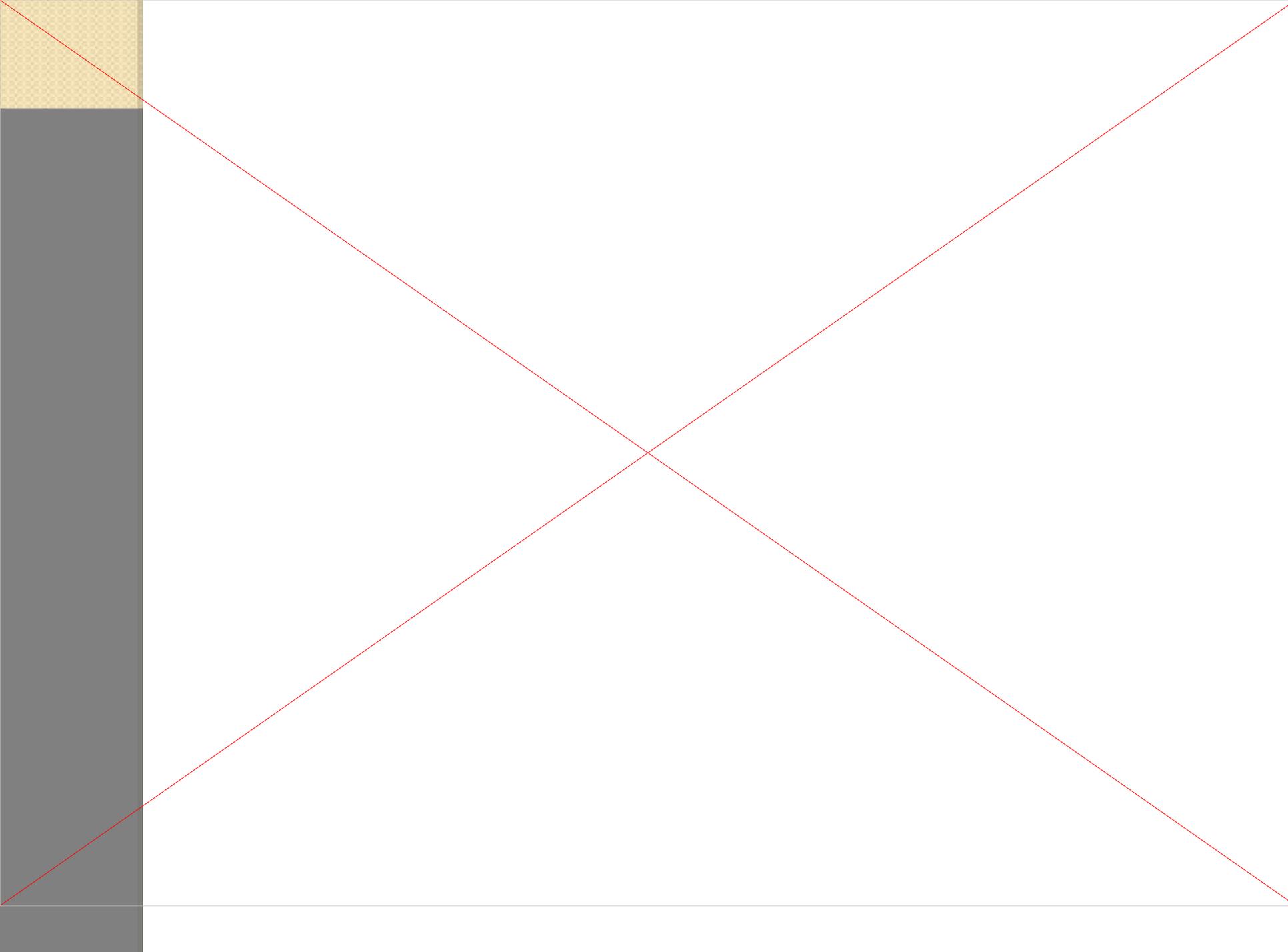
временное сопротивление сжатию – $R_{сж}$.

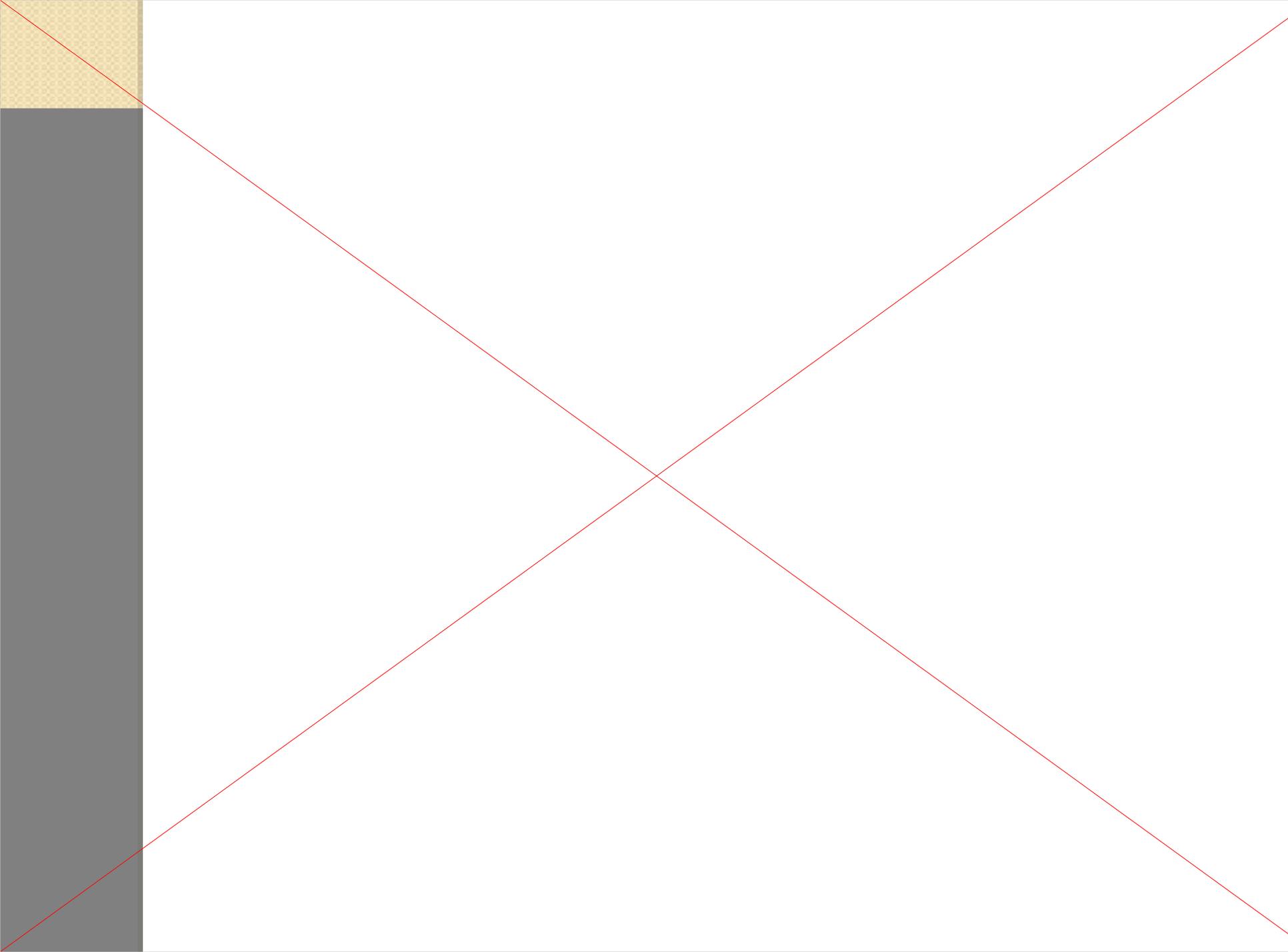
Потеря прочности происходит под действием горизонтальных сил (сдвиг грунта), а также и вертикальных сил в виде: оползания в откосе, выпирания из-под фундамента, разрыва, образования трещин.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТОВ СДВИГУ

Сопротивление грунтов сдвигу – показатель прочности грунта, обусловленный трением между частицами и структурными связями между ними.



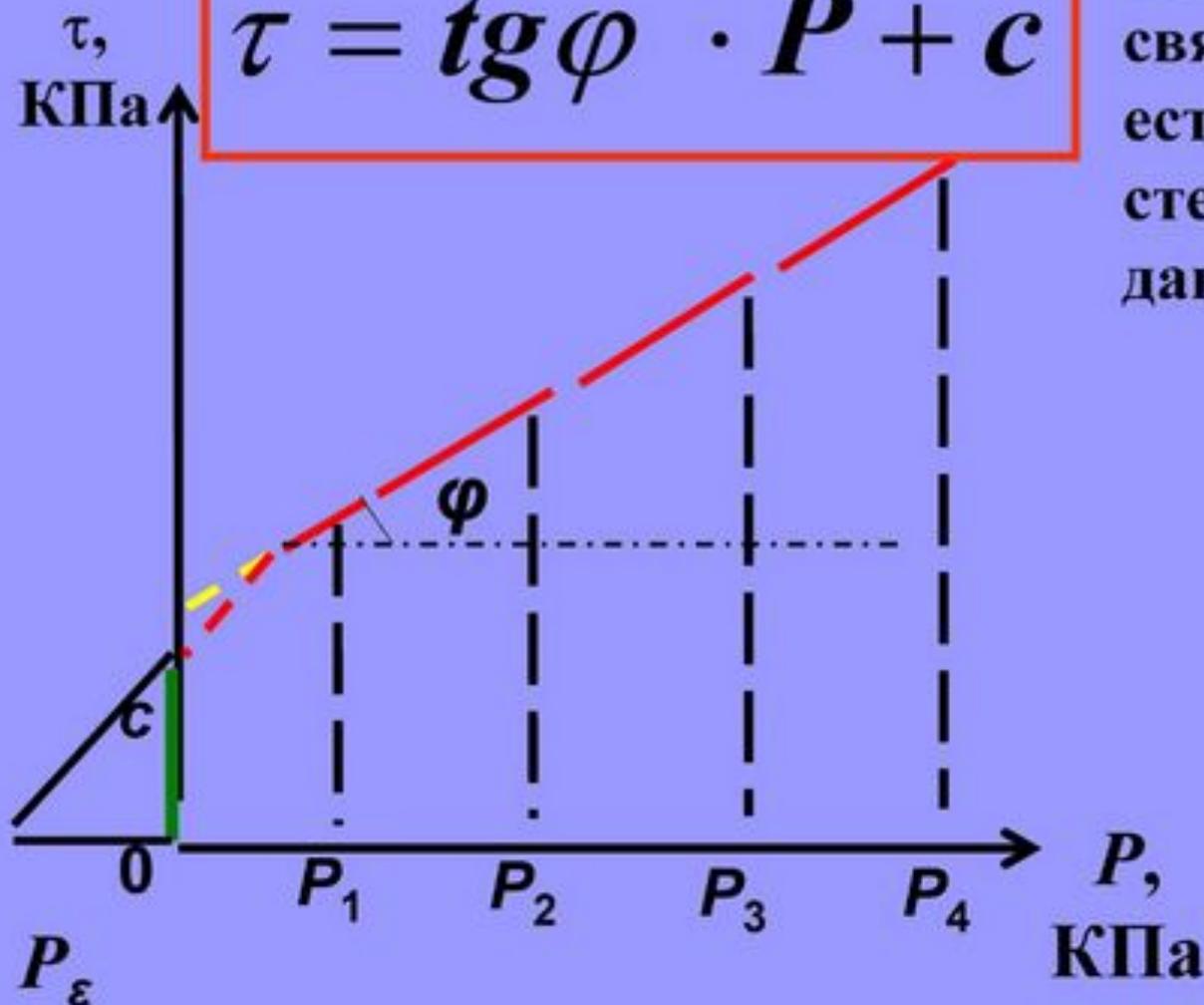




Закон Кулона для связных грунтов

$$\tau = \operatorname{tg} \varphi \cdot P + c$$

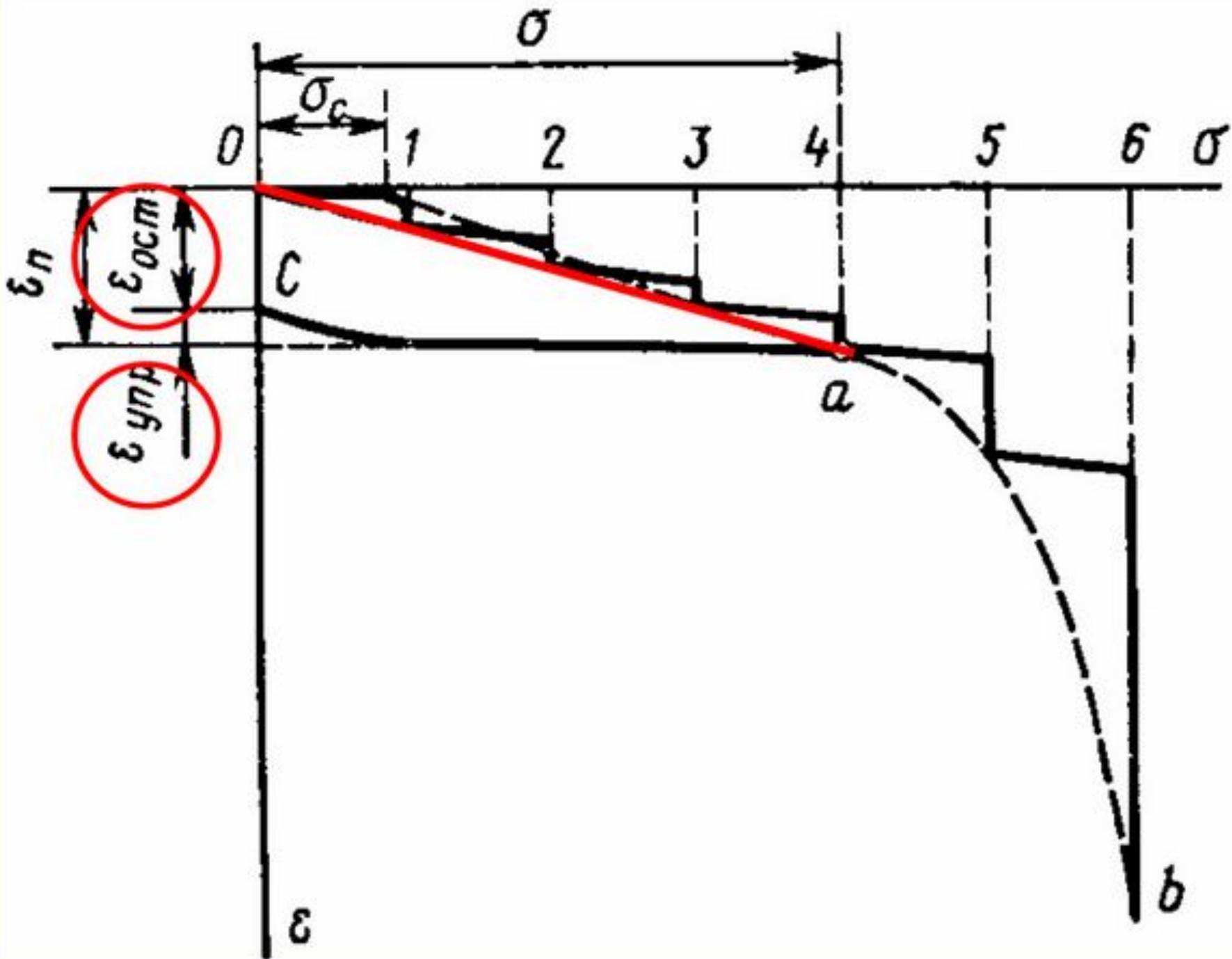
«Сопротивление связных грунтов сдвигу есть функция первой степени от нормального давления»



$$P_\varepsilon = \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi}$$

Некоторые нормативные значения прочностных характеристик грунтов

<i>Вид грунтов</i>	<i>C, кПа</i>	<i>φ, ...⁰</i>
Пески	0...5	25...35
Глинистые грунты	10...50	5...20
Торфы	10...30	5...15



Факторы, влияющие на сопротивление сдвигу:

1. Гранулометрический состав.
2. Минеральный состав.
3. Влажность.
4. Плотность.
5. Структура.
6. Анизотропность.
7. Химический состав и концентрация воды.
8. Схема испытаний.

Реология — наука о механическом поведении тел во времени при действии на них напряжений.

Виды проявления реологических свойств:

- ползучесть;
- релаксация;
- длительная прочность.

Ползучесть - процесс изменения деформаций во времени под действием постоянного напряжения.

Виды ползучести глинистых грунтов:

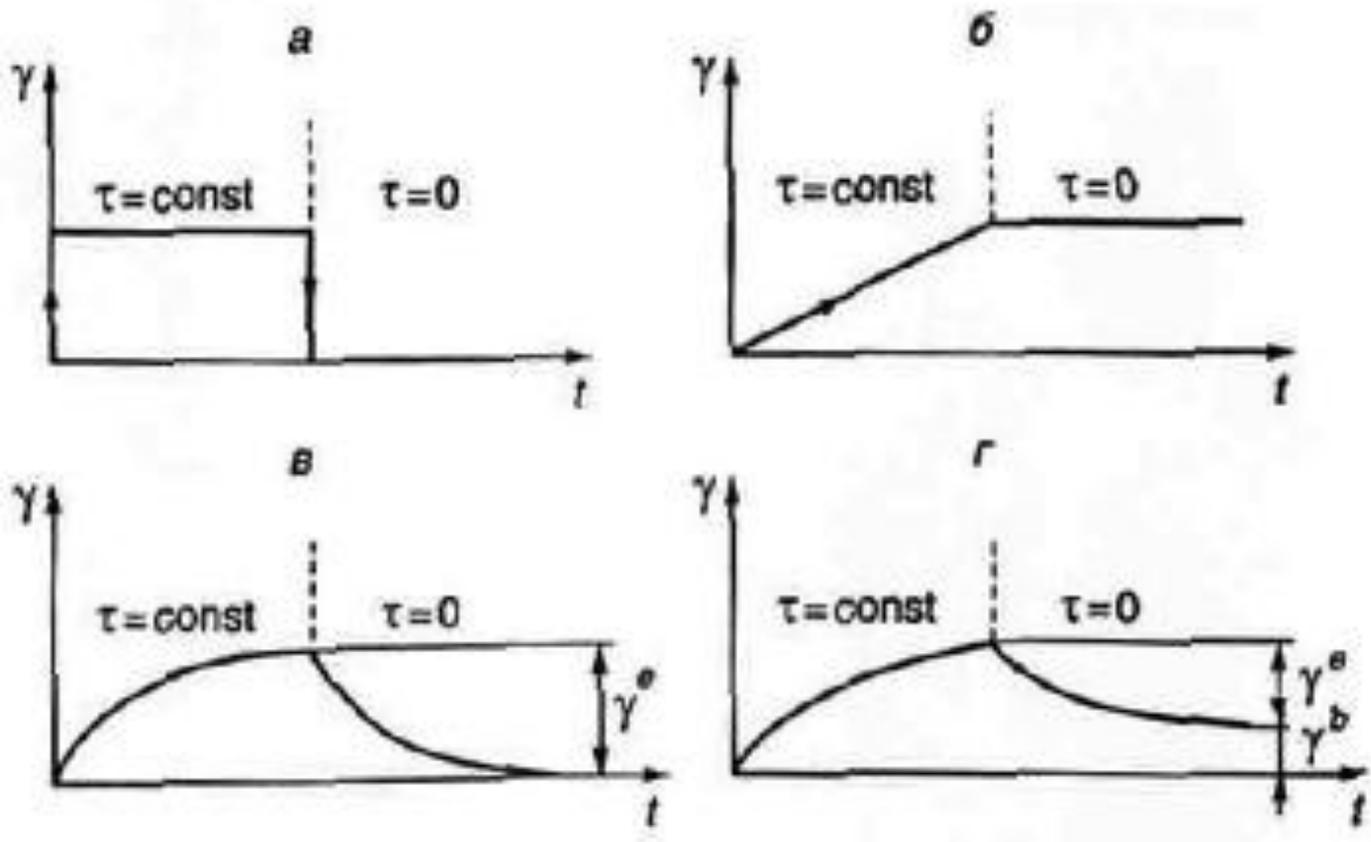
- **осевая ползучесть грунтов** развитие в грунте осевых деформаций во времени в условиях одноосного растяжения или сжатия, при этом объем грунта практически не меняется, а меняется лишь его форма;
- **ползучесть грунтов при сдвиге** — процесс развития деформации сдвига во времени под действием постоянного касательного напряжения τ , происходящей при постоянном объеме грунта.;
- **объемная ползучесть грунтов** - развитие во времени объемных деформаций грунта.

- **Релаксация напряжений** – это падение напряжений во времени при сохранении постоянной деформации

Основной параметр релаксации – время релаксации t_r

Время релаксации – время достижения системой состояния равновесия

Релаксация напряжений в различных телах происходит по разному (рис.3). В идеально упругих телах,(рис. 3, а), релаксация напряжений идет бесконечно долго. В идеально вязких телах (жидкостях) деформация нарастает во времени линейно, а после разгрузки она не восстанавливается (рис. 3, б); время релаксации в таких системах наименьшее. В реальных телах (включая и грунты) наблюдаются проявления и упругости, и пластичности. Так, в упруговязком теле деформация развивается во времени, но является затухающей и полностью восстанавливающейся (рис.3, в); время релаксации напряжений в таком теле значительно. В упруговязкопластическом теле деформация также развивается во времени, но носит незатухающий характер и восстанавливается лишь частично (рис.3, г); время релаксации напряжений в таком теле незначительно.



Развитие деформаций во времени при нагрузке ($\tau = \text{const}$) и разгрузке ($\tau = 0$) в телах:

а – идеально упругом; б - идеально вязком; в – упруговязком; г – упруговязко-пластическом.

Основные виды технических изысканий

- инженерно-геодезические,
 - инженерно-геологические и
 - инженерно-гидрометеорологические
-
- Объекты изучения : *рельеф и ситуация* в пределах участка строительства, на выбираемой строительной площадке или трассе, **грунты как основание** или среда зданий и сооружений, **подземные воды, физико-геологические процессы** и формы их проявления, грунты как строительный материал.

● Под **инженерными изысканиями** для строительства следует понимать комплексный производственный процесс, обеспечивающий строительное проектирование исходными данными о природных условиях района (участка) предполагаемого строительства.

состав инженерно-геологических изысканий:

- **сбор, анализ** и обобщение литературных и фондовых материалов о **природных условиях района (участка) строительства;**
- **инженерно-геологическая рекогносцировка;**
- **инженерно-геологическая съемка**
- **инженерно-геологическая разведка.**

Все виды инженерно-геологических изысканий
проводятся в три периода –
подготовительный, полевой и камеральный.

По результатам выполненных работ составляют:

- **при рекогносцировке** – заключение,
включающее в себя схематическую карту;
- **при съемке** – инженерно-геологическую карту,
карту фактического материала и отчет;
- **при разведке** – отчет

- 
- Далее по собранному материалу производится инженерно-геологическое районирование, т.е. членение территории на участки или зоны с относительно однородными инженерно-геологическими условиями.

Геологическая рекогносцировка

- В ПРОЦЕССЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ УСТАНОВЛИВАЮТ ПРИНАДЛЕЖНОСТЬ РЕЛЬЕФА ИЗУЧАЕМОГО РАЙОНА К КОНКРЕТНОМУ ГЕНЕТИЧЕСКОМУ КЛАССУ И ГЕНЕТИЧЕСКОМУ ТИПУ, ВЫЯВЛЯЮТ И ОКОНТУРИВАЮТ РАСПРОСТРАНЕНИЕ В ПРЕДЕЛАХ ИЗУЧАЕМОГО РАЙОНА ОДНОРОДНЫХ ПО ГЕНЕЗИСУ ГРУПП ФОРМ РЕЛЬЕФА ИЛИ ОТДЕЛЬНЫХ

ИГЖЕЛЕРТО- ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА РЕШАЕТ СЛЕДУЮЩИЕ ЗАДАЧИ:

- зонирование территории по видам использования;
- компоновку зданий и сооружений проектируемого комплекса;
- прокладку трассы линейных сооружений;
- изучение участков индивидуального проектирования;
- выбор типов и предварительные расчеты оснований фундаментов проектируемых сооружений.

В состав крупномасштабной инженерно-геологической съемки входят:

- сбор, изучение и обобщение материалов по геологическому строению;
- дешифрирование аэрофотоматериалов и проведение аэровизуальных наблюдений;
- составление предварительных карт инженерно-геологических условий;
- описание местности по маршрутам;
- геофизические работы;
- проходка горных выработок, в том числе буровых скважин; – опытные полевые работы;
- лабораторные работы;
- стационарные наблюдения;
- обследование состояния зданий и сооружений на территории проведения съемок;

камеральная обработка материалов, составление

РАЗВЕДКА

- Общие задачи инженерно-геологической разведки :
- – изучение геологического разреза оснований;
- – определение физико-механических свойств грунтов оснований, их водного и температурного режимов;
- – изучение гидрогеологических условий и геодинамических процессов;
- – влияние застройки территории на изменение инженерно-геологических условий;
- – составление инженерно-геологической модели оснований или среды сооружений;
- – установление обобщенных значений показателей физико-механических свойств грунтов в приложении к выделенным инженерно-геологическим элементам.

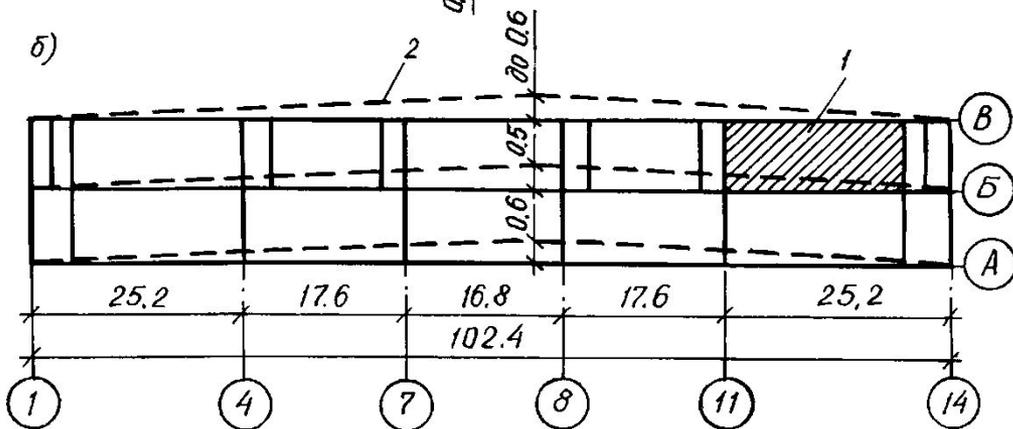
В КОМПЛЕКС РАБОТ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ВХОДИТ:

- геофизические работы;
- стационарное наблюдение за режимом подземных вод, развитием инженерно-геологических процессов;
- горнопроходческие и буровые работы;
- отбор, установка и транспортировка образцов пород и проб воды;
- опытные полевые работы;
- определение показателей свойств грунтов лабораторными методами;
- специальные виды исследований;

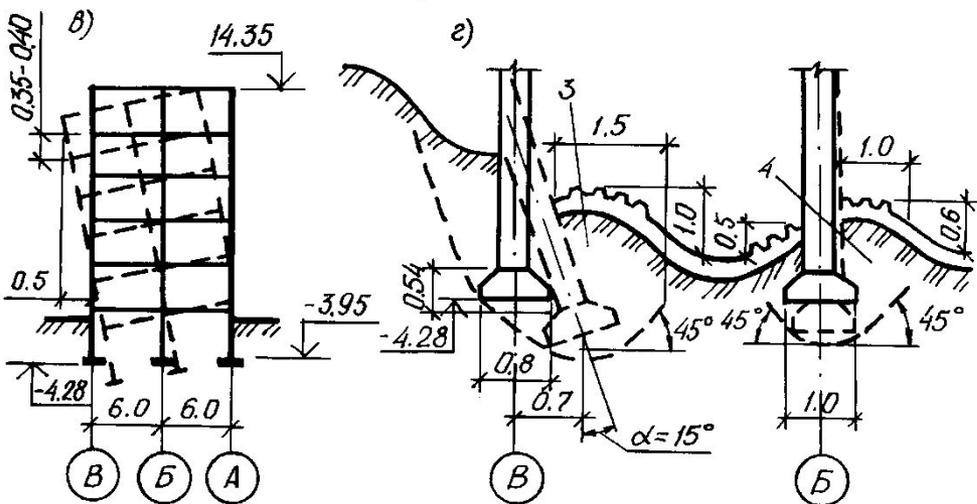
а)



б)



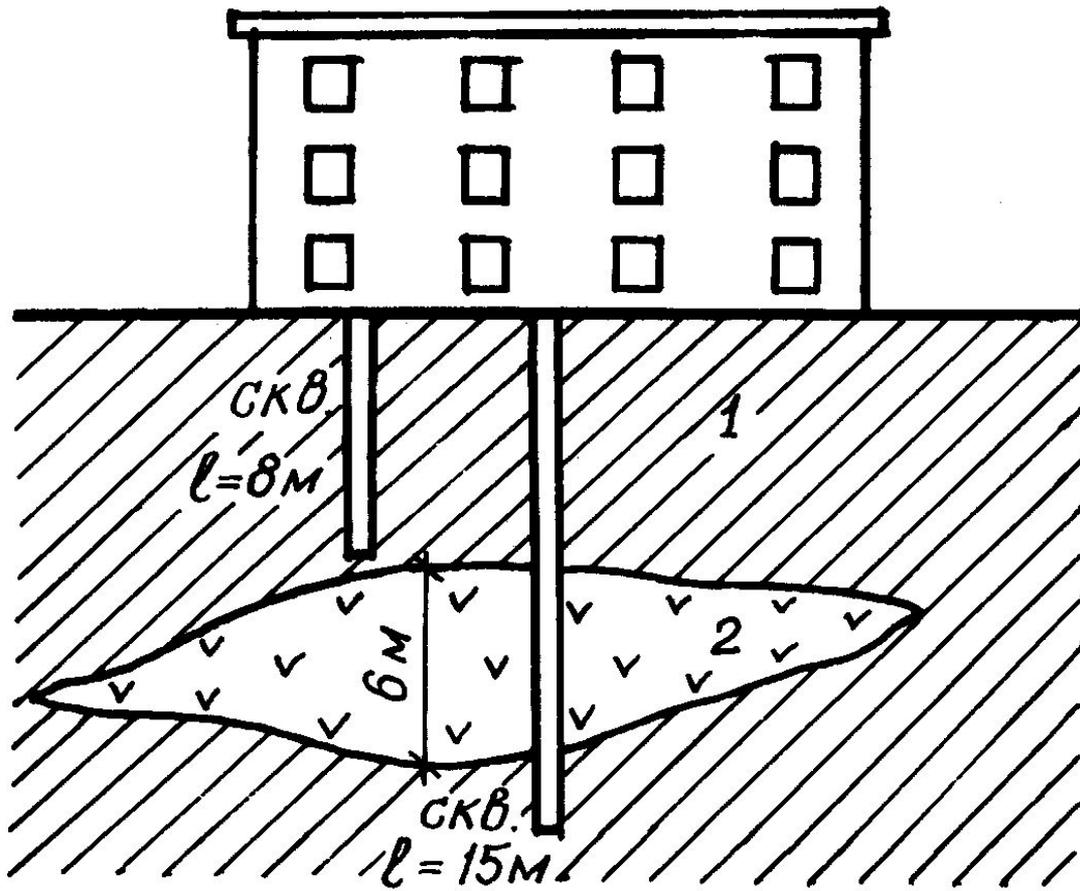
в)



Аварийные деформации жилого дома в г. Туле

а – развитие деформаций в фасадной стене; б – смещение несущих стен в плане; в – поперечный разрез здания; г – смещение фундаментов. 1 – обрушившаяся часть; 2 – отклонение стены;

3 – выпор грунта; 4 – деформация пола подвала.



Линза сжимаемого торфа в основании здания.

- 1 – моренные тугопластичные суглинки; 2 – торф.

Полевые работы

- **Электрические** (Электроразведка),
- **Сейсмические** (Сейсмическая разведка: искусств. взрывы, в песках, например, скорость колеблется от 0,2 до 1,5 км/с, в глинах 1–3 км/с, в известняках 3–6 км/с, во влажной породе скорость больше, чем в сухой породе),
- **Радиационные** (применяют радиационные методы, основанные на измерении поглощающей способности горных пород при прохождении различных излучений),
- **Магнитные** (Магнитные свойства массивов горных пород резко изменяются в зонах тектонических разломов и трещиноватости, а также в зонах геодинамической неустойчивости горных пород)

основные виды выработок

- Р а с ч и с т к а – одна из наиболее простых и нетрудоемких выработок, проводимых в местах естественных обнажений и крутых склонов рельефа, когда для вскрытия пород достаточно удалить (сбросить вниз) со склона небольшой слой почвы, делювия или осыпи.

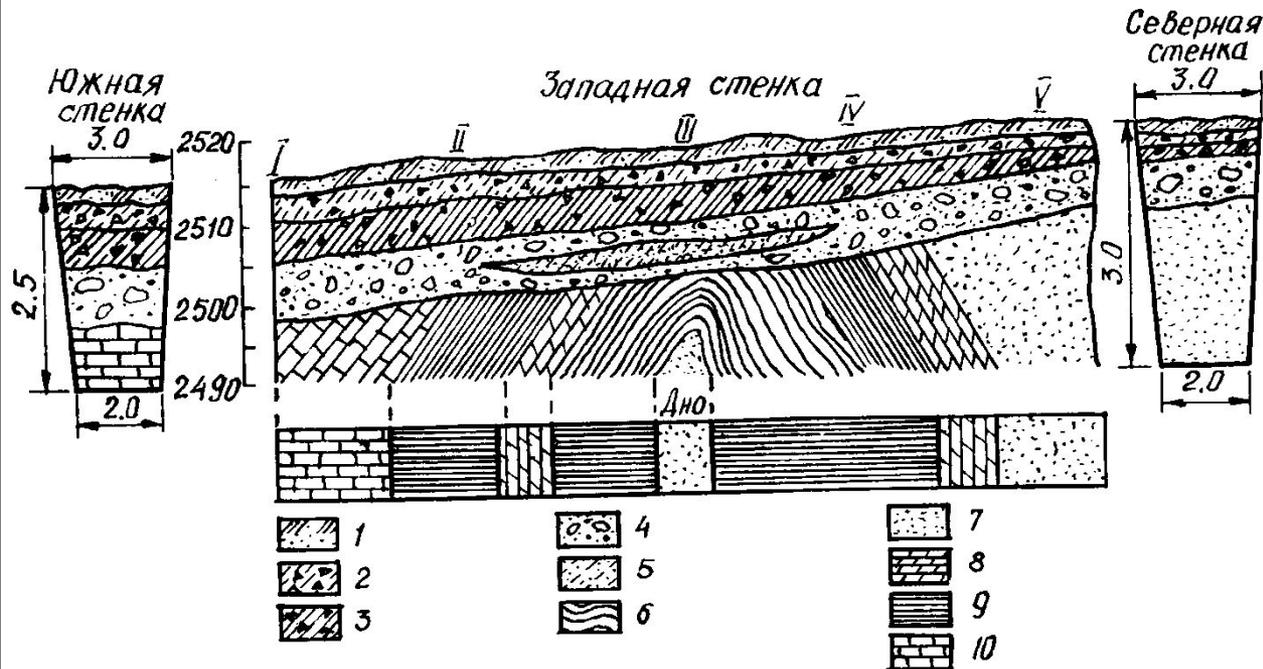


Закопушка – небольшая воронкообразная выработка диаметром около 0,3 м и глубиной 0,5...0,8 м, выполняемая для обнажения пород (коренных), залегающих под почвенным слоем или слоем поверхностных отложений.

Наибольшее применение закопушки находят при инженерно-геологической съемке.

- **Шурф** – вертикальная горная выработка сечением примерно 1,25 x 1,5 м и глубиной до 20 м и более. Шурфы круглого сечения называют **дудками**.
- **Шахта** – вертикальная выработка сечения 2×2 или 2×3 м и глубиной до 100 м. Назначение шахты такое же, как и шурфа, но шахты, ввиду их большой стоимости, проходят только на ответственных сооружениях и в сложных геологических условиях

К а н а в а – выработка трапецеидального сечения с шириной по основанию около 0,6 м, глубиной до 3 м и протяженностью до 100...150 м. Канавы целесообразно отрывать в крутопадающих пластах и задавать направление им вкрест простиранию пластов; они могут отрываться вручную и при помощи землеройных машин



Зарисовка канавы

I–V – номера точек; 1 – растительный слой; 2 – супесь с щебнем;

3 – суглинок с щебнем; 4 – песок с валунами и галькой;

5 – песок сильно глинистый; 6 – сланцы; 7 – песок тонкозернистый слюдястый; 8 – доломиты;

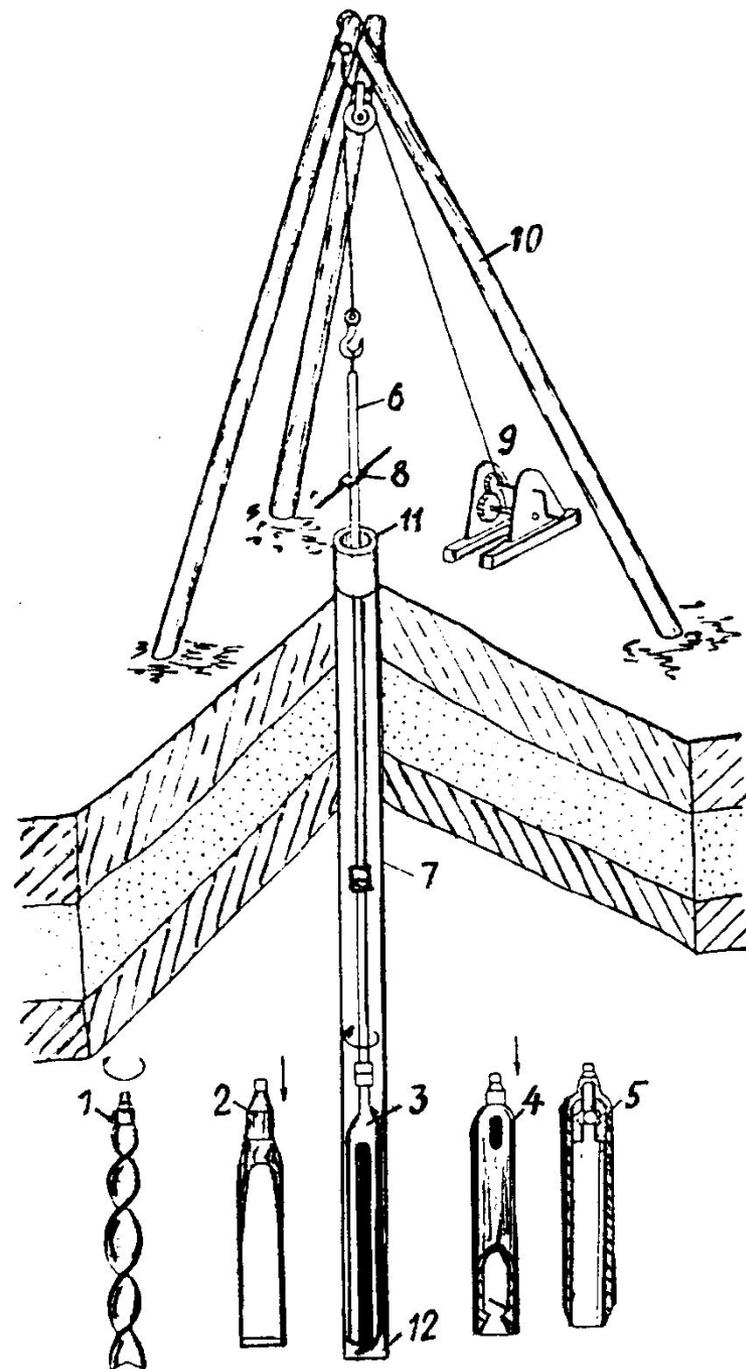
9 – глины; 10 – известняк.

БУРОВЫЕ РАБОТЫ

Диаметры скважин зависят от их назначения и колеблются в широких пределах – от 89 до 325 мм и более, а глубина инженерно-геологических скважин может быть 10, 30, 100 м и более.

Ручное бурение

1 – змеевик; 2 – долото; 3 – ложка; 4 – желонка; 5 – грунтонос; 6 – штанга; 7 – обсадная труба; 8 – хомут; 9 – лебедка; 10 – копер; 11 – устье скважины; 12 – забой.



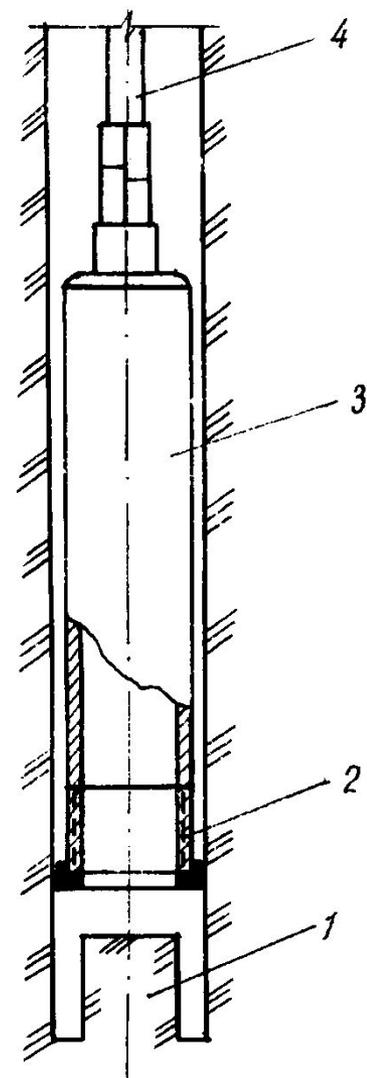
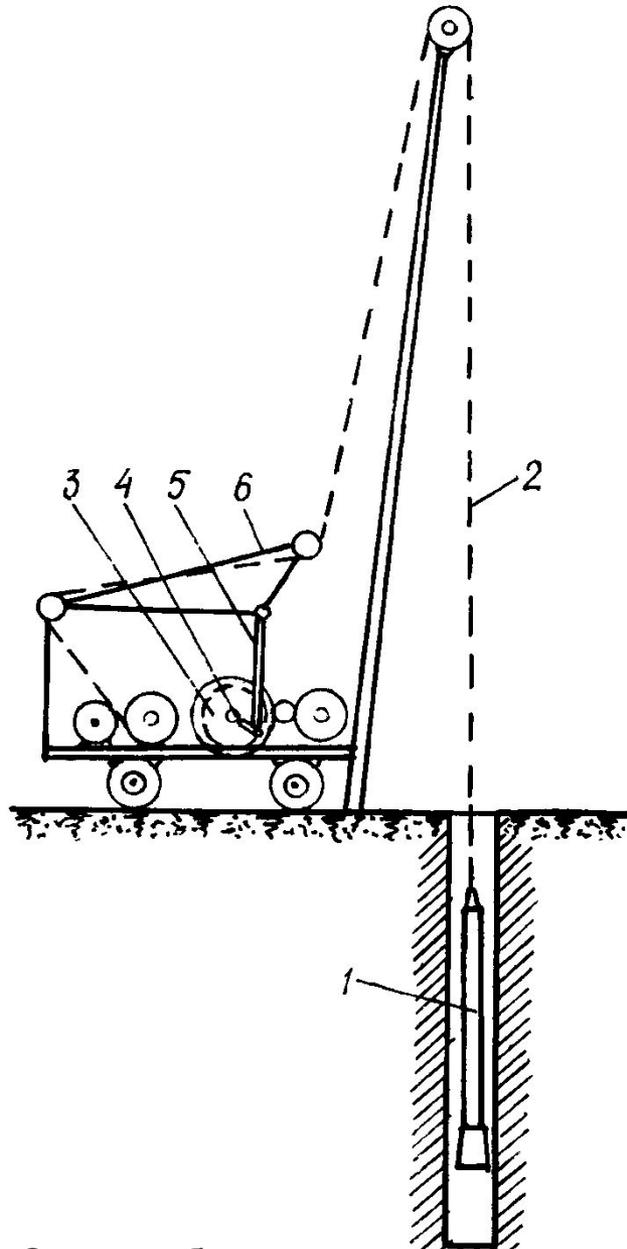


Схема работы ударно-кабельного станка.
 1 – буровой снаряд; 2 – инструментальный канат; 3 – шестерня привода ударного вала; 4 – кривошип; 5 – шатун; 6 – оттяжная рама.

Схема колонкового бурения
 1 – керн; 2 – коронка; 3 – труба колонковая; 4 – трубы буральные.