

Казахская головная архитектурно-  
строительная академия  
Факультет общего строительства  
Дисциплина «Геотехника II»

---

Лекция 10, 11

« Устойчивость откосов и склонов »

Академ проф, докт.техн.наук  
Хомяков Виталий Анатольевич

2014 г.

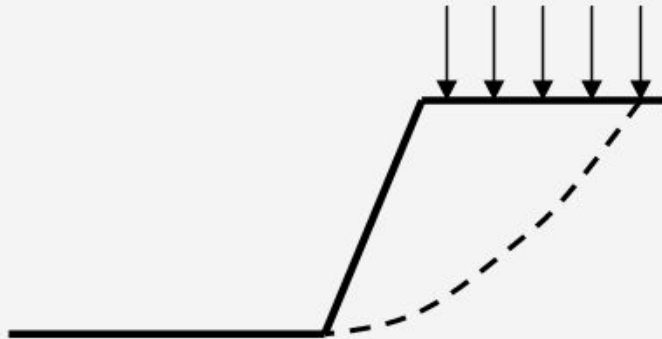
# Основная литература

---

1. Цытович Н.А. Механика грунтов. – М.: Издательство АСВ, 1983. – 288 с.
2. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д. и др. Механика грунтов. Ч.1. Основы геотехники в строительстве. – М.: АСВ, 2000. – 204 с.
3. Далматов Б.И., Бронин В.Н., Карлов В.Д. и др. Основания и фундаменты. Ч.2. Основы геотехники. – М.: АСВ, 2002. – 392 с.
4. Ухов С.Б., Семёнов В.В., Знаменский В.В. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты. – М.: Высшая школа, 2002. – 566 с.

# Причины, приводящие к нарушению устойчивости массивов грунта в откосах.

1. – Увеличение крутизны откоса (*подмыв берегов реки*)
2. – Увеличение нагрузки на откос (*строительство на бровке*)



3. – Обводнение грунтов (*уменьшение механических характеристик:  $C$ ;  $\phi$  и увеличение объемного веса грунта*)
4. - Деятельность строителей (*устройство котлованов, выработок с вертикальными стенками*)



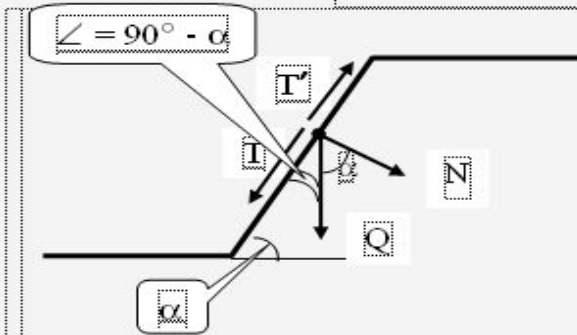
# Виды оползней

1. Оползни по поверхности в глубине массива (*в движение приходит весь массив грунта в целом, характерно для грунтов, обладающих трением и сцеплением*)
2. Сползание по поверхности откоса (осыпь) (*характерно для песчаного грунта*)
3. Разжижение грунтов (*для водонасыщенных грунтов при динамических воздействиях*)



# Устойчивость откоса грунта, обладающего трением ( $C = 0$ )

Рассмотрим равновесие песчинки на откосе:



$Q$  – вес песчинки  
 $N$  – нормальная составляющая веса песчинки  
 $T$  – касательная составляющая веса песчинки  
 $T'$  – сила трения

$$T - T' = 0 \quad \text{- Условие равновесия}$$

$$T = Q \cdot \sin \alpha \quad T' = N \cdot f = f \cdot Q \cdot \cos \alpha$$

$$Q \cdot \sin \alpha - f \cdot Q \cdot \cos \alpha = 0$$

$$\frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = f \quad f = \operatorname{tg} \varphi$$

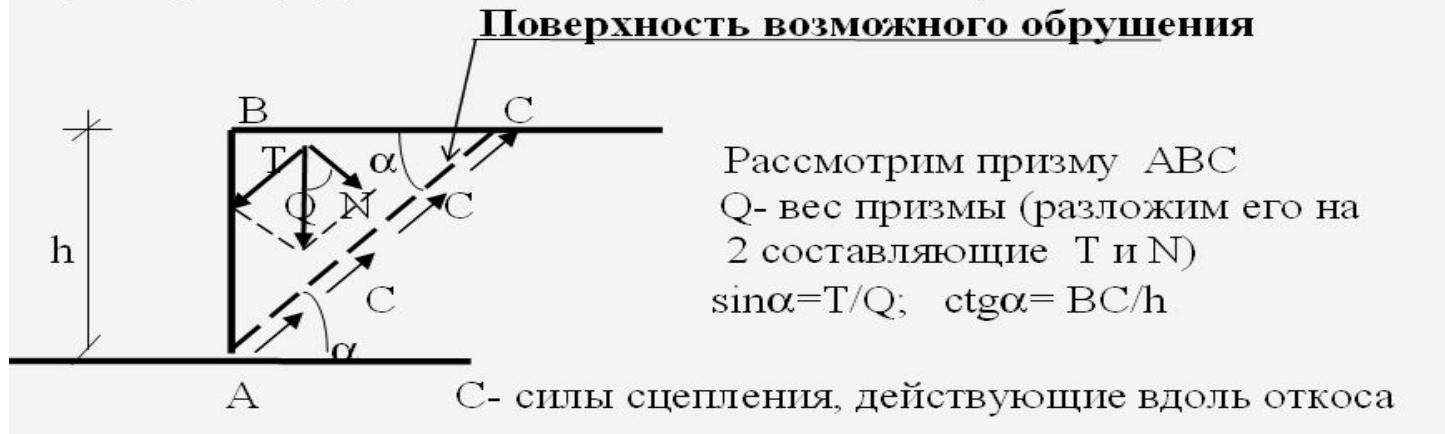
$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{пр}} = \operatorname{tg} \varphi \quad \text{ИЛИ} \quad \alpha_{\text{пр}} = \varphi$$

Это условие устойчивости откоса

$f$  – коэффициент трения

При практических расчетах необходимо вводить коэффициент запаса прочности

# Устойчивость откоса грунта, обладающего только сцеплением. $\phi = 0$ (жирные глины)



$$\eta_{устойчив} = \frac{\text{уд.сил}}{\text{сдвиг.сил}} = \frac{c * h * 2 * \sin \alpha}{2 * \sin \alpha * \gamma h^2 * \cos \alpha * \sin \alpha} = \frac{c}{\gamma h * \sin \alpha * \cos \alpha} = \frac{2c}{\gamma h * \sin 2\alpha}$$

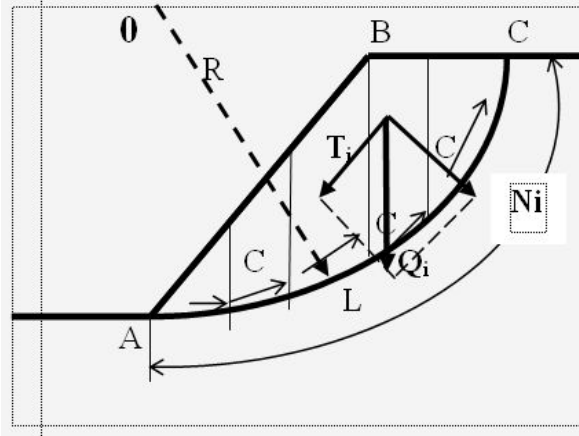
$$\eta_{\min} = 1 \quad \text{— при } \sin 2\alpha = \max = 1$$

$$1 = \frac{2c}{\gamma h \sin 90^\circ} = \frac{2c}{\gamma h}$$

$$h_{\max} = \frac{2c}{\gamma}$$

# Устойчивость откоса грунта, обладающего трением и сцеплением

$\phi \neq 0; C \neq 0$  (графо - аналитический метод расчета)



Пусть обрушение откоса происходит по круглоцилиндрической поверхности, относительно центра вращения т. **O**.

Как рассчитать устойчивость такого откоса ?

$\eta_{уст}$  – коэффициент устойчивости

$$\eta_{уст} = \frac{M_{удерж.}}{M_{сдвиг.}}$$

- Недостаток этого метода произвольное решение. (Точкой **O** мы задались произвольно). Необходимо найти наиболее опасный центр вращения, с  $\eta_{уст} = \min$ , т.е. наиболее вероятную поверхность обрушения.
- Центры вращения – т. **O** располагаются на одной линии под  $\angle 36^\circ$  на расстоянии  $0,3 h$ .

# Метод круглоцилиндрических поверхностей скольжения

Порядок вычислений:

- 1.) откос делим на призмы;
- 2.) определяем вес каждой части – призмы –  $Q_i$ ;
- 3.) раскладываем  $Q_i$  на  $T_i$  и  $N_i$ ;
- 4.) находим  $C$  и  $L$  – длину дуги.

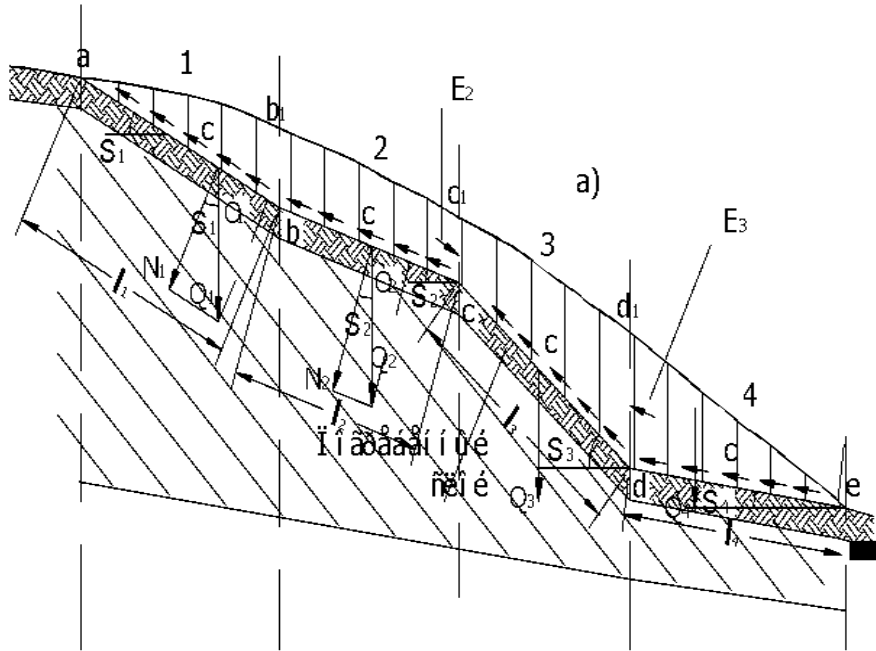
$$M_{\text{удер. сил}} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R + C \cdot L \cdot R ; \quad n - \text{число призм}$$

$$M_{\text{сдвиг. сил}} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot R ; \quad \text{отсюда находим } \eta_{\text{уст}}$$

$$\eta_{\text{уст}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R + C \cdot L \cdot R}{\sum_{i=1}^n T_i \cdot R} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + C \cdot L}{\sum_{i=1}^n T_i}$$



# Метод прислоненного откоса



- Порядок расчета устойчивости откоса:
- Разбиваем откос на ряд призм и рассматриваем равновесие каждой призмы с учетом бокового давления грунта.
- Расчет начинаем с первого элемента (сверху). Если все элементы устойчивы, то откос устойчив.

# Меры по увеличению устойчивости откосов

---

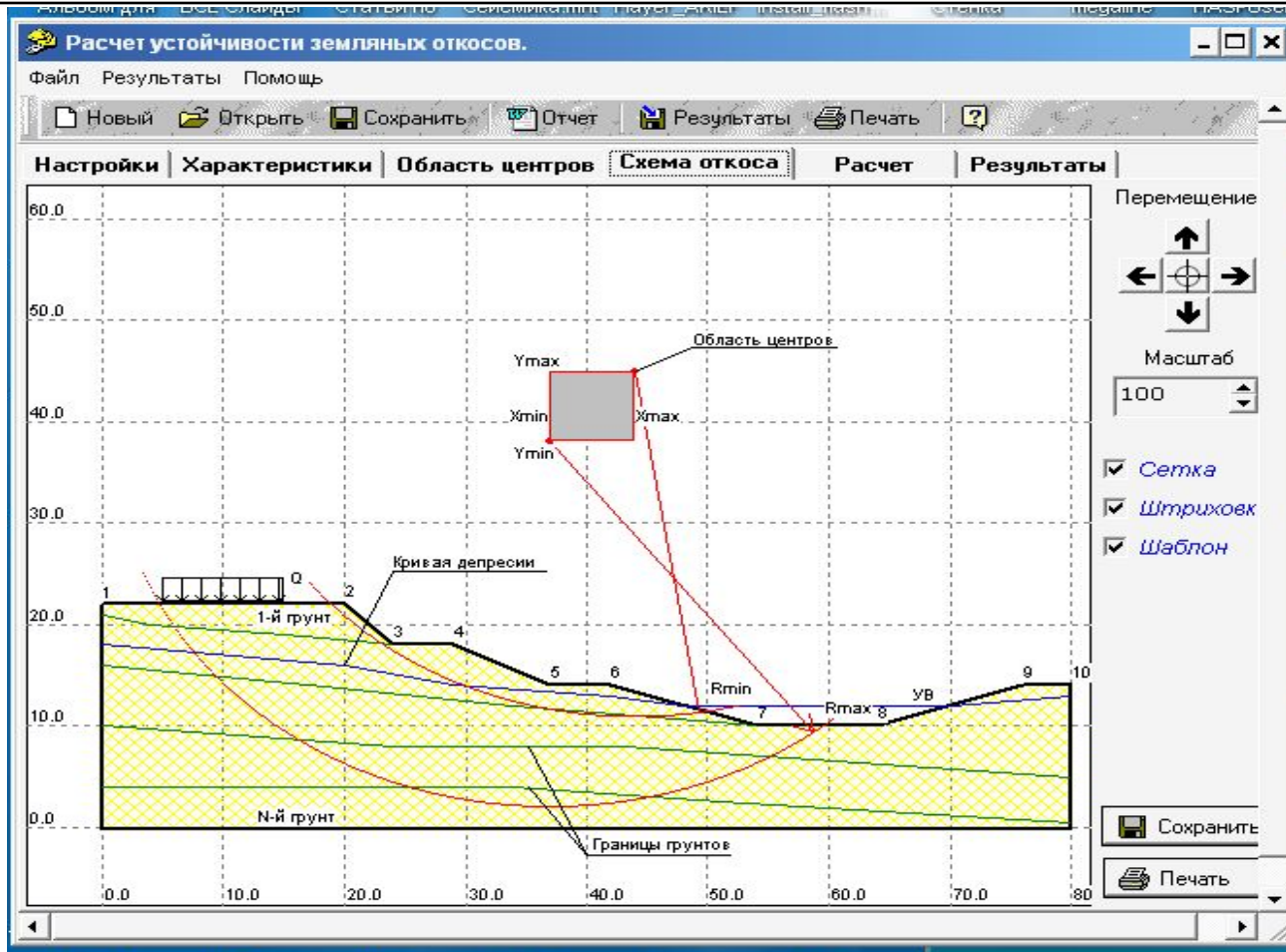
- Если откос не устойчив, необходимо принимать меры по увеличению его устойчивости:
- **А- уположение откоса**
- **Б- поддержание откоса подпорной стенкой**
- **В- осушение грунтов откоса**
- **Г- закрепление грунтов в откосе.**

# Срезка грунта в виде уступов для придания склону требуемого наклона

---



# Расчет устойчивости земляных откосов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения



# Виды усиления

## СТЕН КОТЛОВАНА





# Вертикальными откосами

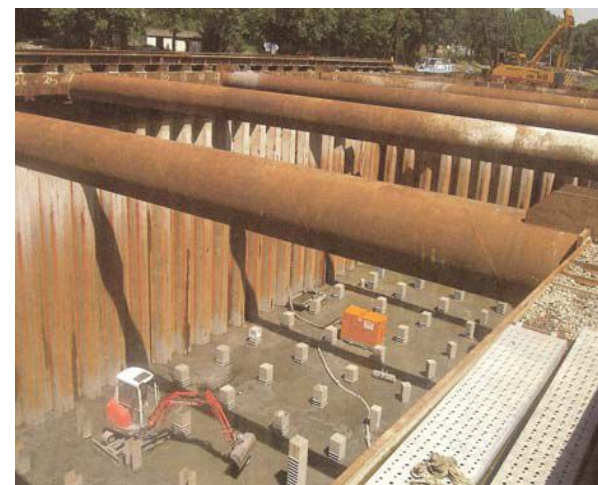
*Для закрепления стен котлованов используют различные конструкции подпорных стен :*



Применение  
способа «стена в  
грунте»



Устройство  
ограждений из  
буровых свай



Шпунтовое  
ограждение  
котлованов