

Лекция 3

# Механические свойства грунтов

# Основные законы механики грунтов

- Закон уплотнения (закон компрессии);
- Закон сопротивления грунта сдвигу;
- Закон фильтрации поровой воды в грунте

Механическими называются те свойства грунтов, которые характеризуют их поведение под нагрузкой

**Все механические характеристики грунта делятся на 3 группы:**

**1) для оценки деформационных свойств грунта**

$m_0$  – коэффициент сжимаемости основания, 1/МПа

$m_v$  – приведённый коэффициент сжимаемости основания.

$E_0$  – модуль общей деформации, МПа

**2) для оценки прочностных свойств грунтов.**

$\varphi$  – угол внутреннего трения (град.)

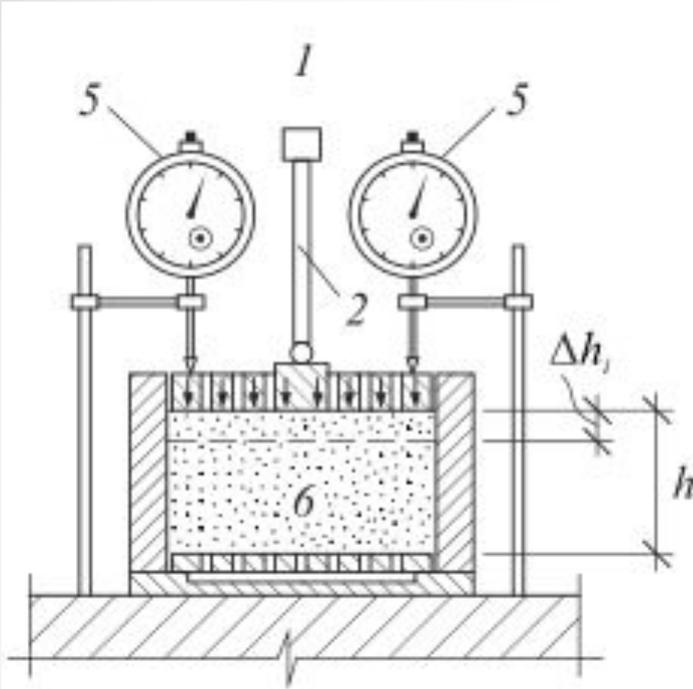
$c$  – удельное сцепление, кПа, МПа

**3) для оценки фильтрационных свойств грунта**

$k_f$  – коэффициент фильтрации, м/сут.

$I$  – гидравлический градиент

# 1. Компрессионные свойства грунтов (сжимаемость).



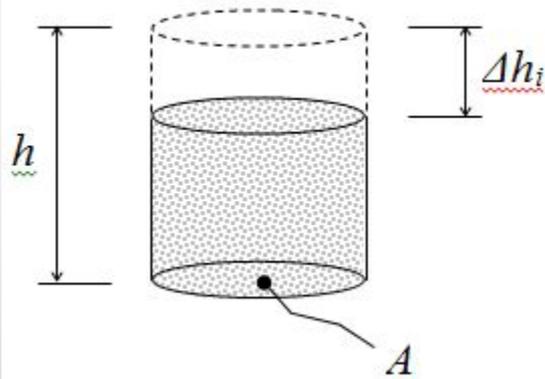
$$\Delta n_i = \Delta h_i A / h A = \Delta h_i / h, \quad m = 1 / (1 + e_o),$$

$$\Delta h_i = s_i$$

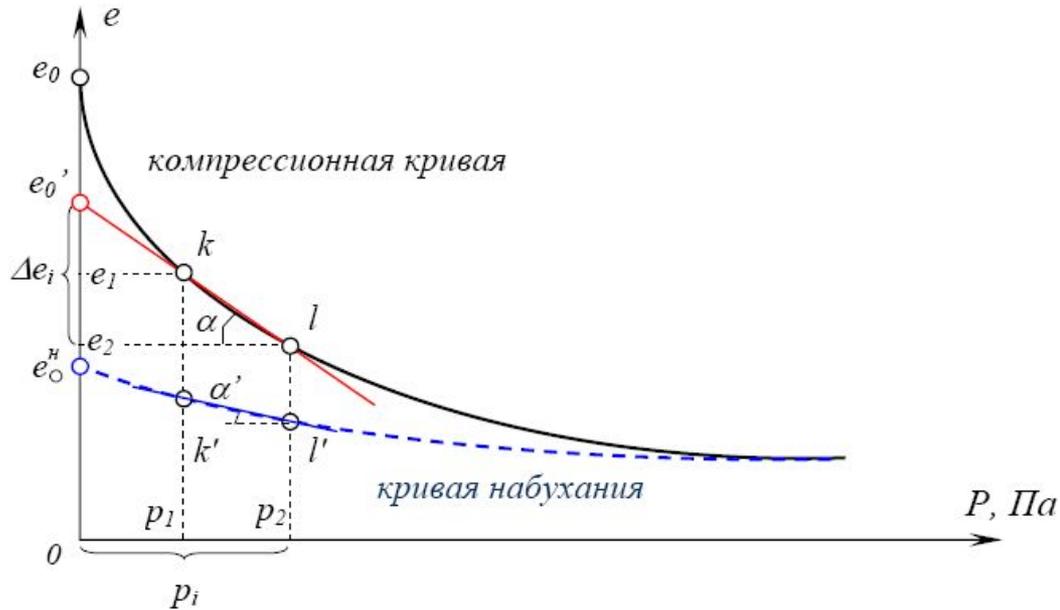
$$\Delta e_i = \Delta n_i / m = (1 + e_o) s_i / h.$$

$$\Delta e_i = e_o - e_i$$

$$e_i = e_o - (1 + e_o) s_i / h$$



# Компрессионная зависимость



## Закон уплотнения грунтов

$$\Delta e_i = m_o \Delta p$$

$$de = C_k dp/p$$

$C_k$  – константа кривой

$$\operatorname{tg} \alpha = m_o = (e_1 - e_2) / (p_2 - p_1) = (e_1 - e_2) / p$$

$$e_i = e_0 - p_i \operatorname{tg} \alpha = e_0 - m_o p_i ;$$

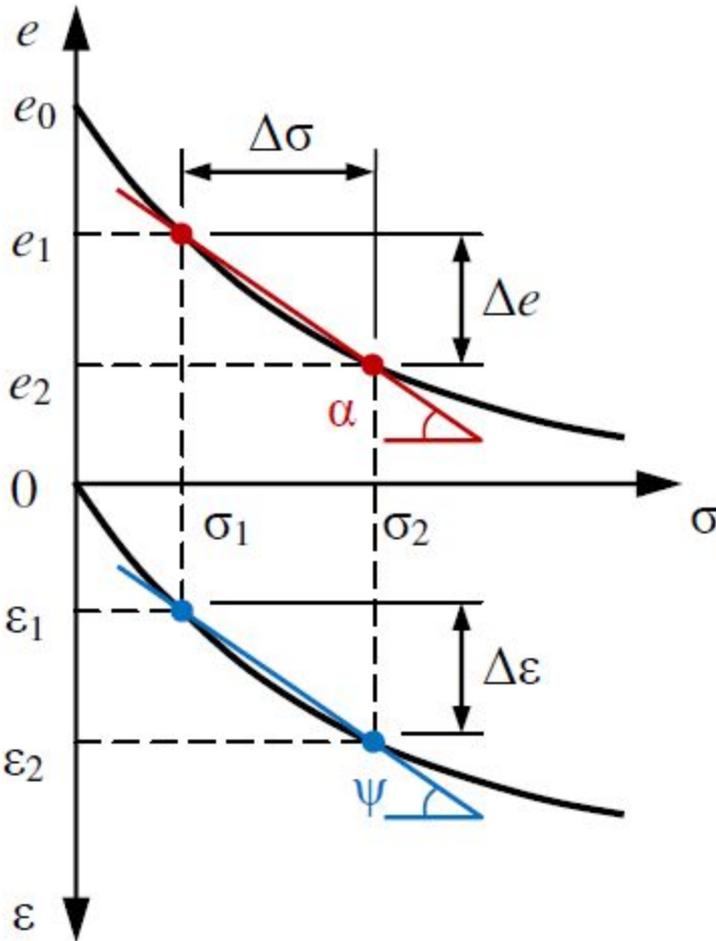
$$e_0 - e_i = m_o p_i = \Delta e_i$$

$$m_o p_i = (1 + e_0) s_i / h$$

$$m_o / (1 + e_0) = s_i / (h p_i) = m_v - \text{коэффициент относительной сжимаемости}$$

$$s = m_v h p - \text{осадка слоя конечной толщины}$$

# Модуль деформации



$$m_V = \operatorname{tg} \psi \quad m_V = \Delta \varepsilon / \Delta \sigma$$

Одометрический модуль деформации

$$E_{\text{oed}} = \Delta \sigma / \Delta \varepsilon = 1 / m_V$$

$$\varepsilon_x = \frac{1}{E} (\sigma_x - \nu (\sigma_y + \sigma_z))$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{E} (\sigma_y - \nu (\sigma_x + \sigma_z))$$

$$\varepsilon_z = \frac{1}{E} (\sigma_z - \nu (\sigma_x + \sigma_y))$$

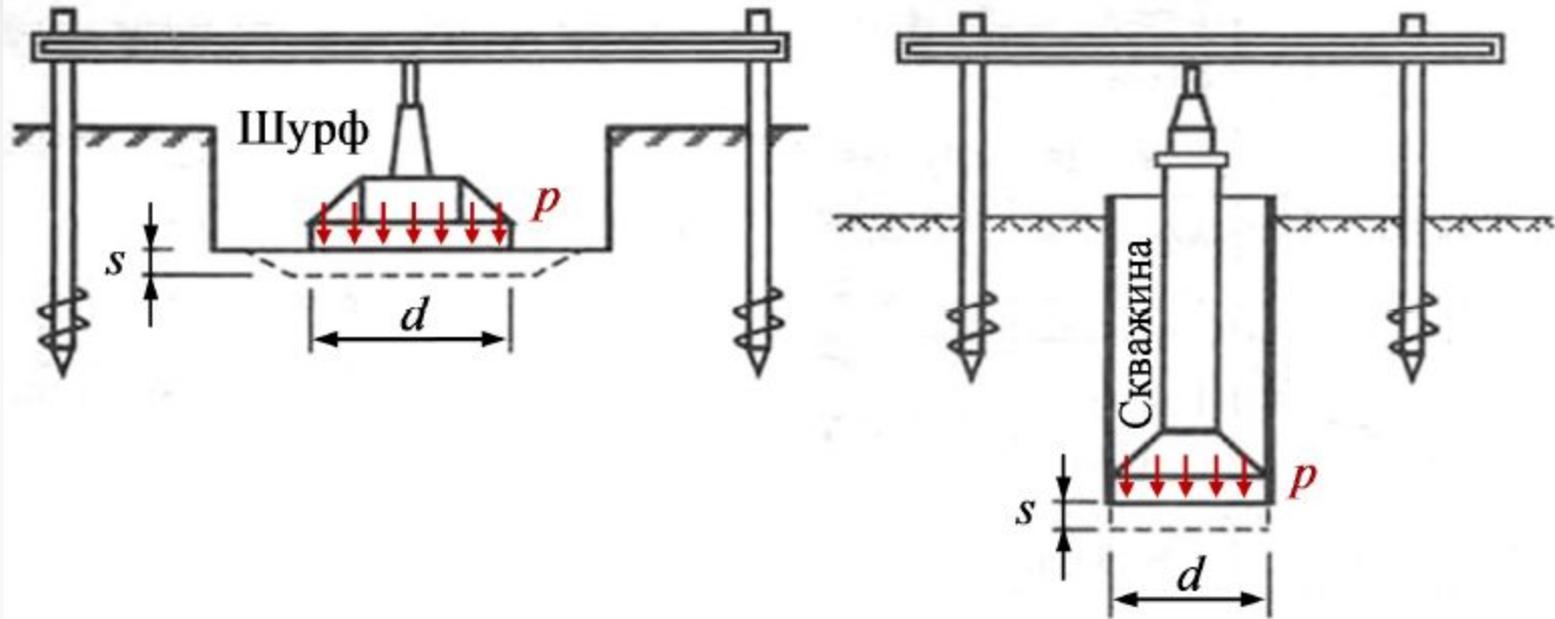
Закон Гука при  
объемном  
напряженном  
состоянии

$$E = \beta E_{\text{oed}} = \beta / m_V$$

$$\beta = 1 - [2\nu^2 / (1 - \nu)]$$

•  $\beta$  – коэффициент, учитывающий отсутствие поперечного расширения грунта в компрессионном приборе •

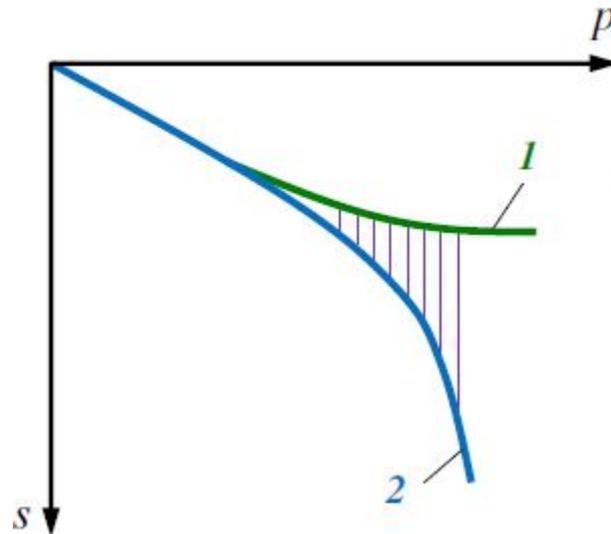
# Модуль деформации



$$s = \frac{p\omega d(1 - \nu^2)}{E}$$

$$E = \frac{\Delta p\omega d(1 - \nu^2)}{\Delta s}$$

Формула Ф. Шлейхера.  
 $\omega=0,78$  – для круглых,  
 $\omega=0,88$  – для квадратных

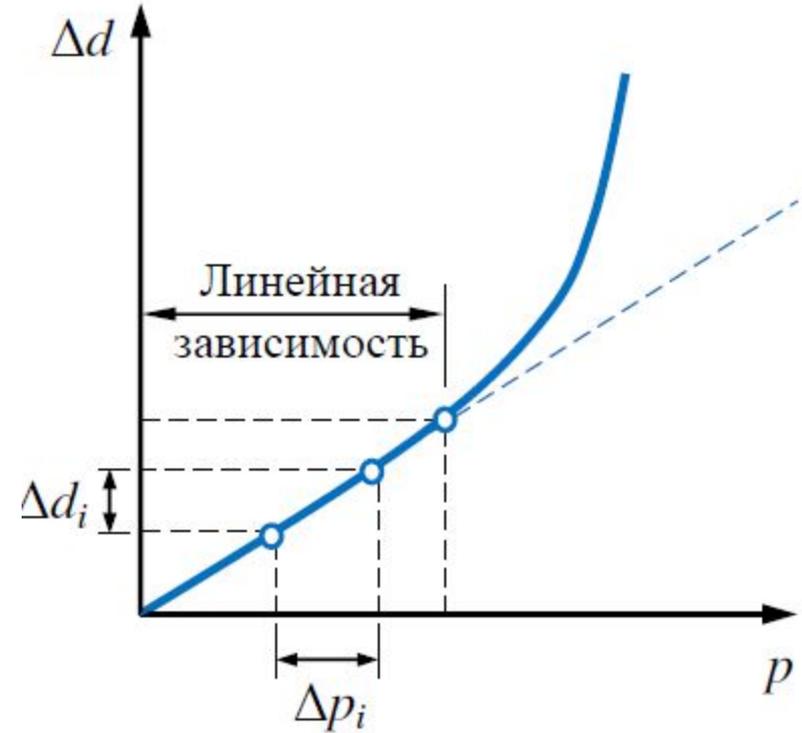
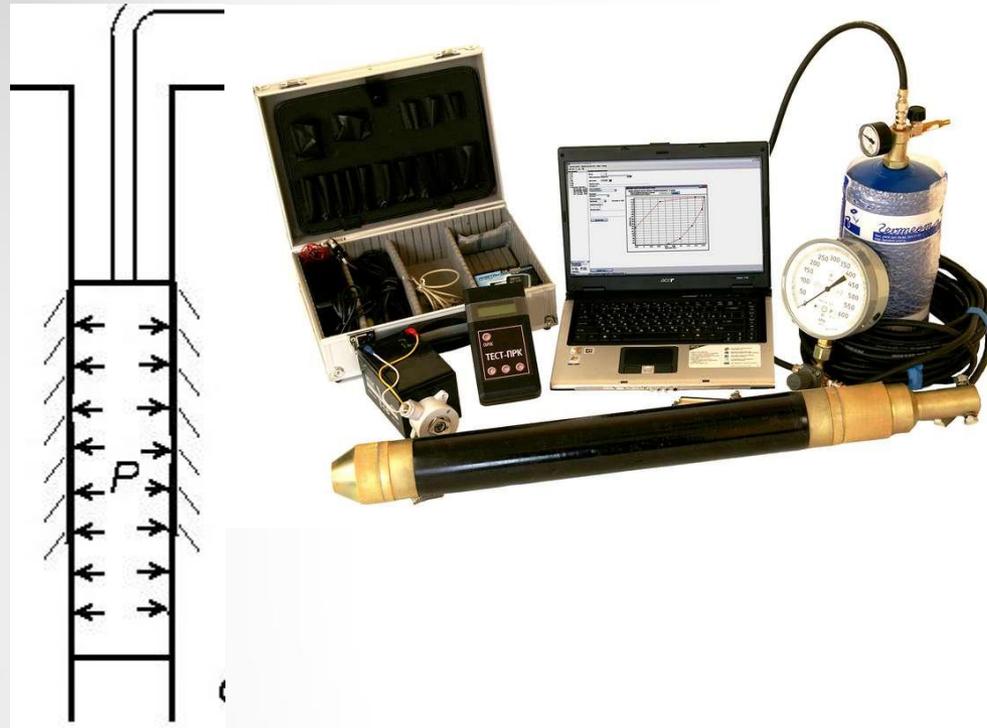


1 – компрессионный прибор  
 2 – полевые испытания

# Модуль деформации. Испытание штампом



# Модуль деформации. Испытание прессиометром



$$E = \frac{\Delta p d (1 + \nu)}{\Delta d}$$

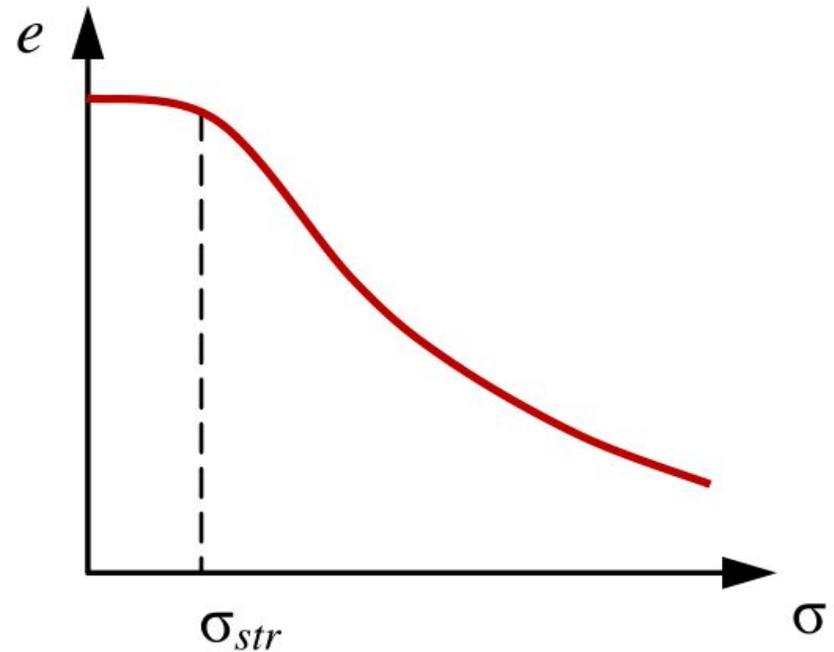
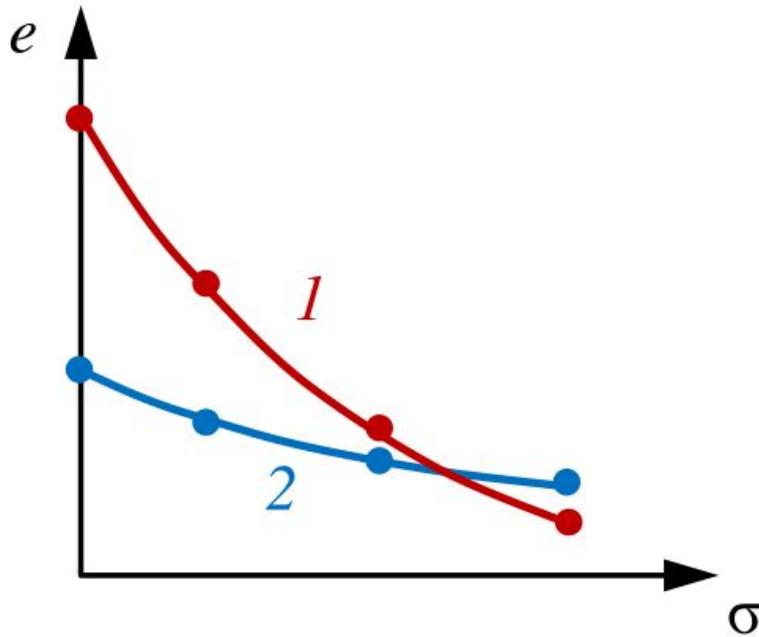
$\Delta d$  – приращение диаметра скважины

$\Delta p$  – приращение давления

# Классификация по сжимаемости

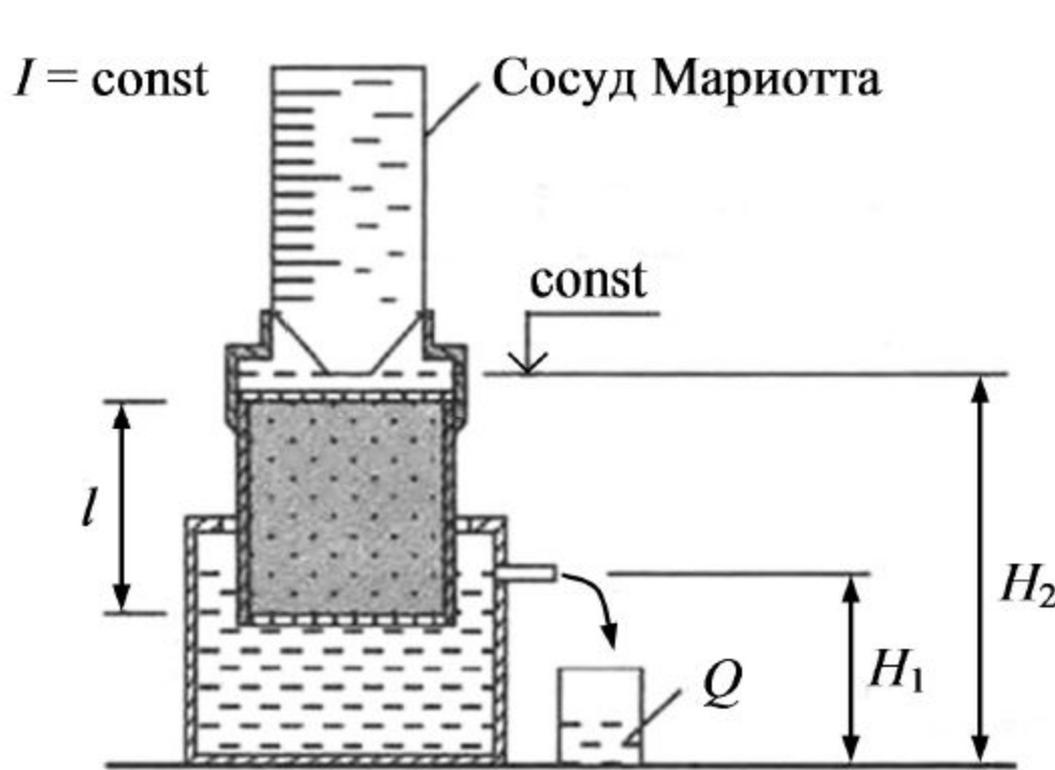
Разновидность грунтов	Модуль деформации, МПа
Очень сильнодеформируемые	$E \leq 5$
Сильнодеформируемые	$5 < E \leq 10$
Среднедеформируемые	$10 < E \leq 50$
Слабдеформируемые	$E > 50$

# Структурная прочность грунтов



Процесс уплотнения грунтов начинается при  $\sigma > \sigma_{str}$

# Водопроницаемость грунтов



$$I = \frac{H_2 - H_1}{l}$$

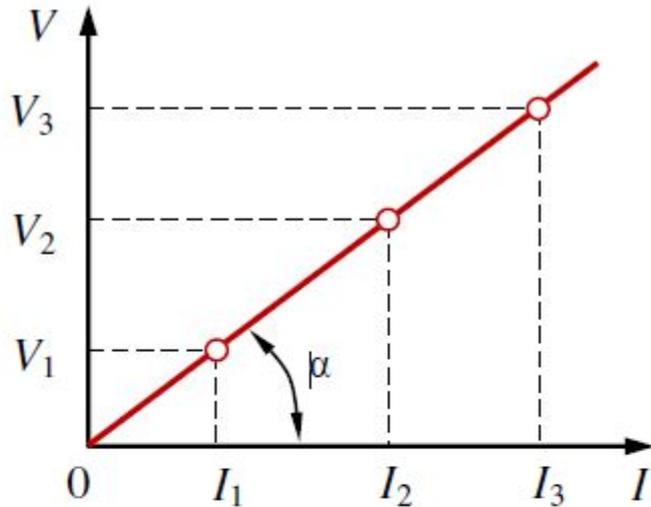
$$V_f = \frac{Q}{A t}$$

$$Q = A I t k_f \quad \text{Закон Дарси}$$

$$V_f = k_f I$$

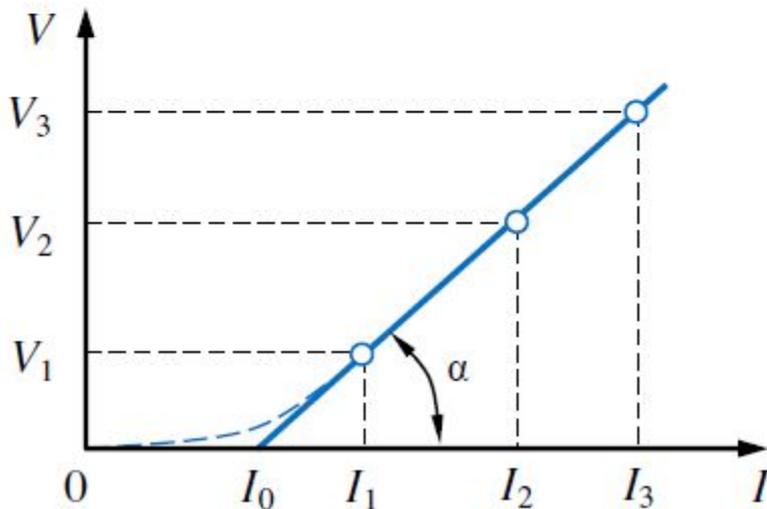
$k_f = V_f$  при  $I = 1$  коэффициент фильтрации грунтов

# Водопроницаемость грунтов



Закон фильтрации для  
песчаных грунтов

$$V_f = k_f I$$



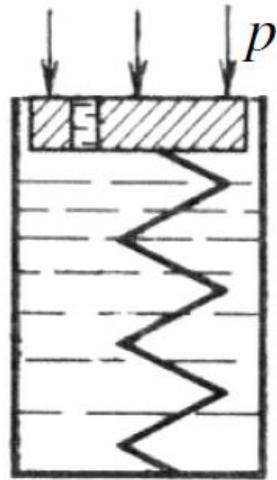
Закон фильтрации для  
глинистых грунтов

$$V_f = k_f (I - I_0)$$

$I_0$  – начальный градиент

# Эффективные и нейтральные напряжения

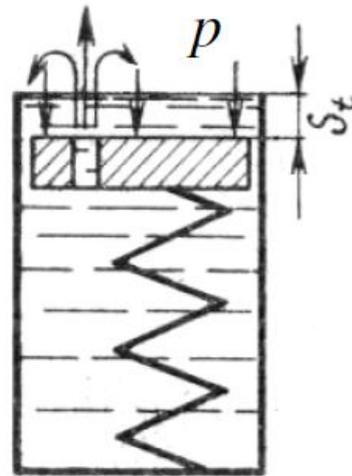
Модель  
полностью  
водонасы-  
щенного грунта



$$t = 0$$

$$\sigma' = 0$$

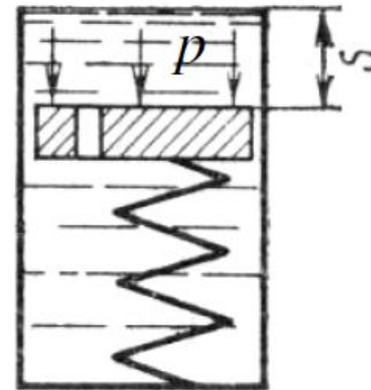
$$u = p$$



$$t$$

$$\sigma' > 0$$

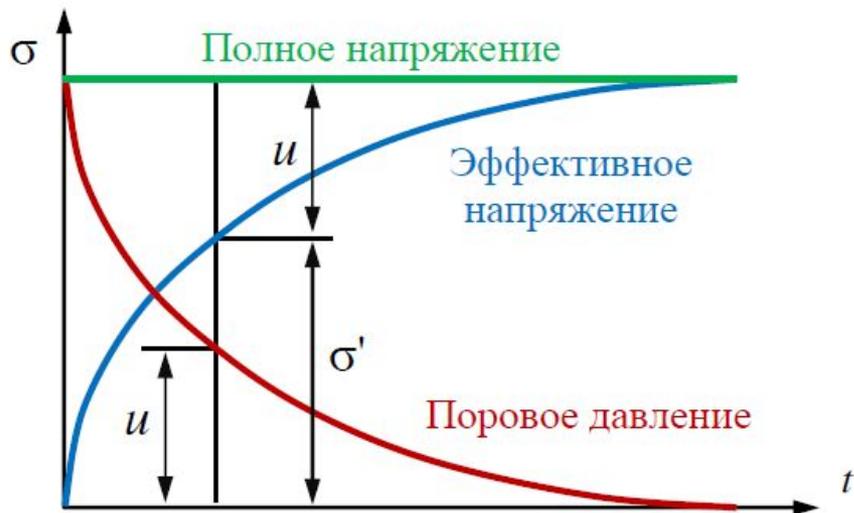
$$u > 0$$



$$t = \infty$$

$$\sigma' = p$$

$$u = 0$$



$\sigma$  - полное (тотальное) напряжение  
 $\sigma'$  - эффективное напряжение  
 $u$  - поровое давление

Полное напряжение в  
водонасыщенном грунте

$$\sigma = \sigma' + u$$