

Лекция 4

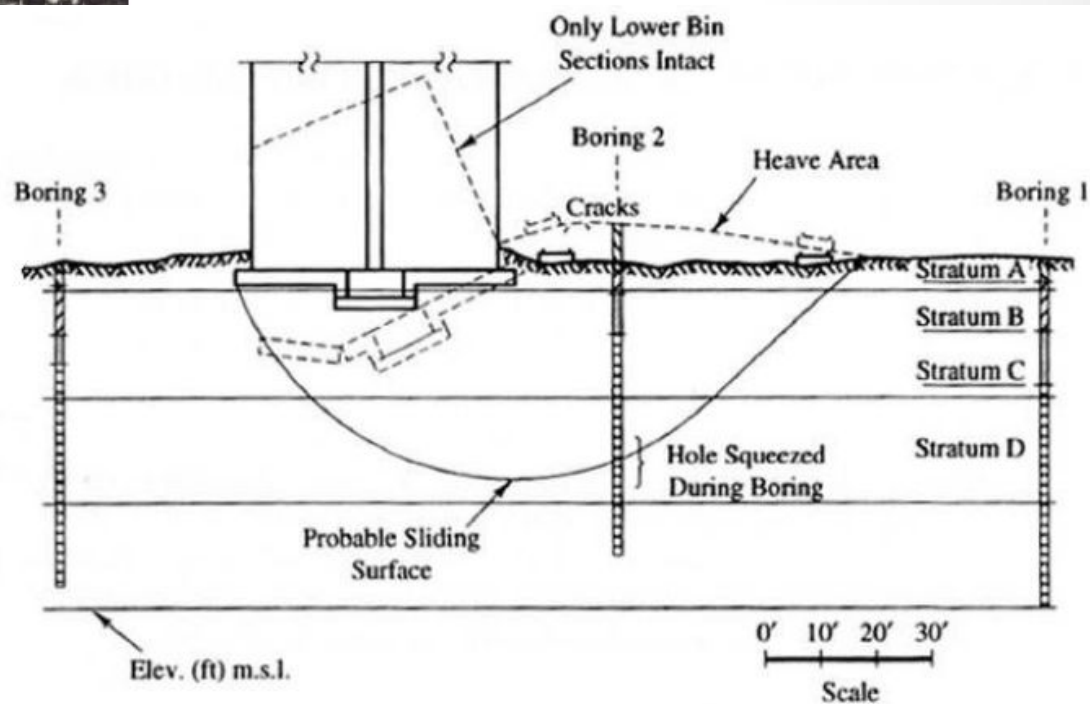
# Закон сопротивления грунта сдвигу

# Потеря несущей способности основания

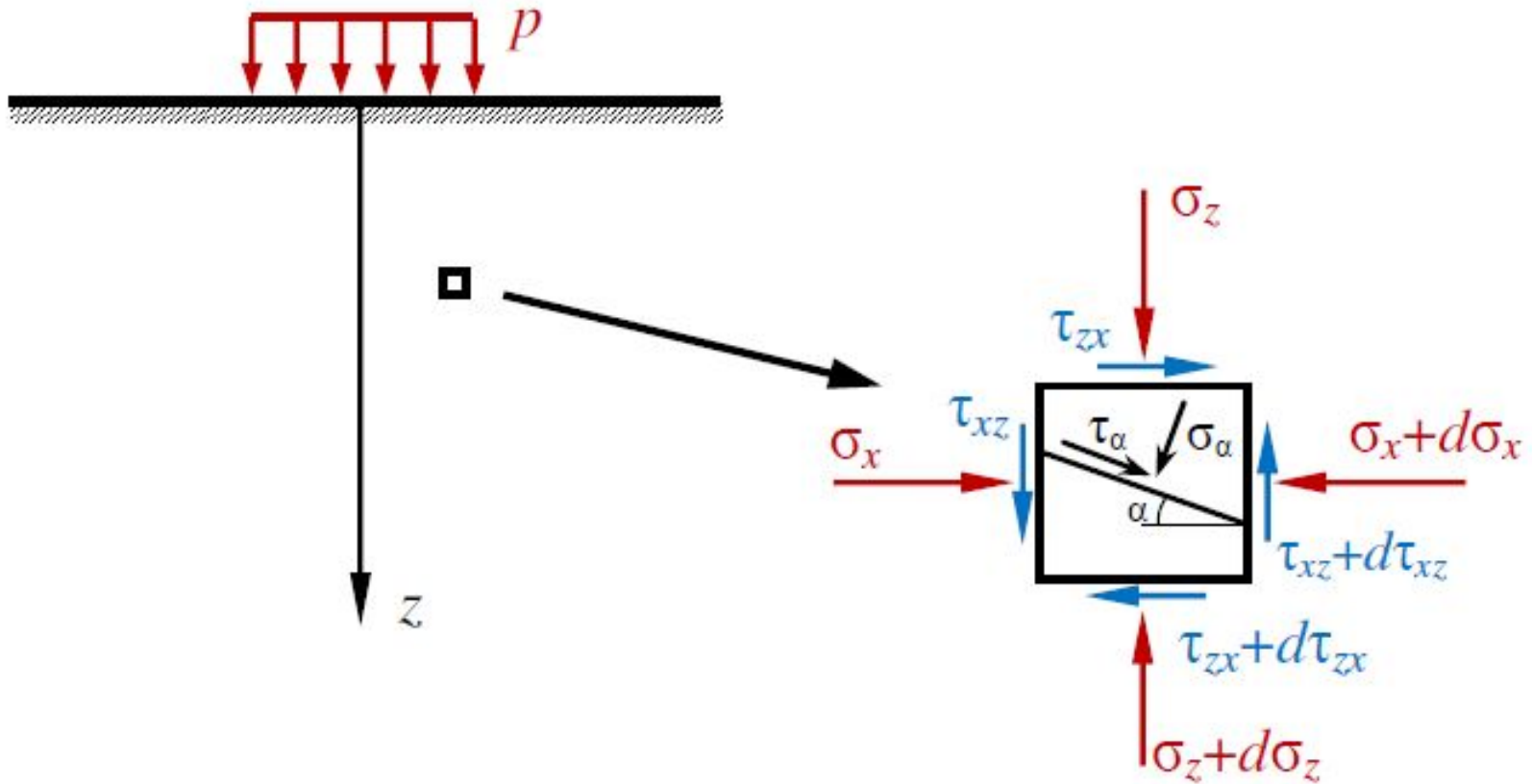


Трансконский элеватор (Канада)

Угол наклона –  $63^{\circ}$   
Авария произошла из-за  
быстрой загрузки основания

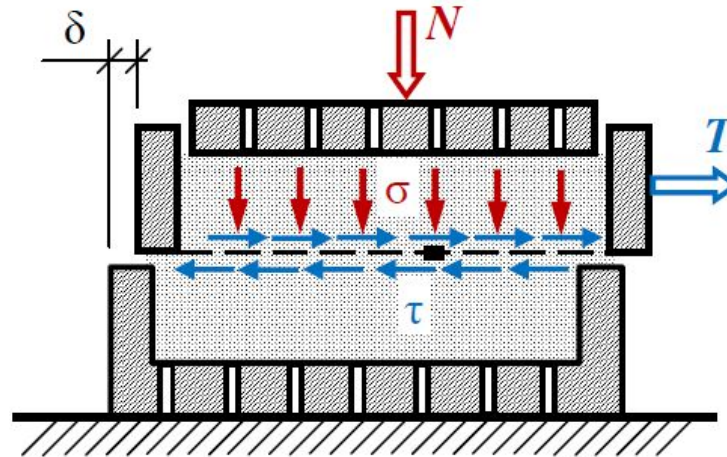
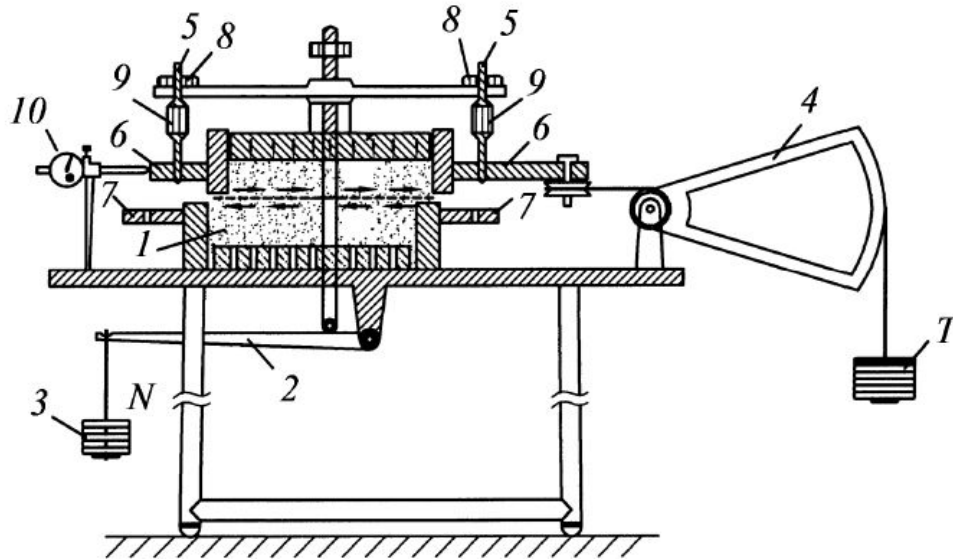


# Предельное состояние



- $\tau < \tau_u$  – грунт в состоянии *устойчивого равновесия*
- $\tau = \tau_u$  – грунт в состоянии *предельного равновесия*
- $\tau > \tau_u$  – равновесие в точке нарушено (*локальное разрушение грунта*)

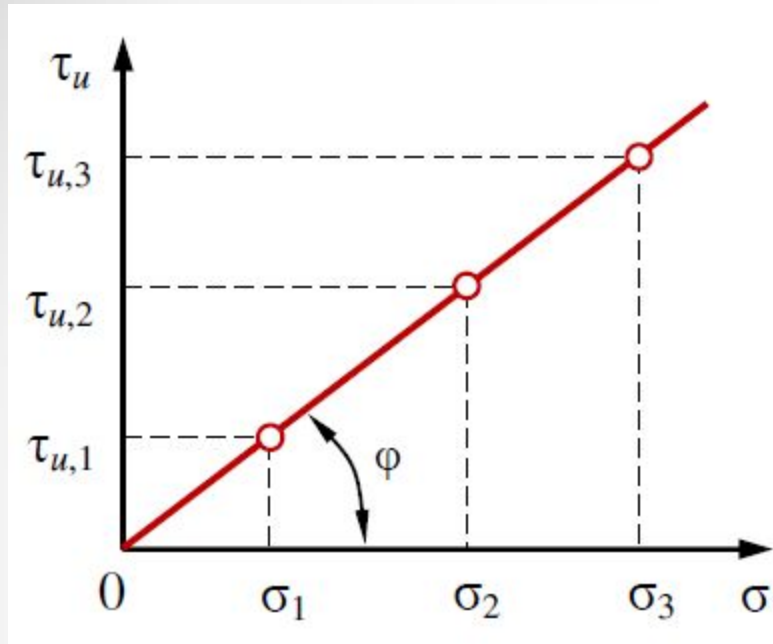
# Сопротивление грунтов сдвигу



$$\sigma = \frac{N}{A}$$

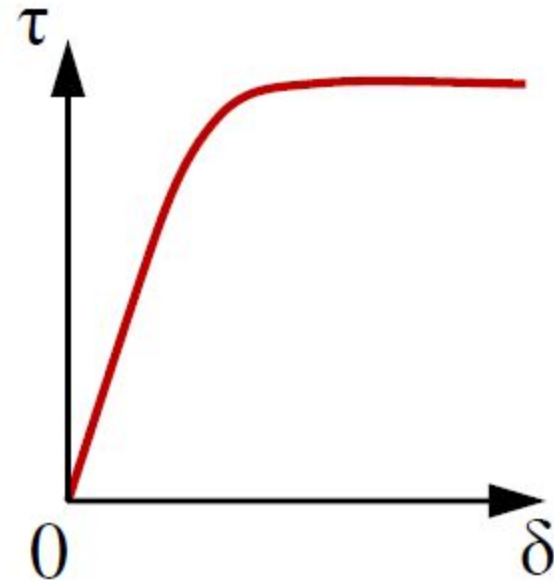
$$\tau = \frac{T}{A}$$

# Сопротивление грунтов сдвигу



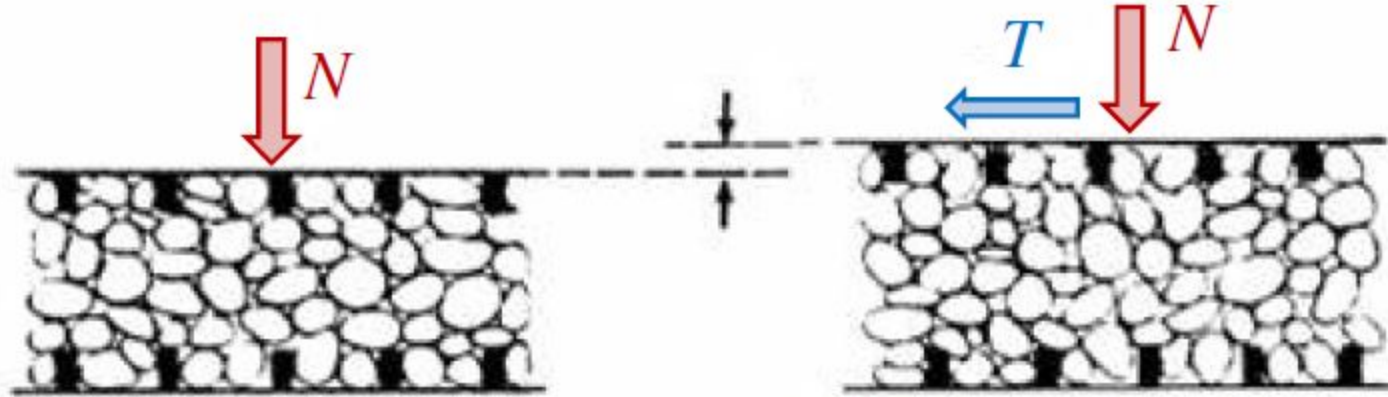
$$\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$\varphi$  – угол внутреннего трения



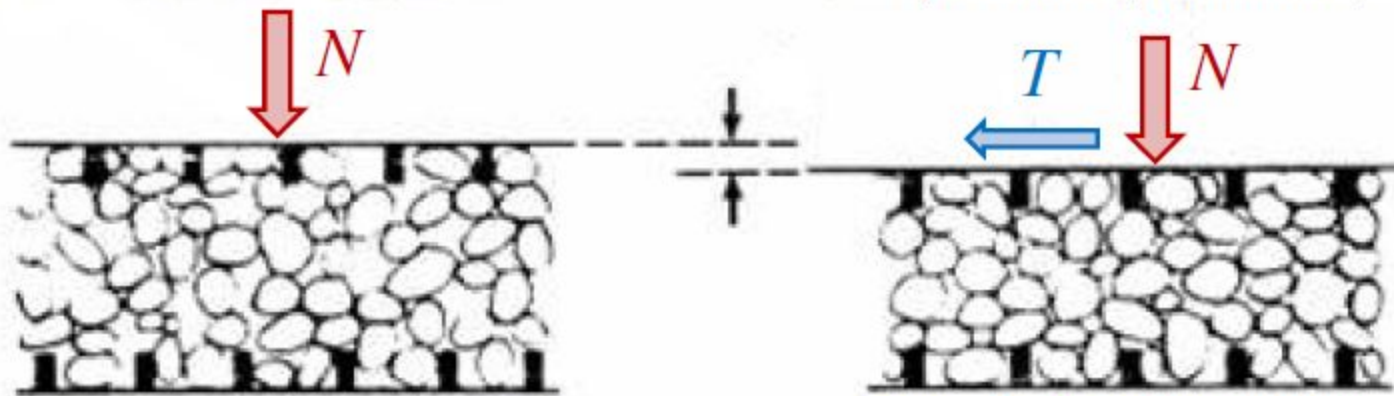
Зависимость горизонтальных деформаций грунта при плоском сдвиге

# Поведение песчаных грунтов при сдвиге



Плотный песок до сдвига

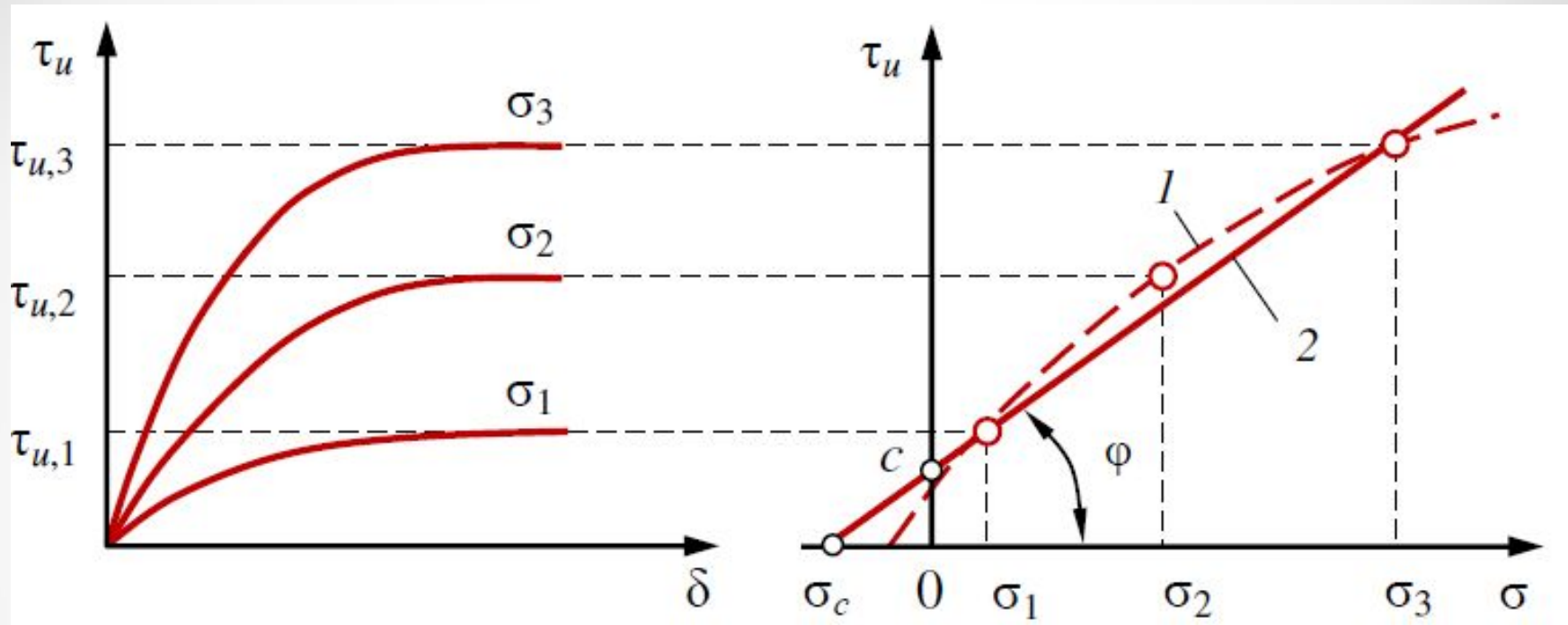
Расширение плотного песка при сдвиге (дилатансия)



Рыхлый песок до сдвига

Уплотнение рыхлого песка при сдвиге (контракция)

# Сопротивление связных грунтов сдвигу



$$\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + c$$

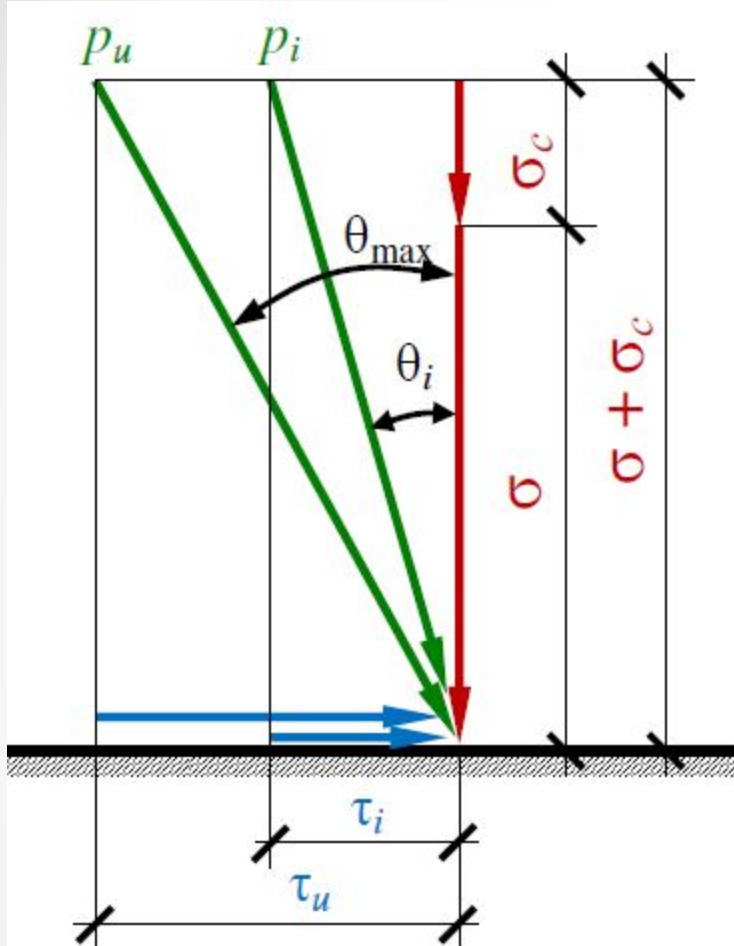
$$\sigma_c = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

$\varphi$  – угол внутреннего трения

$c$  – удельное сцепление

$\sigma_c$  – давление связности

# Прочность грунта в точке



$$\theta_{max} = \varphi$$

$$tg\varphi = \frac{\tau_u}{\sigma + \sigma_c}$$

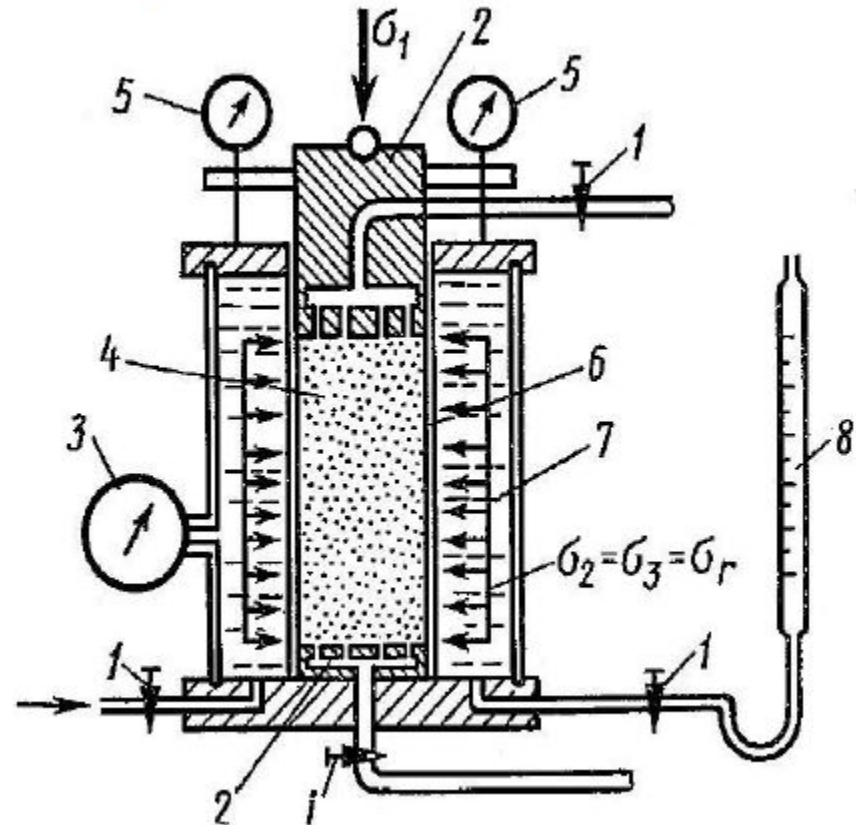
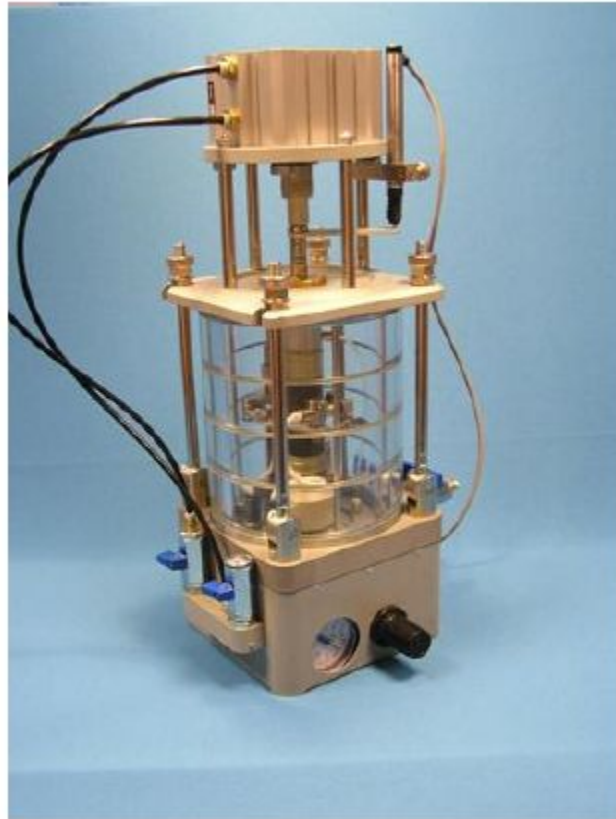
$\theta < \varphi$  – грунт находится в состоянии устойчивого равновесия;

$\theta = \varphi$  – грунт находится в состоянии предельного равновесия;

$\theta > \varphi$  – равновесие в точке нарушено, разрушение грунта.

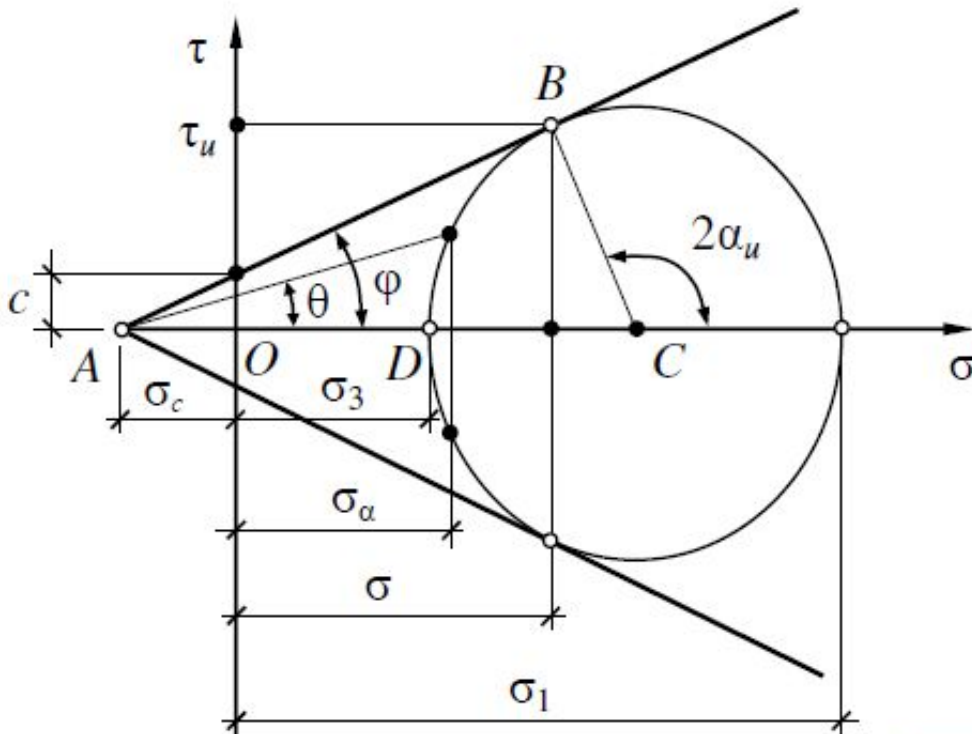


# Испытания грунтов в стабилометре



Стабилометр: 1 – кран; 2 – штамп; 3 – манометр; 4 – образец грунта; 5 – индикатор вертикальных перемещений; 6 – резиновая оболочка; 7 – рабочая камера прибора; 8 – волюмометр. Напряжение  $\sigma_2$  не изменяют, а  $\sigma_1$  увеличивают

# Сопротивление сдвигу



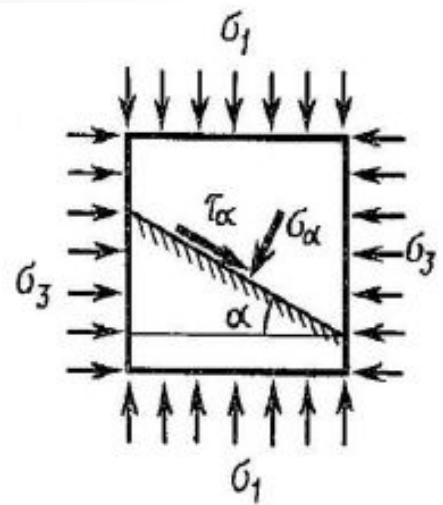
$$\sin \varphi = \frac{BC}{AC}$$

$$BC = DC = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

$$AC = AO + OD + DC$$

$$AO = \sigma_c$$

$$OD = \sigma_3$$



Условие предельного равновесия связного грунта:

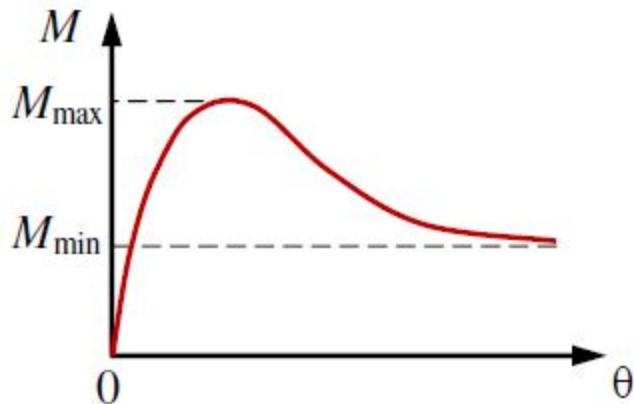
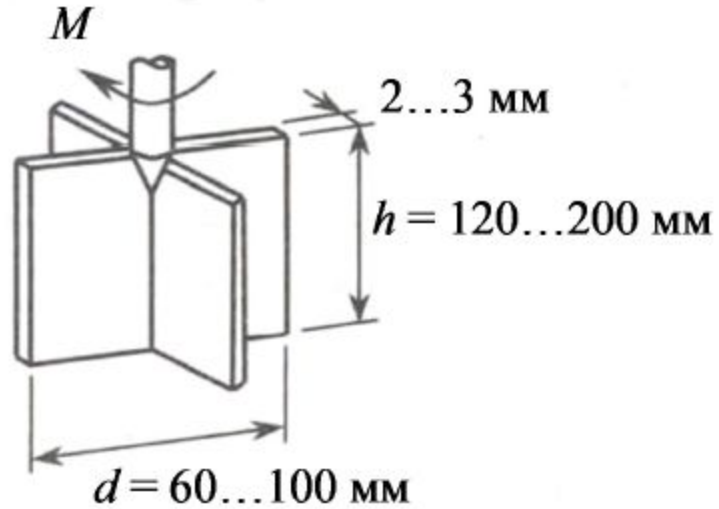
$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cdot \text{ctg} \varphi}$$

Условие предельного равновесия сыпучего грунта:

$$\sin \varphi = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3}$$

# Испытание на сдвиг

Крыльчатка для полевых испытаний слабых грунтов  
методом вращательного среза по ГОСТ 20276-99



$$\tau'_u = \frac{M_{\max}}{B}; \quad \tau''_u = \frac{M_{\min}}{B}$$

$$B = \frac{\pi h d^2}{2} \left( 1 + \frac{d}{3h} \right)$$

# Испытание грунтов

## Статическое зондирование



ГОСТ 19912–2001. Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием.

# Испытание грунтов

