

Модули деформации

Болдырев Г.Г.

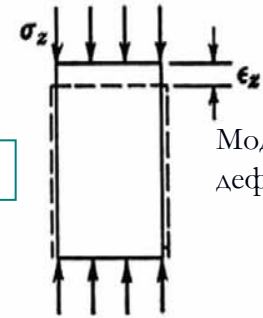
Теория упругости и модули упругости

Секущий и касательные модули деформации

Касательный модуль

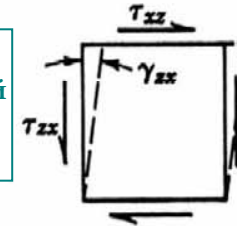


Одноосное нагружение



Модуль деформации
 $E = \frac{\sigma_z}{\epsilon_z}$

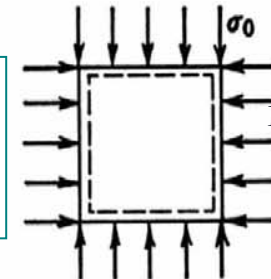
Простой сдвиг



Модуль сдвига

$$G = \frac{\tau_{zx}}{\gamma_{zx}}$$

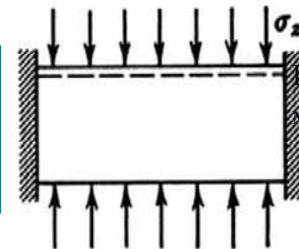
Изотропно е сжатие



Модуль сдвига

$$B = \frac{\sigma_0}{3\epsilon_z}$$

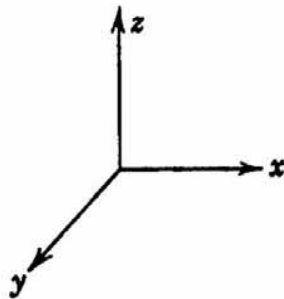
Компрессия



Компрессионный модуль

$$D = \frac{\sigma_z}{\epsilon_z}$$

Система координат



$$\epsilon_x^e = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]$$

$$\epsilon_y^e = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)]$$

$$\epsilon_z^e = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]$$

$$\gamma_{xy}^e = \frac{\tau_{xy}}{G}$$

$$\gamma_{yz}^e = \frac{\tau_{yz}}{G}$$

$$\gamma_{zx}^e = \frac{\tau_{zx}}{G}$$

Изменение объема и модули

Модуль объемного сжатия

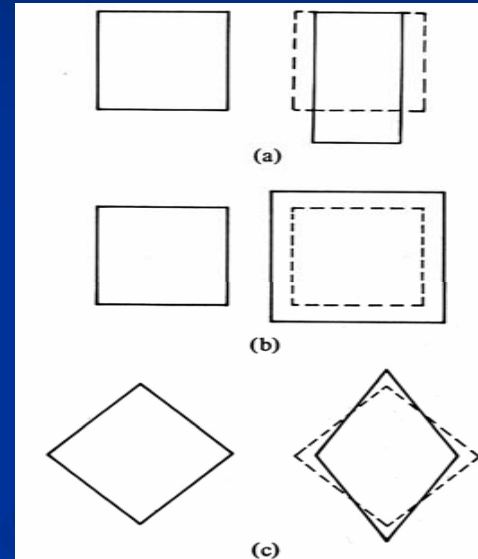
$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

Модуль сдвига

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

Компрессионный модуль

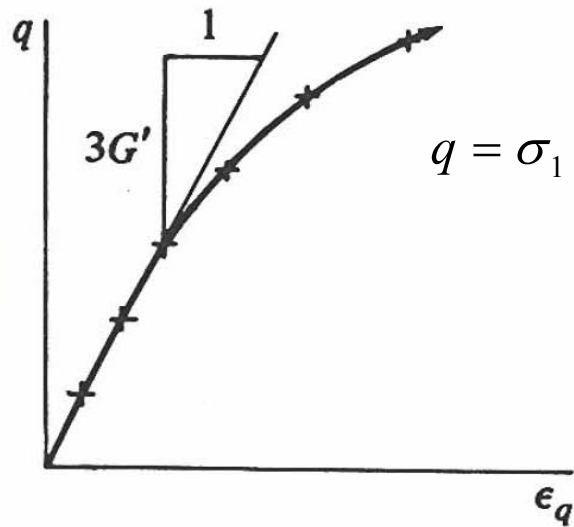
$$D = \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$



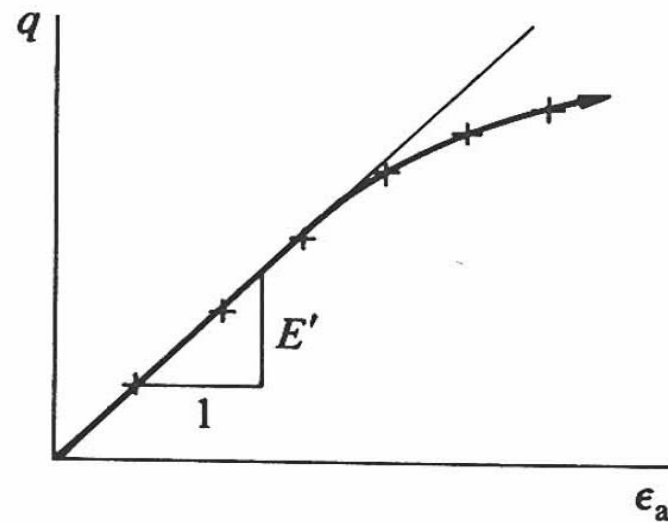
Для недренированных условий

$$E_u = 3G$$

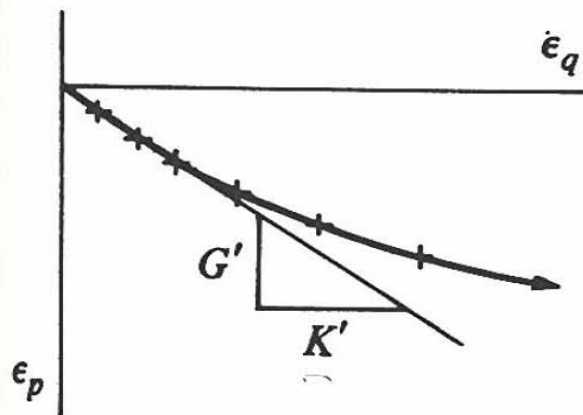
Модули деформации грунта из условий трехосного сжатия



(a)



(c)



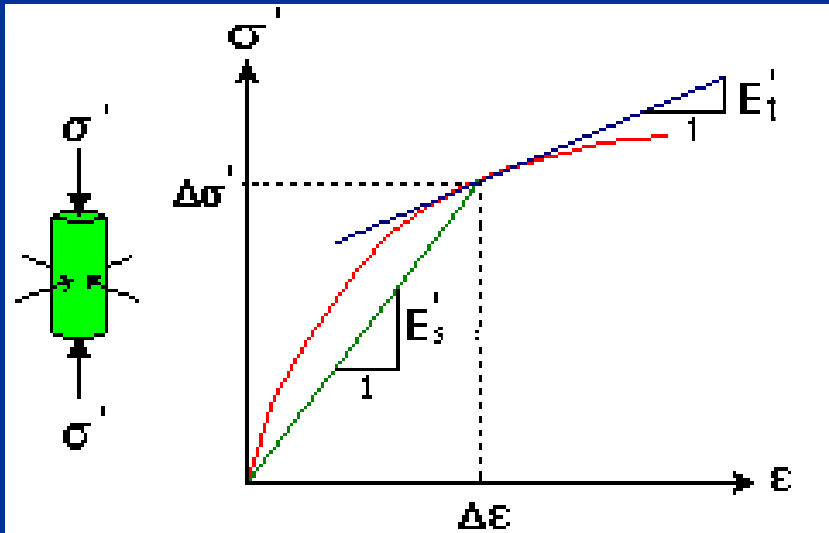
(b)

$$p' = \frac{\sigma'_1 + 2\sigma'_3}{3}$$

$$\epsilon_q = \frac{2(\epsilon_1 - \epsilon_3)}{3}$$

$$\epsilon_p = \epsilon_1 + 2\epsilon_3$$

Линейные модули деформации



Касательный модуль

$$E_t = \frac{\Delta\sigma'}{\Delta\epsilon}$$

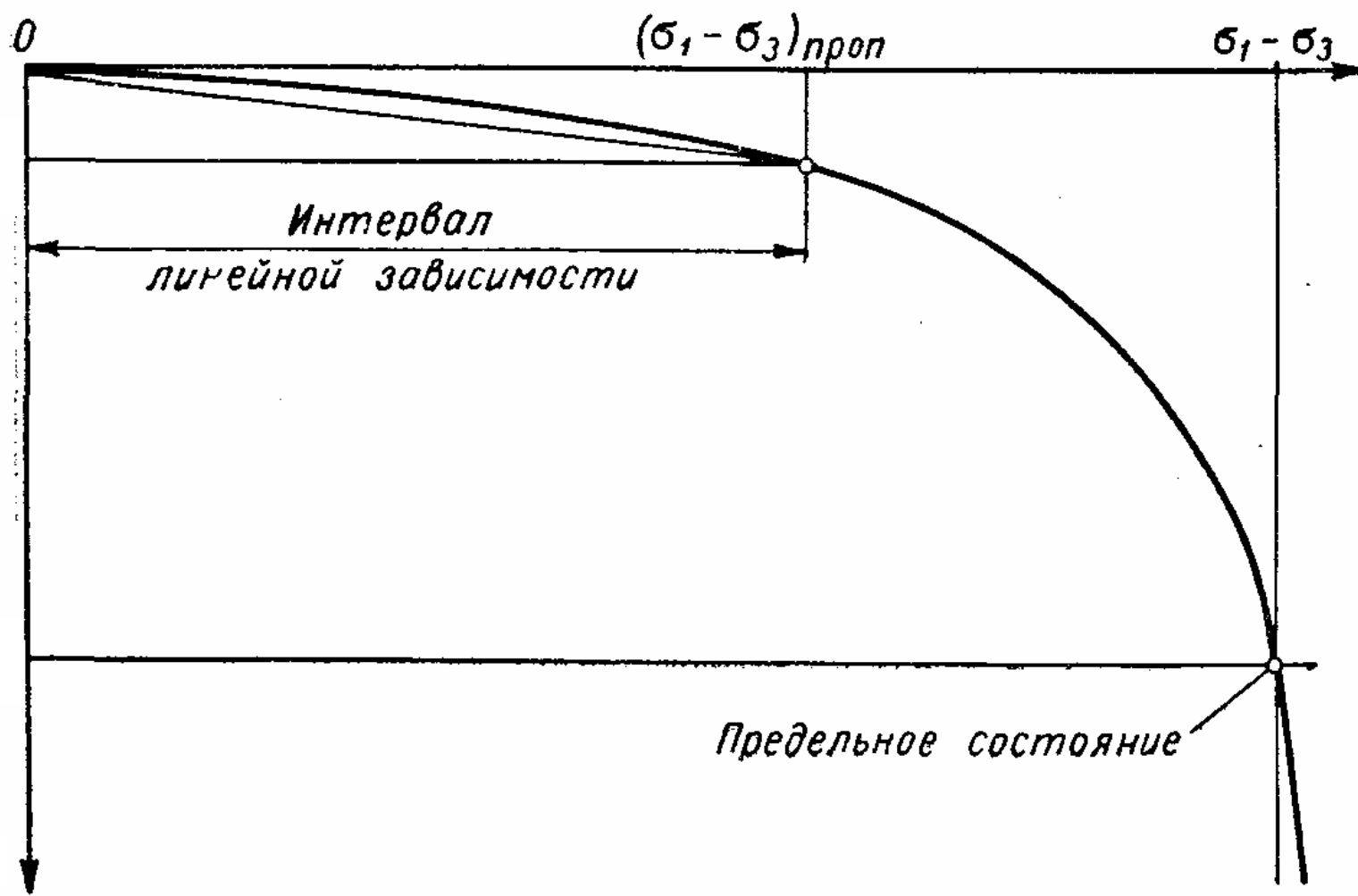
Секущий модуль

$$E_s = \frac{d\sigma'}{d\epsilon}$$

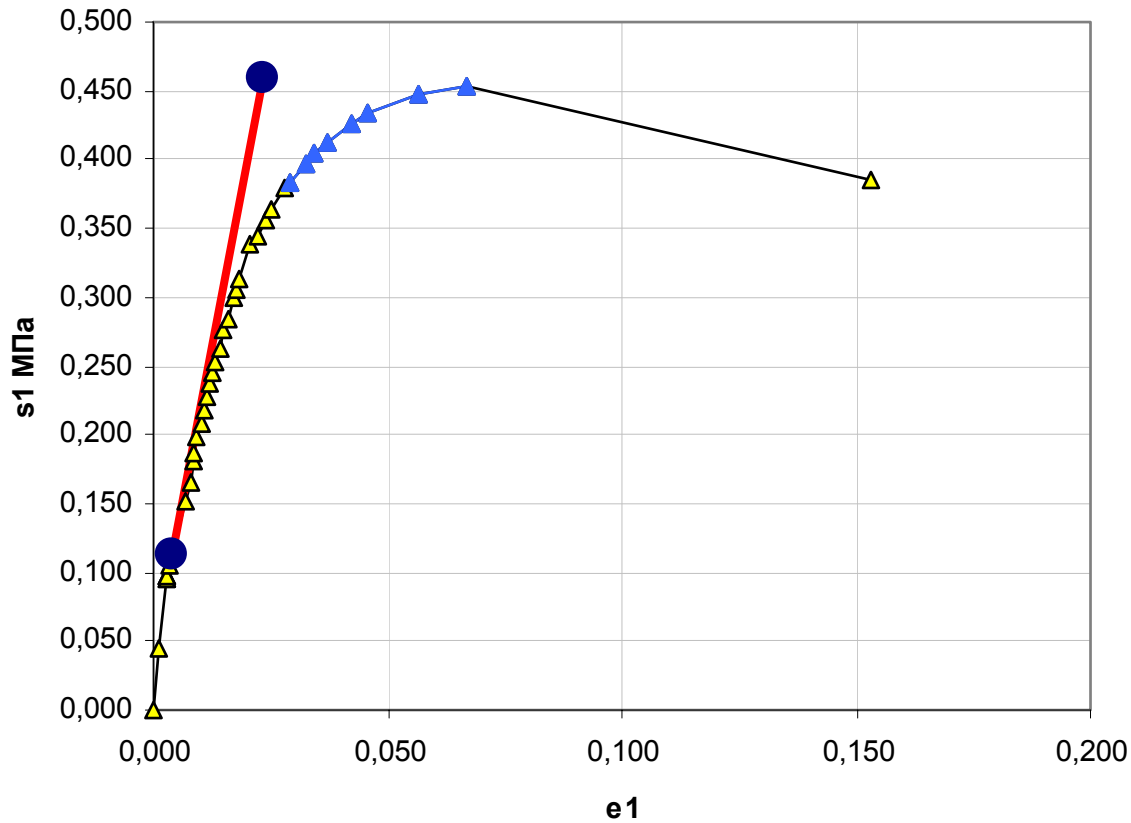
Упругий материал

$$E_t = E_s$$

Метод ГОСТ 12248-96

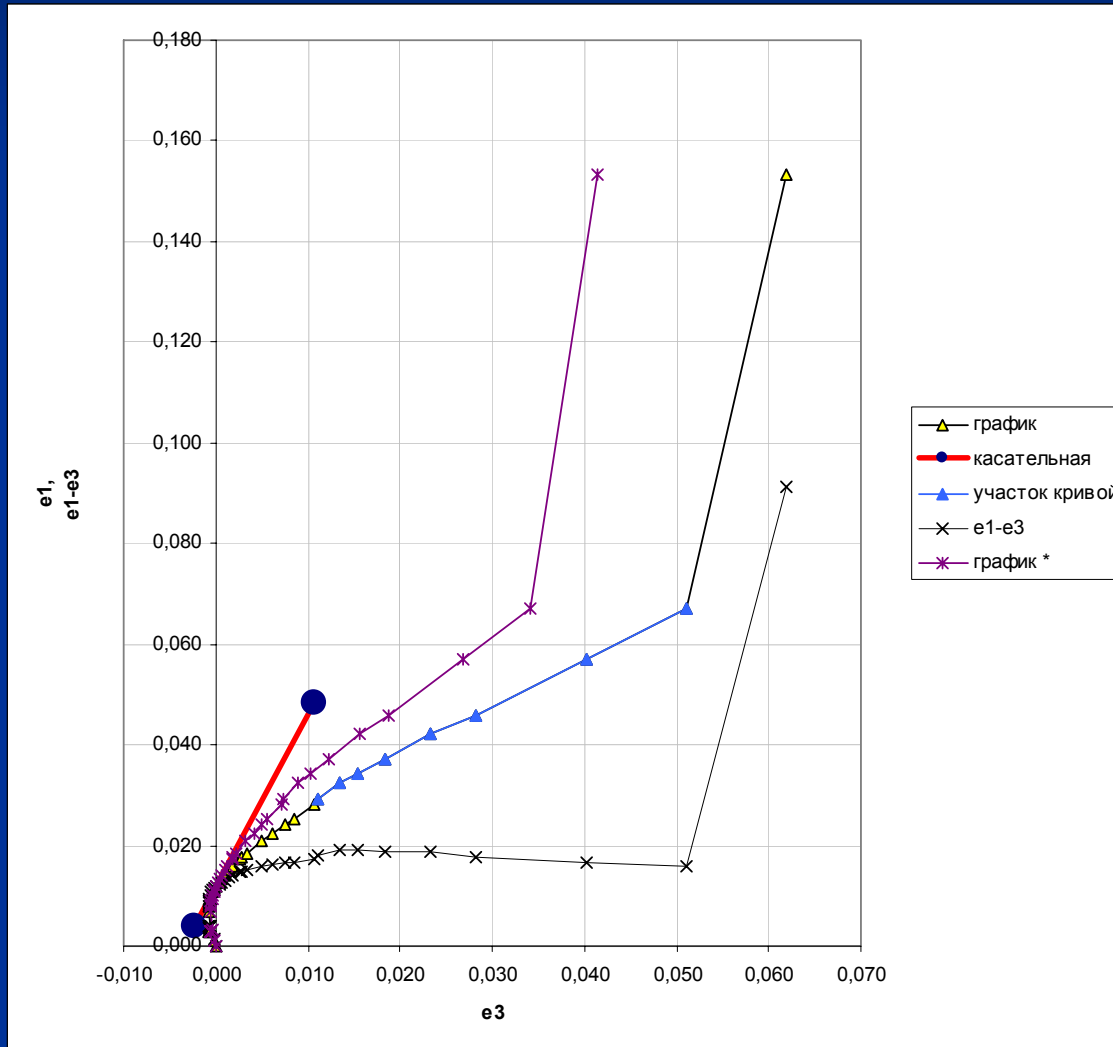


Зависимость σ_1 - ε_1

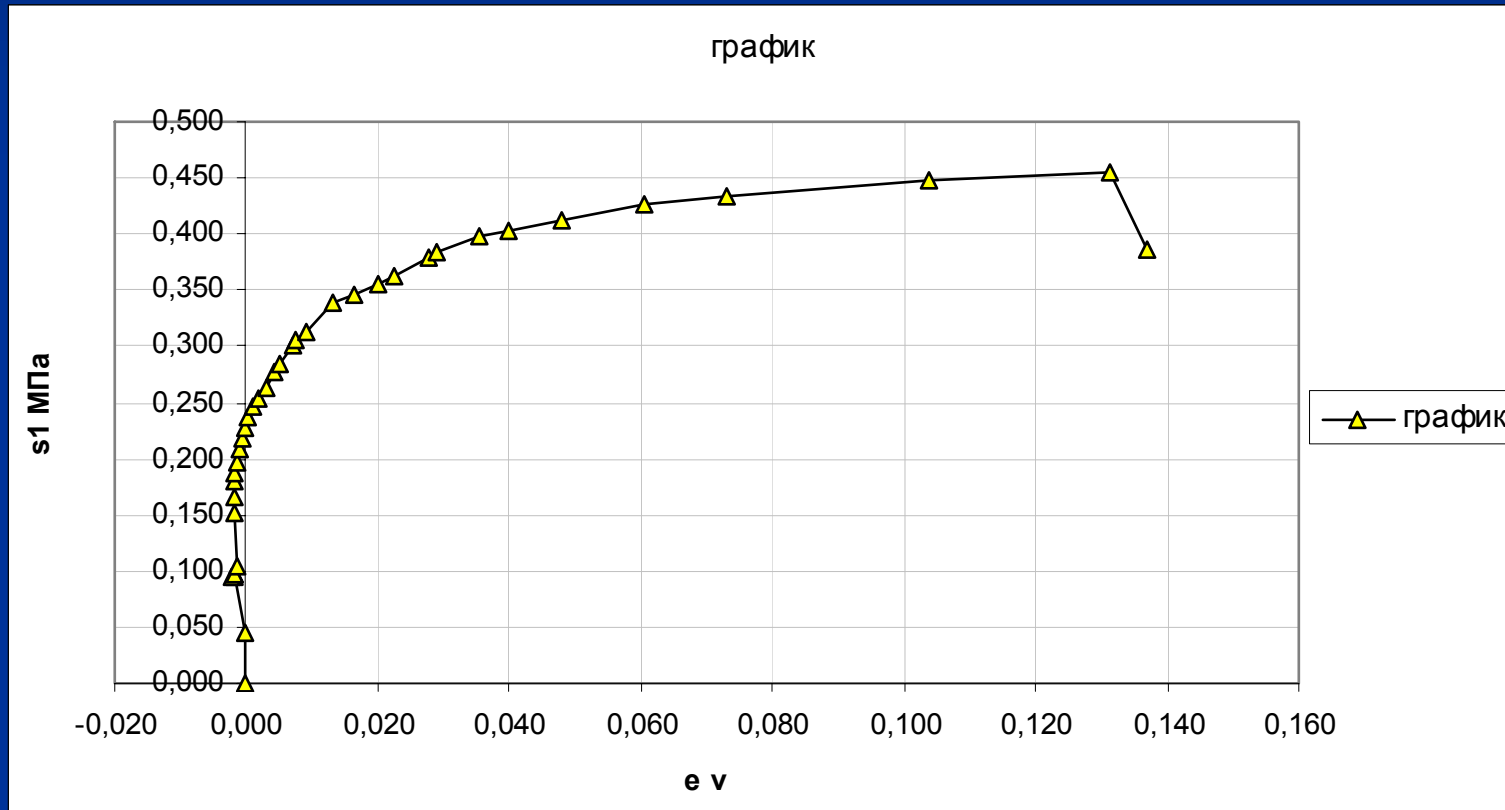


- ▲— график
- касательная
- ▲— участок кривой

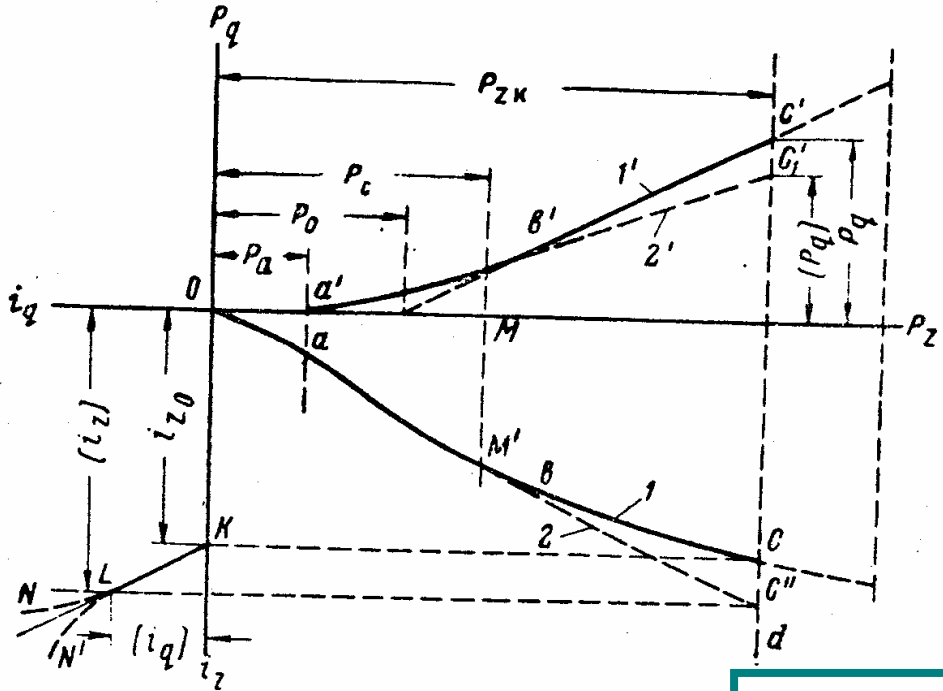
Определение коэффициента Пуассона



Изменение объема при сдвиге



Метод Медкова Е.И.

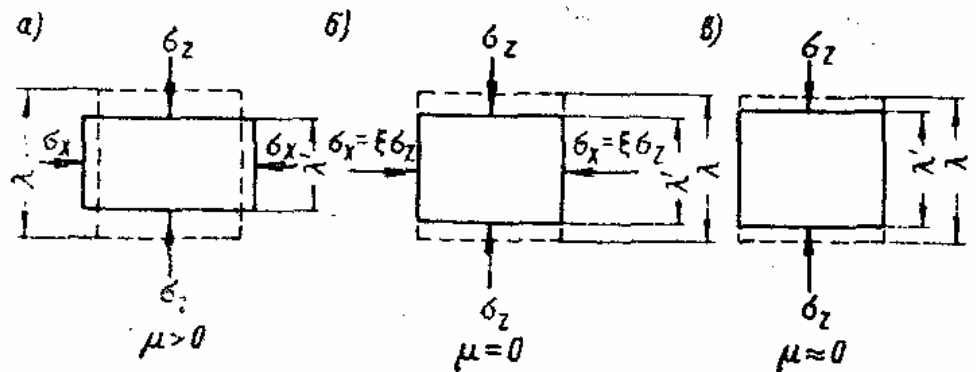


Случаи деформации элементарного объема грунта:

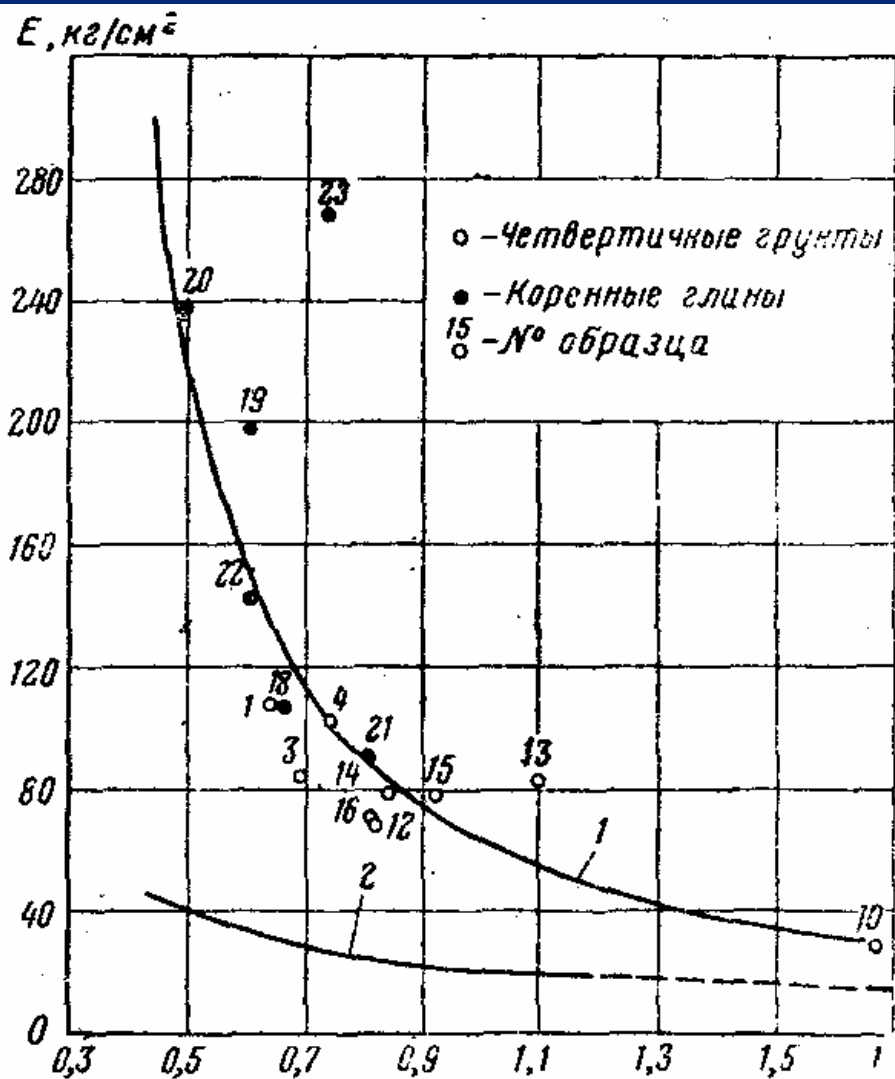
а – при ограниченном боковом расширении;

б – при невозможности бокового расширения;

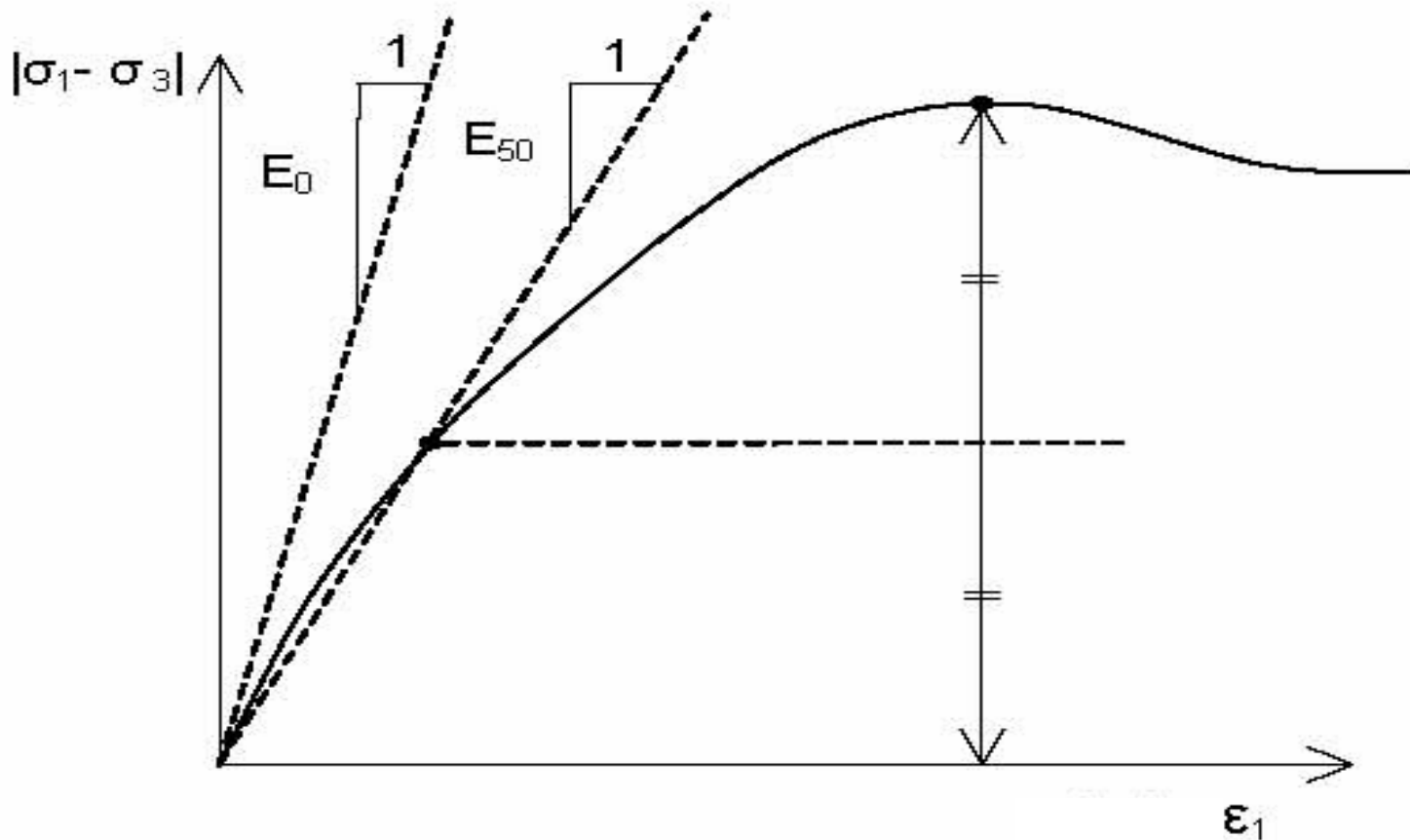
в – при отсутствии бокового расширения в связных грунтах



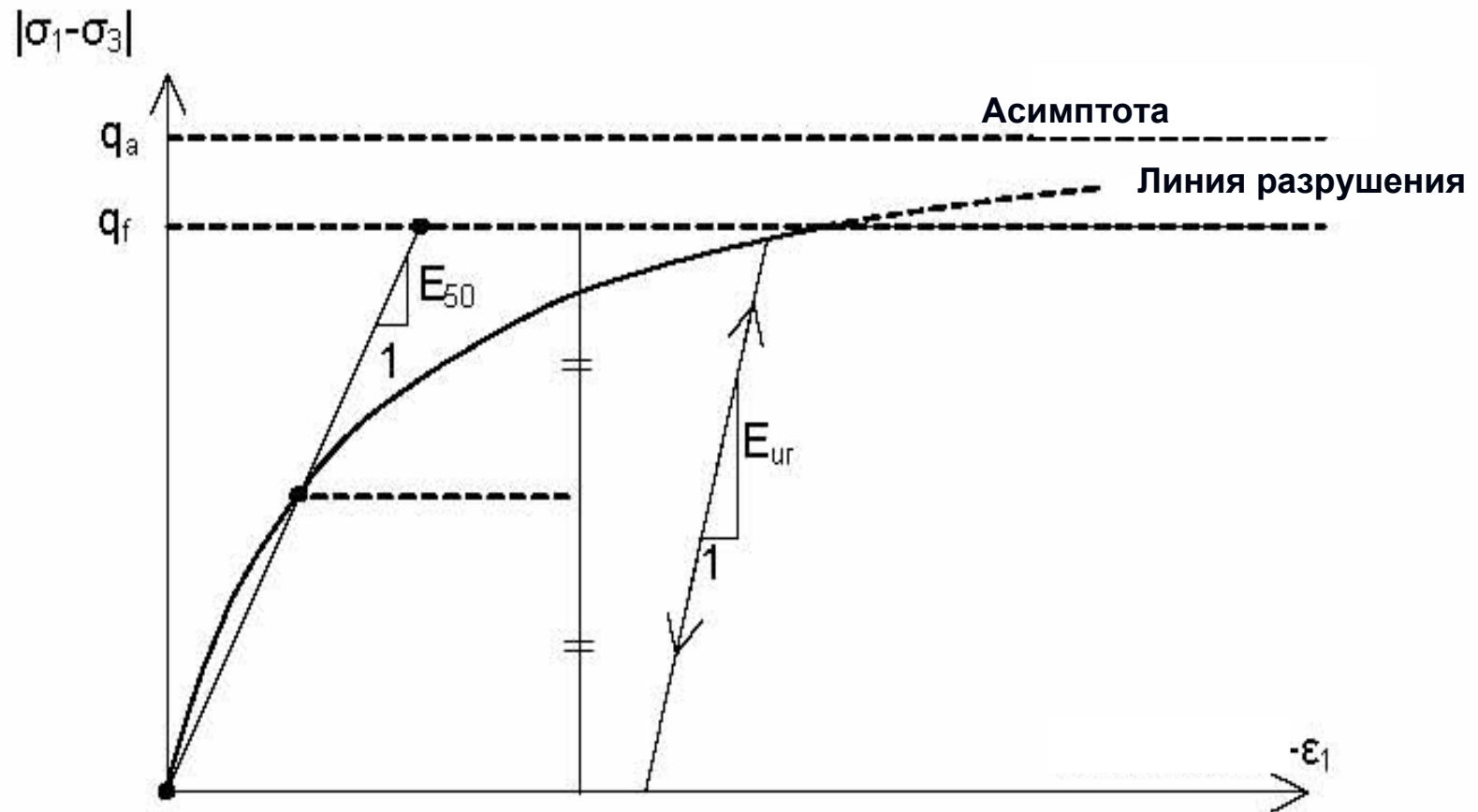
Сравнение полевого и компрессионного модулей деформации



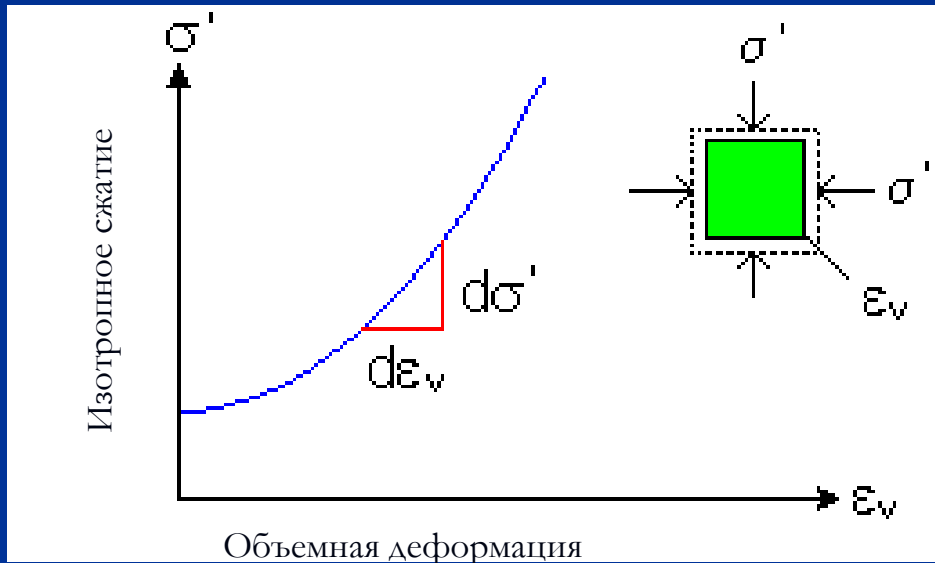
Касательный и секущий модули деформации



Упругий модуль деформации



Модуль объемной деформации

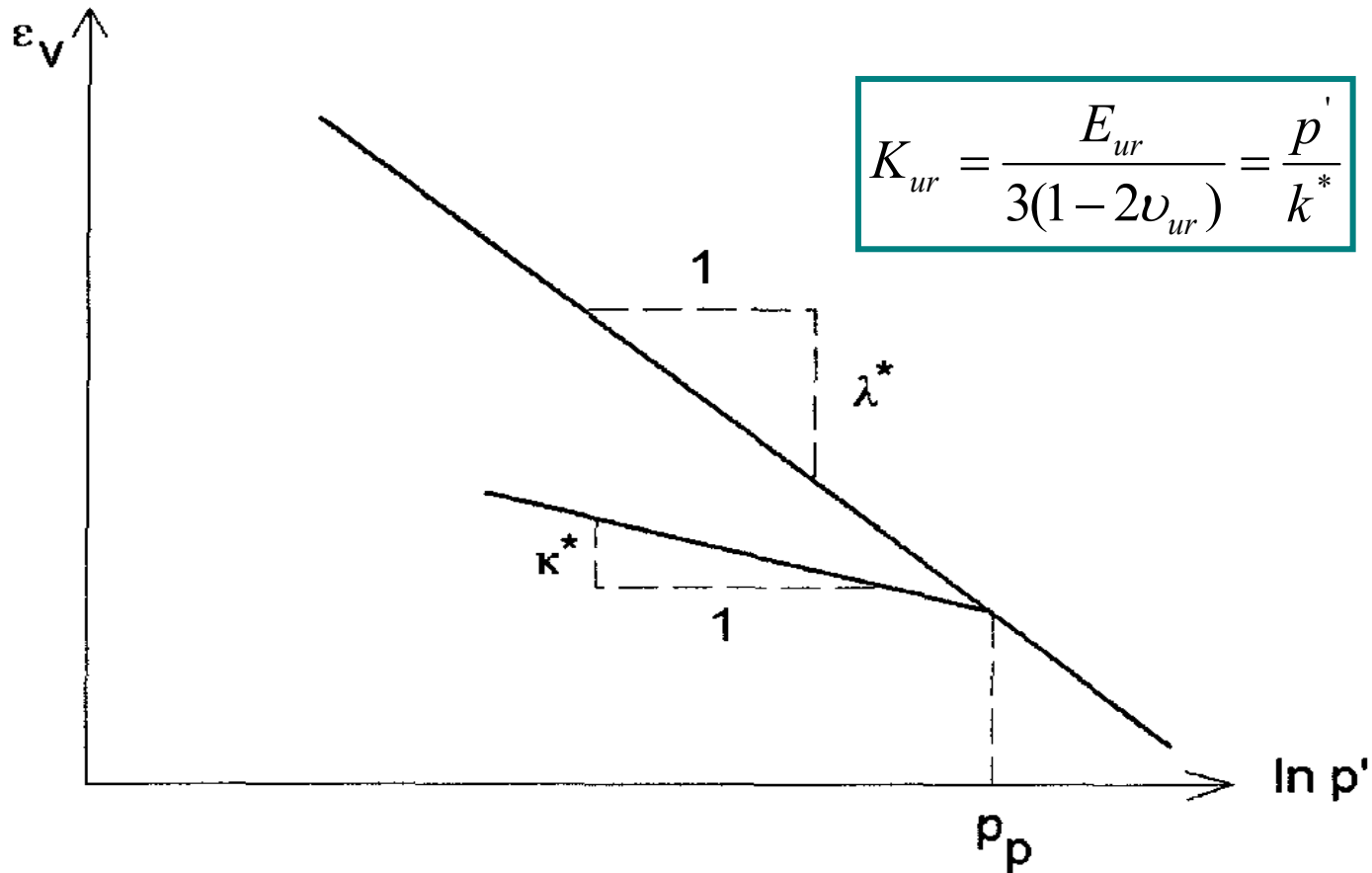


$$K' = \frac{d\sigma'_{cp}}{d\varepsilon'_v}$$

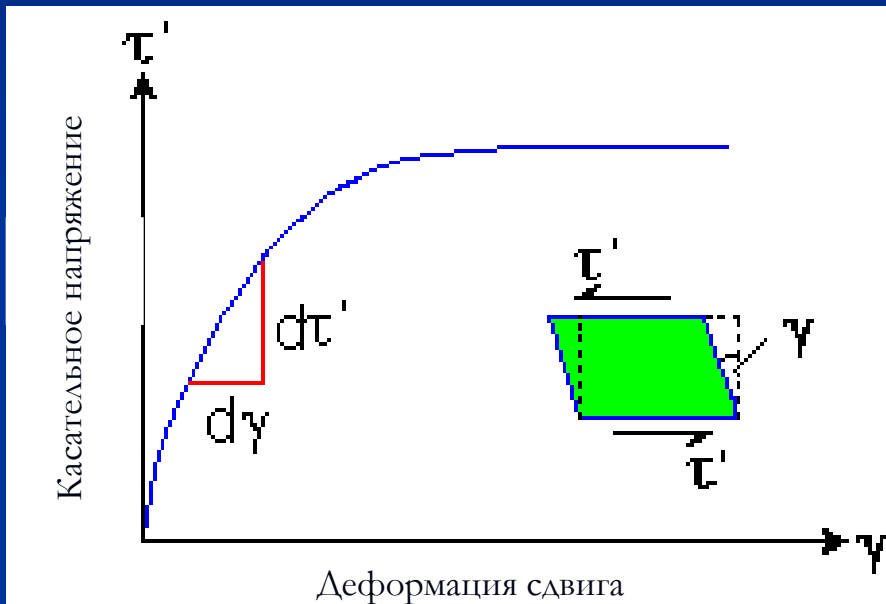
Среднее напряжение

$$\sigma_{cp} = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$$

Упругий объемный модуль



Модуль сдвига



Модуль сдвига

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

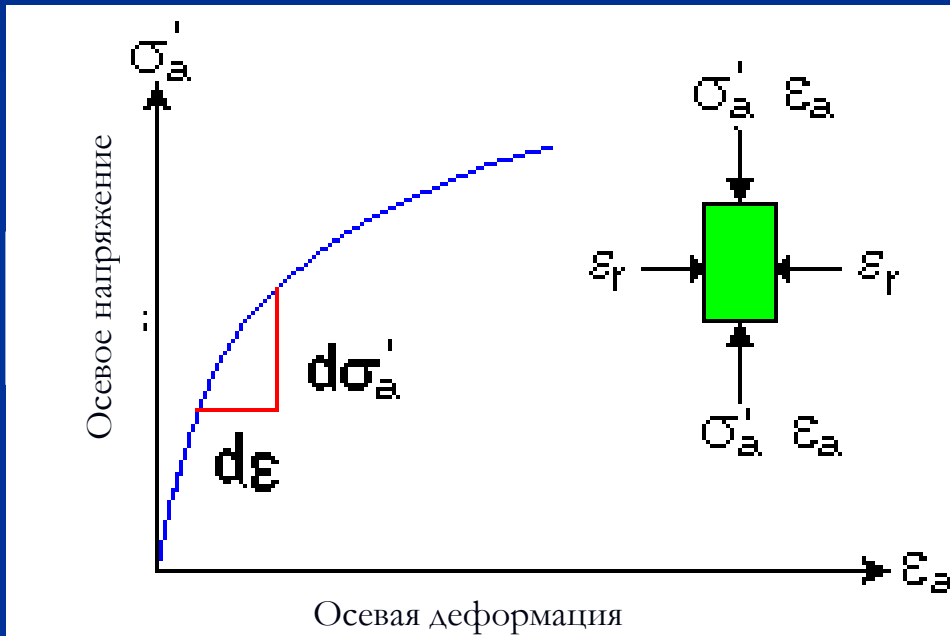
Модуль объемной деформации

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)}$$

ν

Коэффициент Пуассона

Модуль деформации и коэффициент Пуассона при одноосном сжатии



Модуль деформации

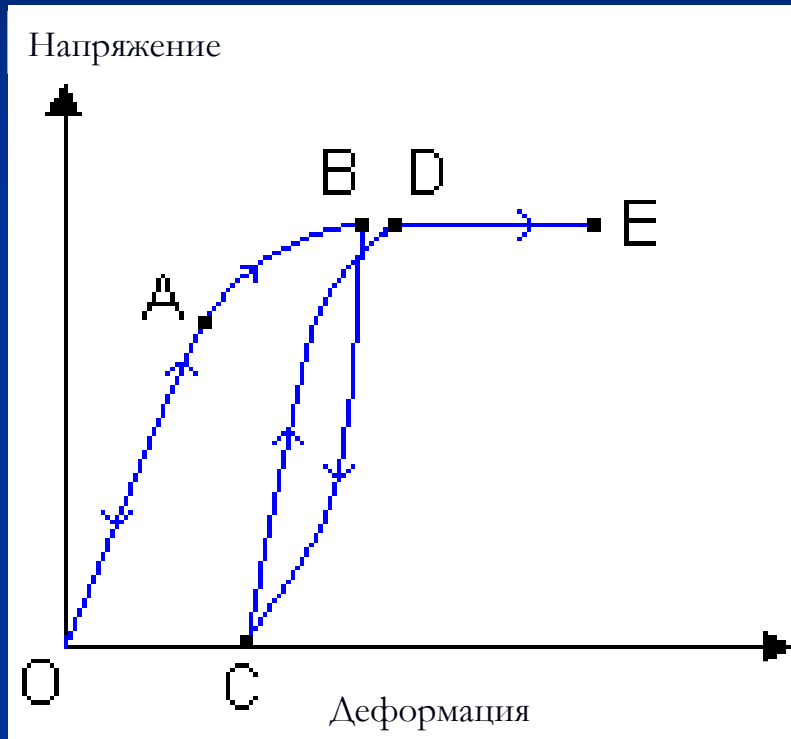
$$E = \frac{d\sigma'}{d\epsilon}$$

Коэффициент Пуассона

$$\nu = \frac{d\epsilon_r}{d\epsilon_a}$$

Для несжимаемого материала $\epsilon_v = 0$ и коэффициент Пуассона, $\nu = 0,5$

Неупругое поведение

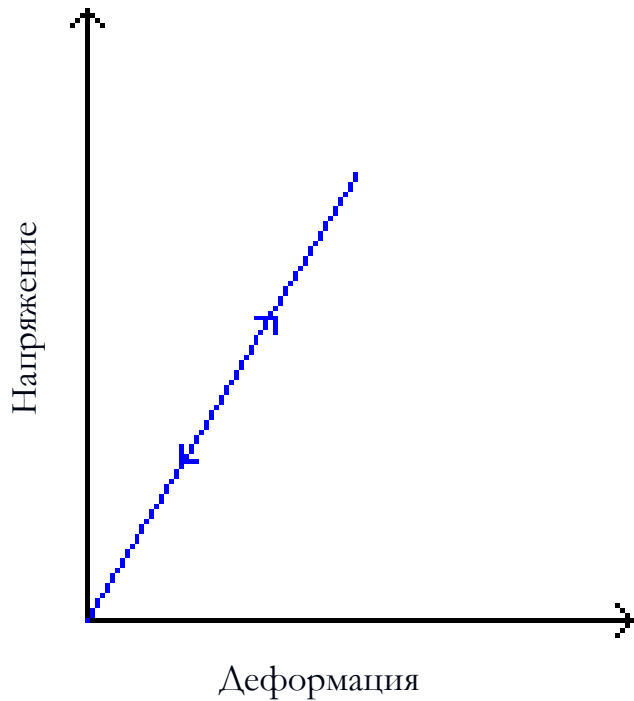


- OA: линейно-упругое и обратимое
- ABC: нелинейное и необратимое
- BDC: обратимое с гистерезисом
- DE: непрерывный сдвиг

Теории, применяемые для описания зависимости «напряжение-деформация»

- Теория упругости
- Теория идеально пластического тела
- Теория упруго-пластических деформаций

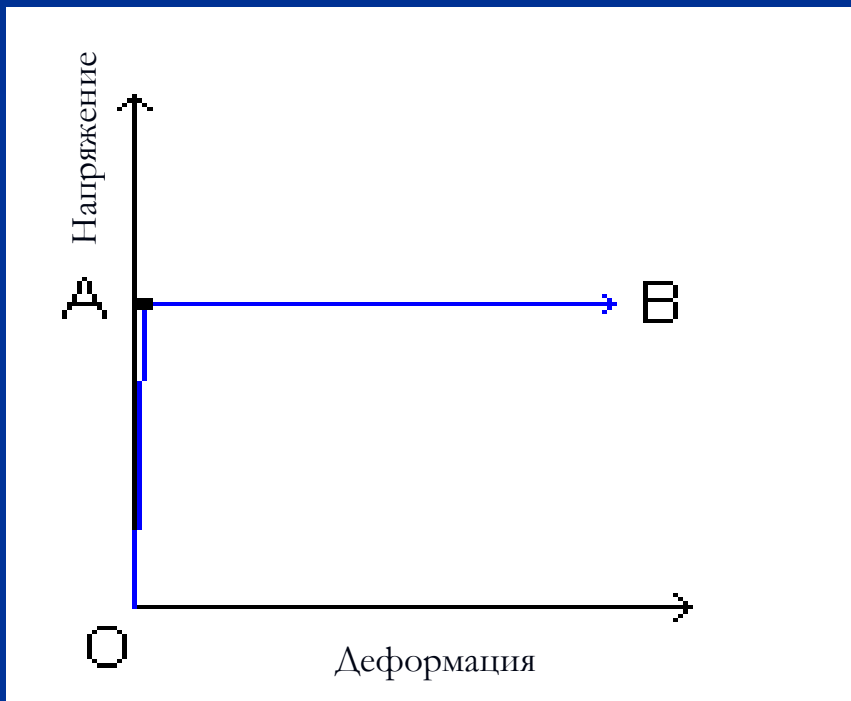
Теория упругости



Упругие характеристики

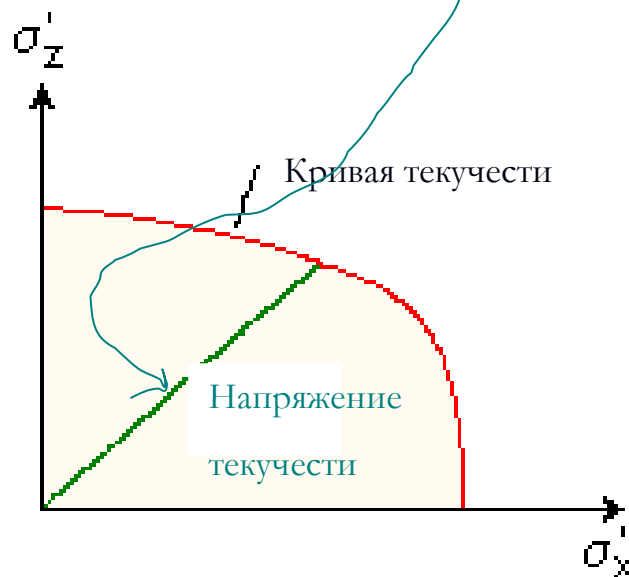
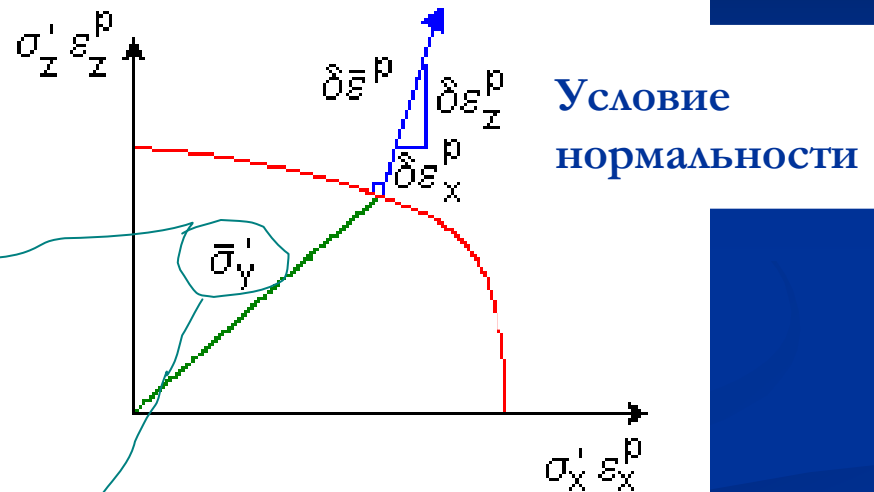
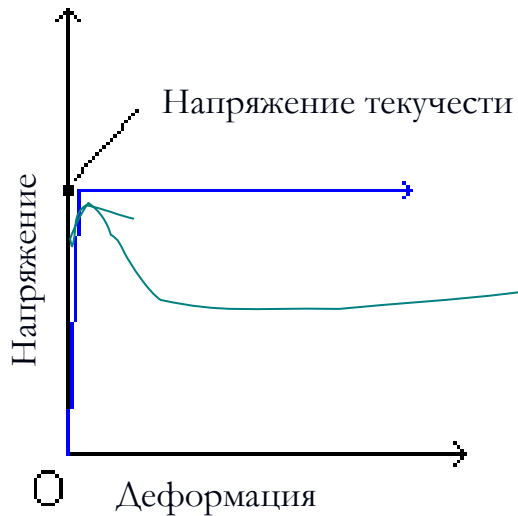
1. Модуль сдвига
2. Объемный модуль
3. Модуль деформации
4. Коэффициент Пуассона

Жестко пластическое тело

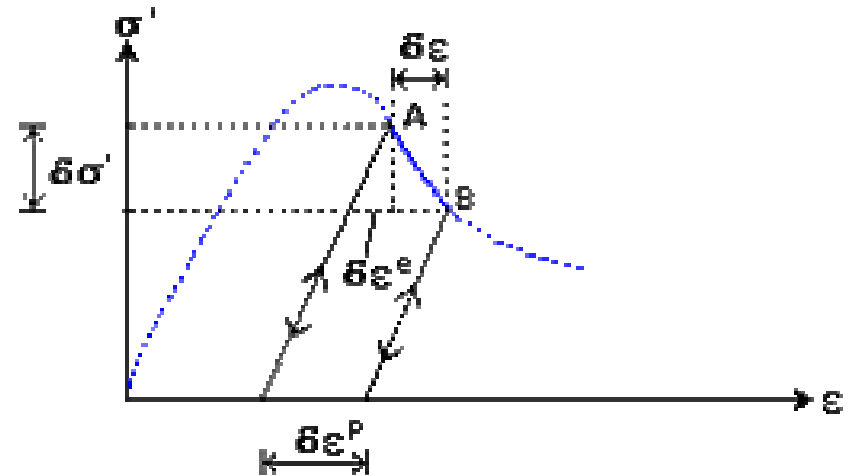
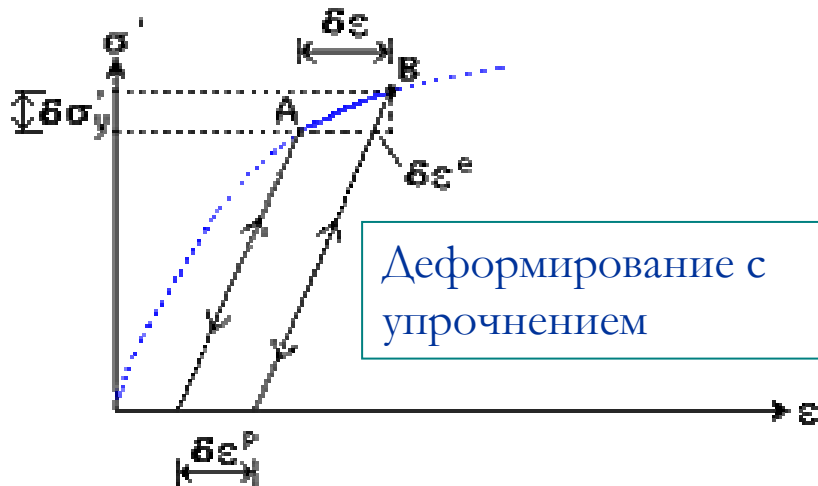


OA — жесткое (нет деформации)
 AB — пластическая деформация
(неограниченная)

Текучесть и нормальность



Модели упруго-пластического поведения



Упругое с идеальной пластичностью

Уровень деформации

- 1) Деформации возникающие в основании фундаментов обычно малы, менее чем 0,5%
- 2) Нелинейное поведение грунта возникает при деформациях менее чем 1%
- 3) Модуль деформации определенный динамическим методом при уровне деформации около 0,001% соответствует упругому поведению грунта

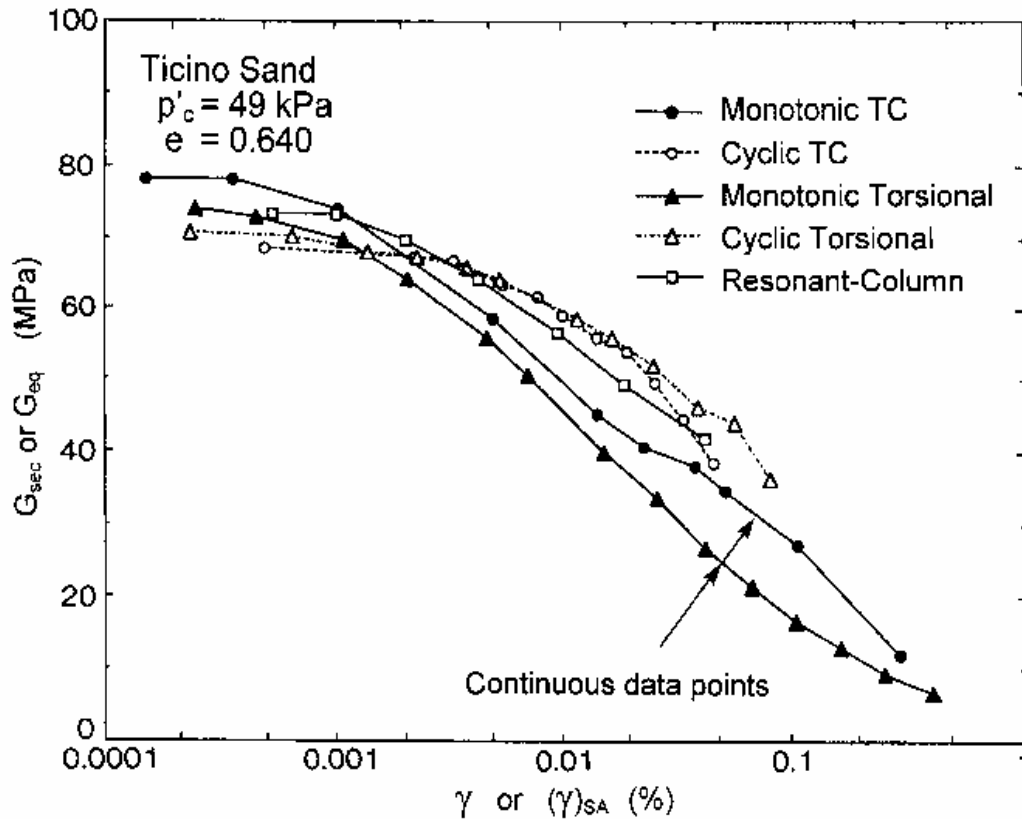
Вопросы?

- 1) Упругие характеристики грунта могут быть определены **только динамическим методом?**
- 2. **Различны** ли значения упругих характеристик грунта, определенные статическим и динамическим методами?

Какие методы следует использовать для определения упругих характеристик?

- 1. Метод статического нагружения –
монотонный или циклический
- 2. Динамический метод –
распространение упругой волны

Сравнение методов определения МОДУЛЯ СДВИГА



Модуль сдвига при деформациях менее 0,001% практически один и тот же при динамическом и статическом (монотонное или циклическое) нагружение

ВЫВОДЫ

- 1) Упругие характеристики грунта могут быть определены статическим методом при небольших уровнях деформации, менее чем 0,001%
- 2. Упругие модули определенные статическим или динамическим методом дают одинаковые результаты для крупнозернистых грунтов (Tatsuoka, Hardin (1978) and Woods (1991))
- 3. Динамический метод дает отличные от статического метода значения для крупнообломочных грунтов и трещиноватых скальных пород