

д.т.н., проф. Мангушев Р.А.

Лекция 4

Закон фильтрации поровой воды
в грунте.

Закон сопротивления грунта сдвигу.

Водопроницаемость грунтов

Закон Дарси: $Q = k_f A I t$ (1)

$$I = (H_2 - H_1) / l \quad (2)$$

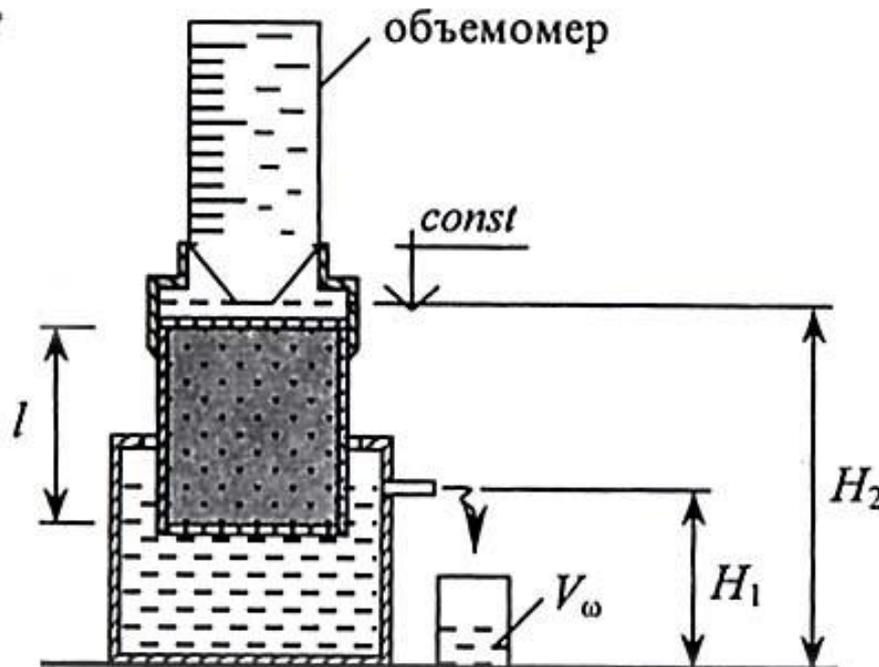
$$k_f = Q / A I t \quad (3)$$

$$V_f = k_f I \quad (4)$$

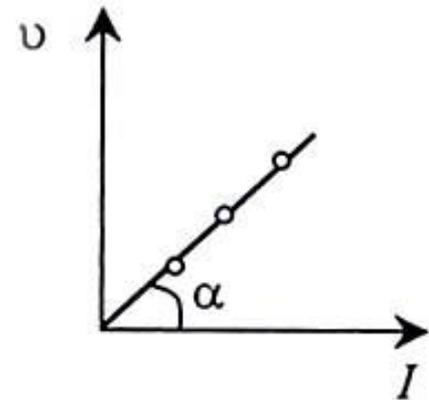


Песчаные грунты

$I = const$



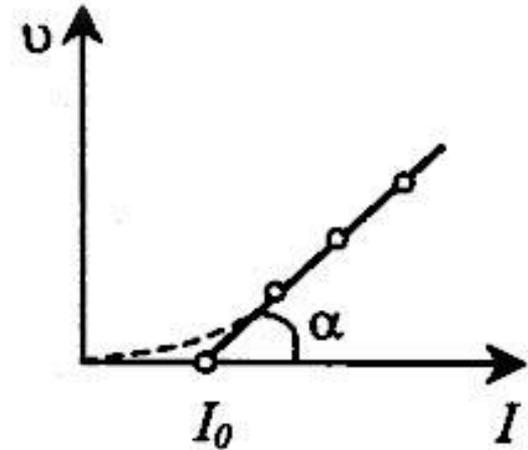
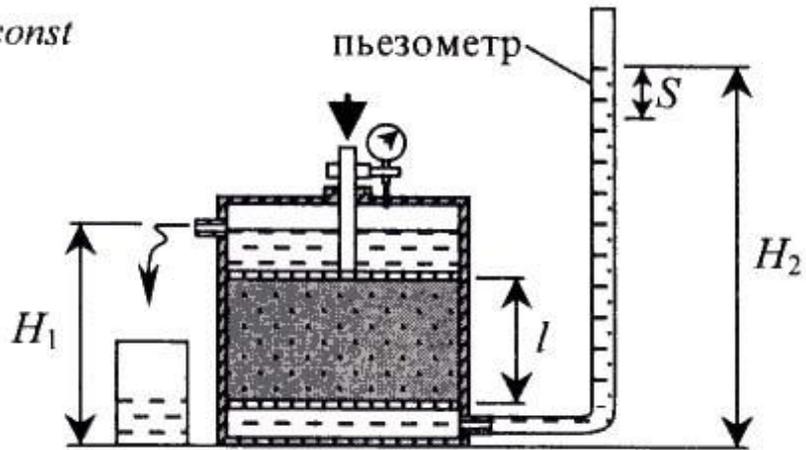
$$v = k_f I \quad (I_0 = 0)$$



Глинистые грунты

Глинистые грунты

$I \neq const$



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

I_0 - начальный градиент напора

Коэффициенты фильтрации грунтов

K_f , м / сут

пески $K_f = 2 \cdot 10^{-1} - 2 \cdot 10^{-4}$ см/сек

супеси $K_f = 2 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-6}$ см/сек

суглинки $K_f = 2 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-8}$ см/сек

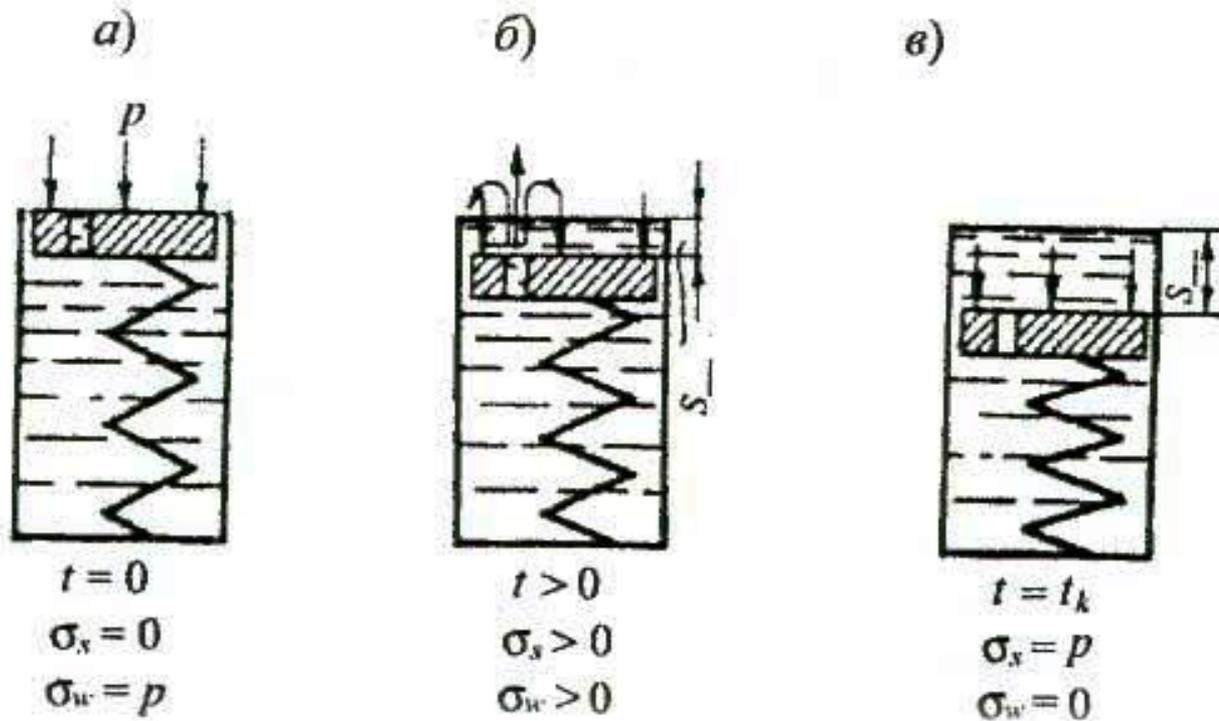
глины $K_f = 2 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-10}$ см/сек

Галечниковый	> 200
Гравийный	100...200
Песок:	
гравелистый	50...100
крупный	25...75
средней крупности	10...25
мелкий	2...10
пылеватый	0,1...2
Супесь	0,1...0,7
Суглинок	0,005...0,4
Глина	< 0,005
Торф	0,01...4

Классификация грунтов по степени водопроницаемости по ГОСТ 25100-95 «Грунты. Классификация»

Грунт	k_f , м/сут
Неводопроницаемый	< 0,005
Слабоводопроницаемый	0,005...0,30
Водопроницаемый	0,30...3
Сильноводопроницаемый	3...30
Очень сильноводопроницаемый	> 30

Механическая модель сжатия водонасыщенного грунта



При $0 < t < \infty$ $\sigma_w + \sigma_z = P$;

$\sigma_z \equiv \sigma_d$; $\sigma_w + \sigma_d = P$ или $\sigma_d = P - \sigma_w$

Схема развития напряжений и деформаций при загрузении основания

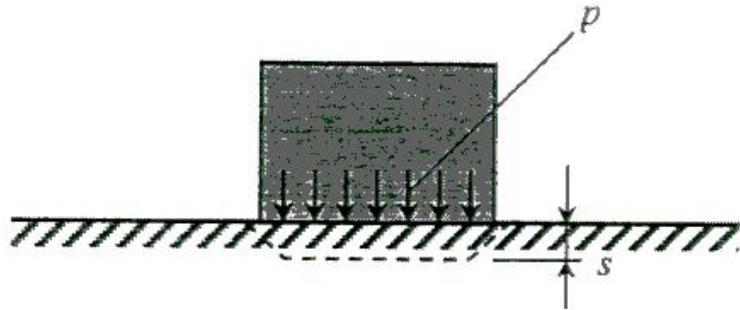
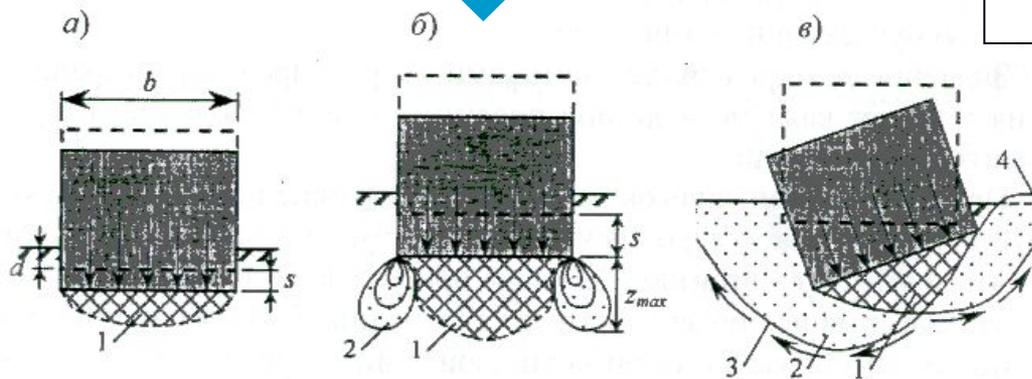
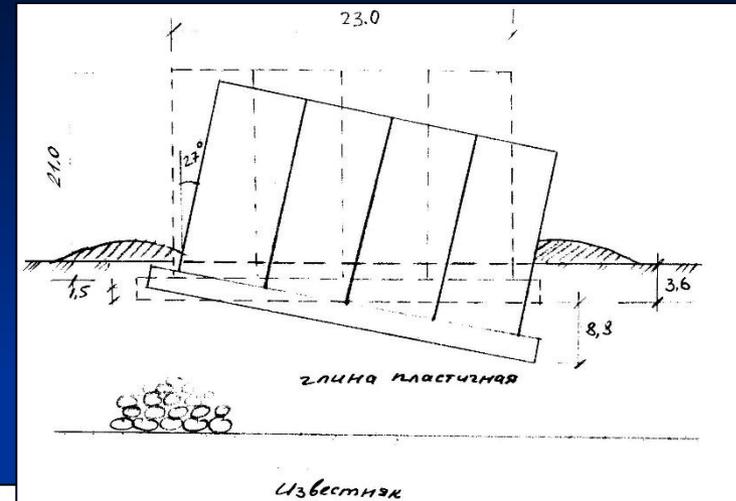


Схема передачи нагрузки на основание



Схемы развитие деформаций в основании под подошвой жесткого штампа:

a – фаза упругих деформаций; *б* – фаза уплотнения и местных сдвигов;

в – фазы развития интенсивных сдвигов и выпора.

1 – зона уплотнения; 2 – зона пластических деформаций; 3 – поверхности скольжения; 4 – выпор грунта

Потеря устойчивости откоса (пос. Войскорово, Лен.область)



Разрушение зданий оползнем в районе г. Варны (Болгария, 1997)



- Оползень скольжения слоев суглинка из-за водонасыщения вышележащих песчаных грунтов основания ливневыми и паводковыми водами.

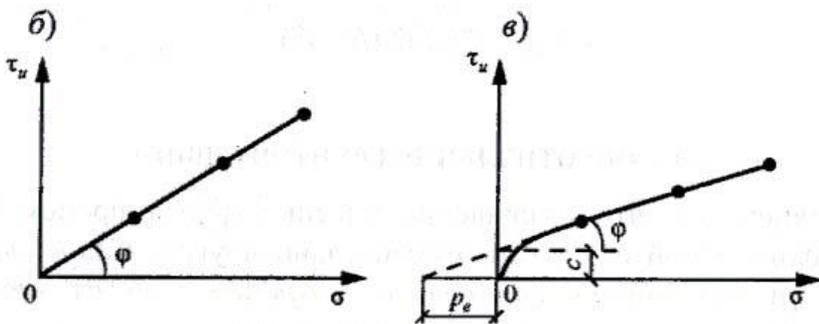
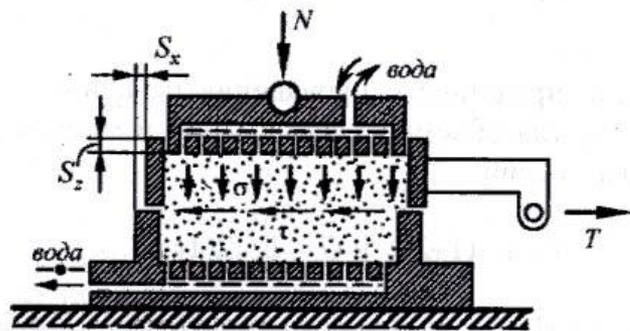


Slope failure of a main highway
(1 week before Christmas)



**Original ground below the highway embankment:
Silty clay with residual strength $\phi_r = 7^\circ$**

Закон сопротивления грунта сдвигу (закон Кулона)



Сопротивление грунта сдвигу есть функция первой степени от нормального давления при консолидированном (состоянии грунта).

$$\tau_u = T_u / A$$

$$\sigma = N / A$$

p_e – давление связности

$$\tau_u = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

$$\tau_u = c + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

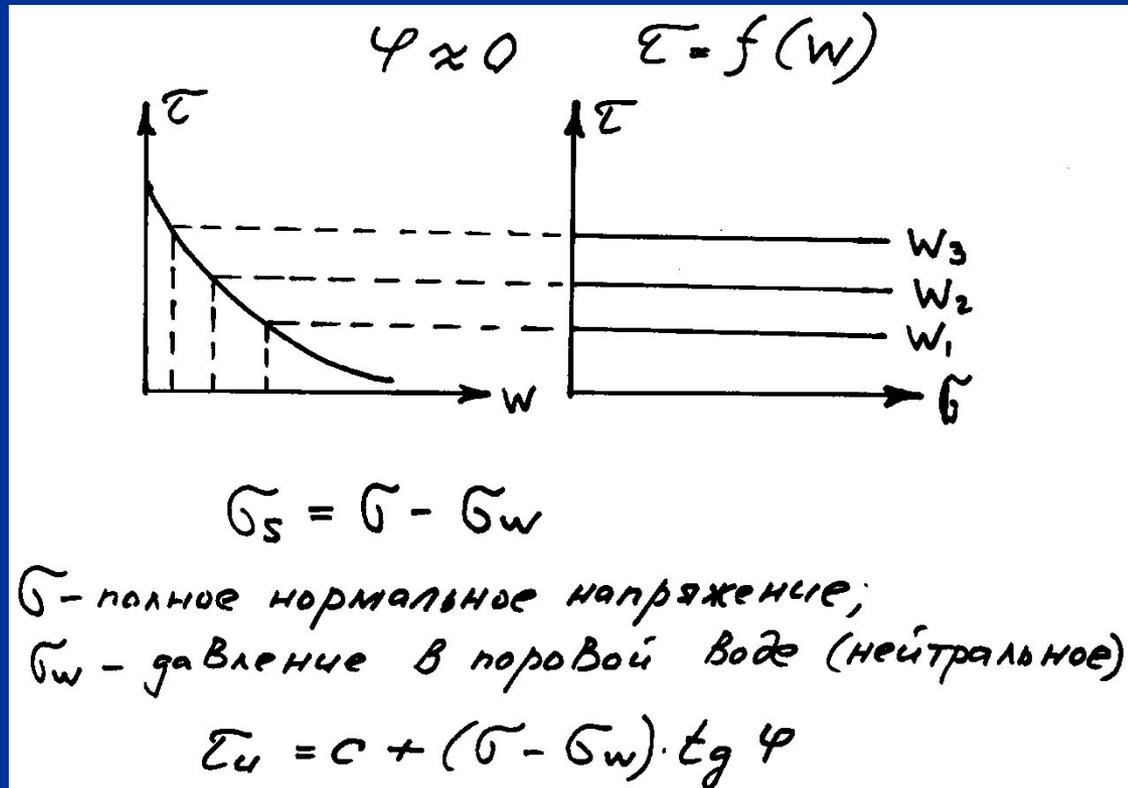
$$c = p_e \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (3)$$

$$p_e = \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi} = c \cdot \operatorname{ctg} \varphi \quad (4)$$

- Для сыпучих грунтов (песков)
 $\varphi = 24^\circ - 40^\circ$ (мелкие – крупные)
- Для глинистых грунтов $\varphi = f(W) = 0 - 45^\circ$

φ - определяет прочность грунта

Сопротивление сдвигу неконсолидированных грунтов



Сопротивление грунтов при трехосном сжатии

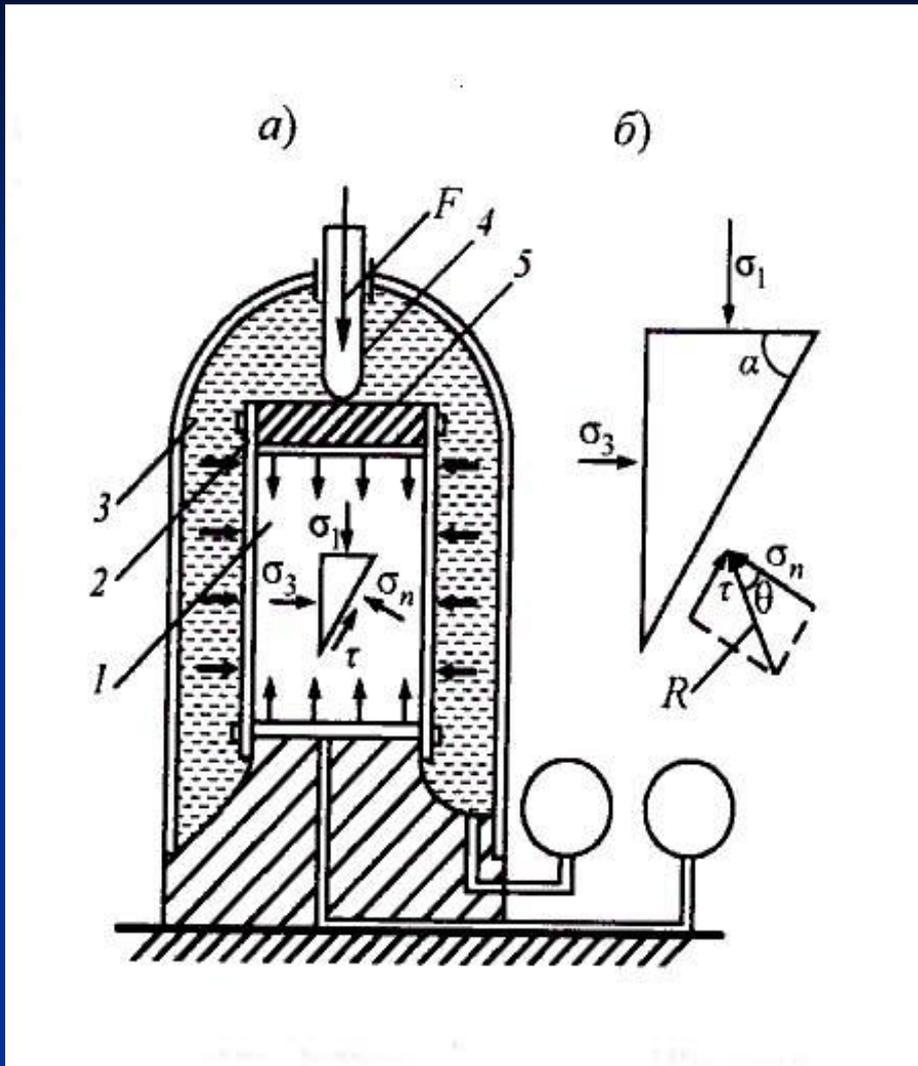
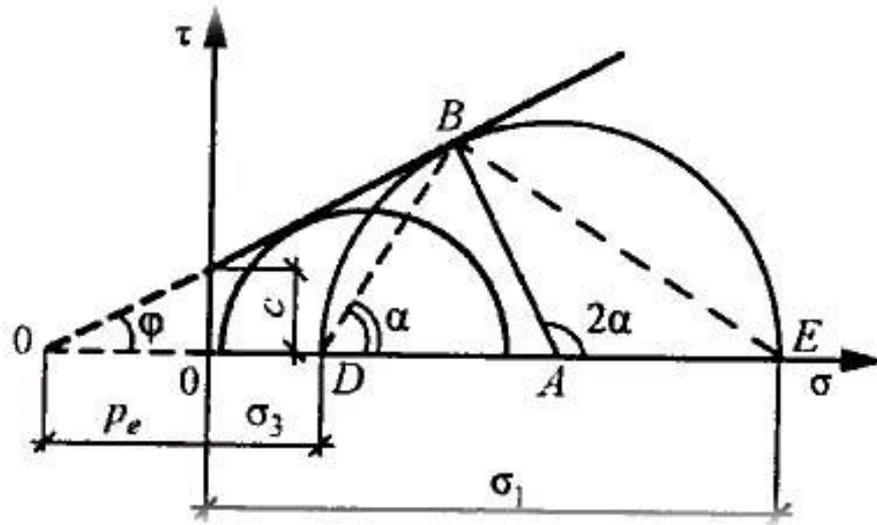


Схема и общий вид стабилометра – прибора для трехосных испытаний грунта



Условия предельного
равновесия

Круги Мора, построенные по
результатам испытания грунта
в стабилометре

$$\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 + \sigma_3)} = \sin \theta_{\max} \quad (5)$$

Для сыпучих грунтов:

$$\theta_{\max} = \varphi \quad (6)$$

или

$$\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 + \sigma_3)} = \sin \varphi \quad (7)$$

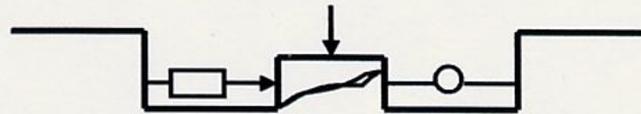
Для вязных грунтов:

$$\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{(\sigma_1 + \sigma_3 + 2p_e)} = \sin \varphi \quad (8)$$

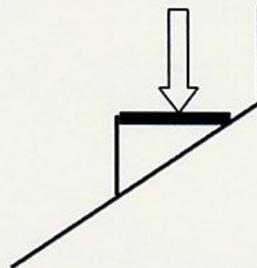
Полевые методы определения сопротивления грунта сдвигу

Полевые методы определения сопротивления грунта сдвигу.

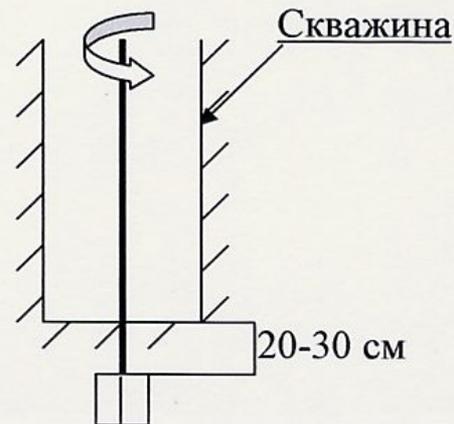
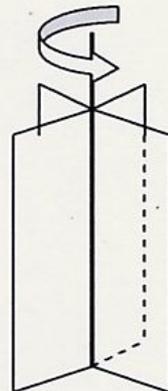
1. Полевые сдвижные установки в шурфе



2. Методы разрушения призм грунта в шурфе



3. Испытание 4-х лопастным прибором (крыльчатка)



Полевые испытания крыльчаткой (ГОСТ 20276-99)



Фото 20 Полевые испытания грунтов