

# Укрепление откосов

Лекция 13

**Укрепление откосов** в глубоких карьерах осуществляют с целью **поддержания транспортной связи** между отдельными участками нерабочего борта карьера и **увеличения общего угла наклона борта**, преимущественно в пределах призмы упора.

В результате значительно **сокращается объем вскрышных пород** в конечных контурах карьера, которые подлежали бы включению в границы карьера при разносе бортов на участках с неблагоприятными геологическими и инженерно-геологическими условиями.

**Осуществление транспортной связи** между отдельными участками предохранительных берм **необходимо для их периодической зачистки от осыпей** в течение всего срока существования карьера. При длительном стоянии нерабочих уступов в предельном положении неизбежны локальные обрушения берм, так как борта карьера обычно пересекают различно ориентированные тектонические нарушения и разломы мощностью от нескольких сантиметров до нескольких метров.

Места сопряжений **поверхностей ослабления с уступами** — наиболее ослабленные участки, **подверженные деформациям**. Протяженность таких участков обуславливает мощность нарушенных зон и угол встречи их с бортом карьера. Вероятность деформирования уступов проверяют геомеханическими расчетами, причем часто требуется решение объемной задачи для определения ожидаемого давления горных пород на крепь. **В одних случаях экономически выгоднее выположить борт или изменить простирание уступов на данном участке, а в других — укрепить уступ в пределах нарушенной зоны.**

**Технико-экономические расчеты, выполненные для многих карьеров показали высокую эффективность укрепления бортов в сравнении с их выполаживанием.** Специалисты в мире также считают выгодным принимать предельные углы наклона, а участки в пределах тектонических нарушений укреплять.

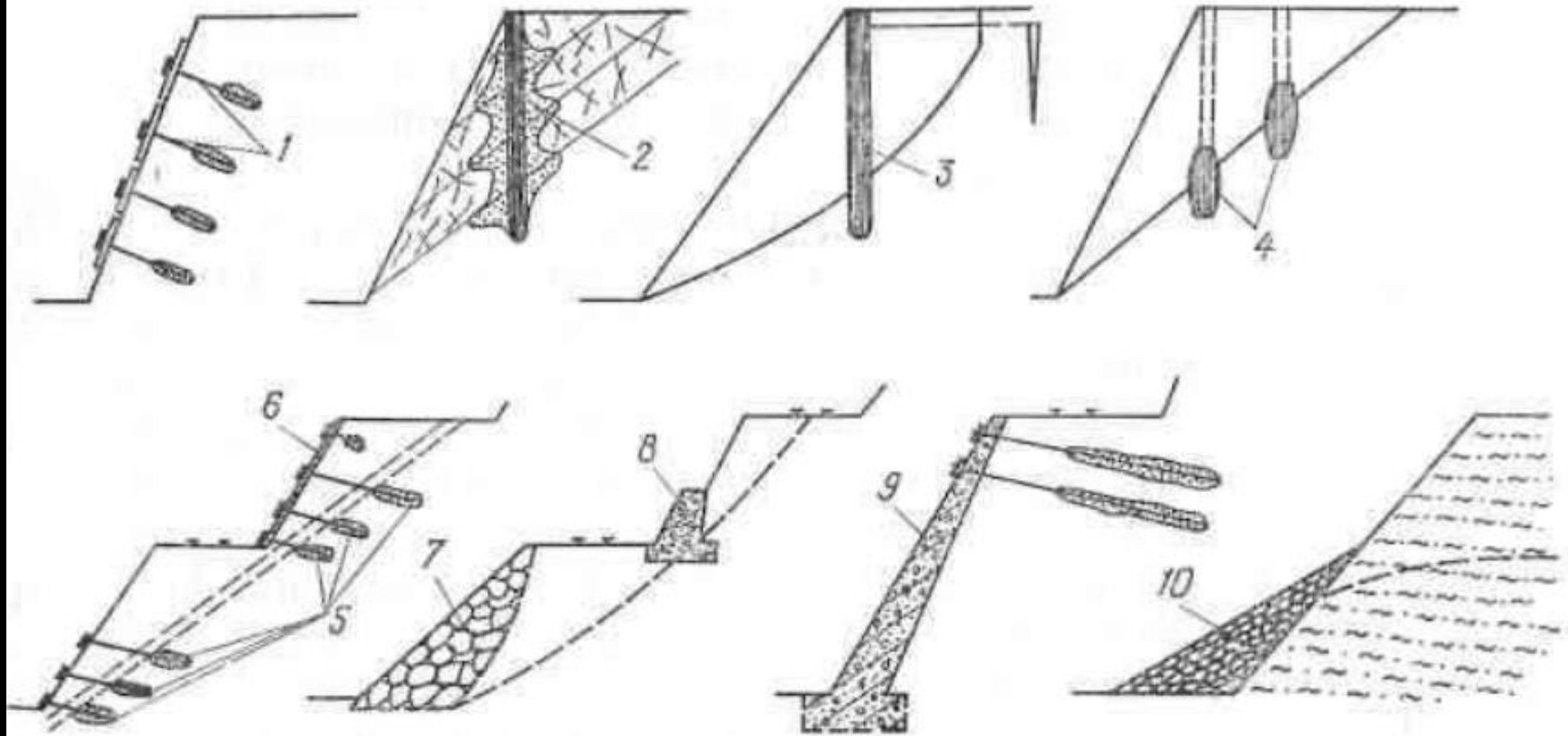
При пологом падении залежи общий угол наклона борта в лежащем боку месторождения, совмещенный с почвой залежи, значительно меньше расчетного, полученного по условию устойчивости. Однако заоткоска уступов по поверхности напластования с оставлением предохранительных берм приводит к еще большему выполаживанию борта и выемке дополнительных объемов вскрыши. В этих условиях **экономически выгодно придавать борту оптимальный по объему вскрыши угол наклона, а бермы с подрезанными контактами укреплять.**

Необходимость укрепления локальных участков бортов карьера может быть связана с **аномалией в залегании слоев, ослаблением массива крупными разломами, интенсивным выветриванием пород** и т.д.

На карьерах применяют **механические способы укрепления уступов, иногда в сочетании с цементацией пород**. Обычно укрепляют объединенные уступы. При этом важно предотвратить осыпание пород с поверхности укрепленного механическим способом откоса, нанесением защитных покрытий, с целью недопущения обтекания породой элементов крепи.

На участках бортов карьеров ослабленных тектоническими разломами и крупными трещинами, уступы, заоткошенные под углами (50—70°) обычно обрушаются. Если прогнозирование деформаций не позволило выявить неустойчивые участки уступов и они обрушились, то этот факт следует рассматривать как сигнал о возможности повторных обрушений на нижних горизонтах

С целью их предупреждения применяют **профилактическое укрепление откосов** с каждого погашаемого горизонта.



### Способы укрепления карьерных уступов:

1 — анкерами; 2 — железобетонными сваями с цементацией пород вокруг свай; 3 — сваями большого диаметра, работающими на изгиб; 4 — железобетонными шпонами; 5 — анкерными тяжами; 6 — железобетонными плитами; 7 — контрфорсом; 8 — подпорной гравитационной стенкой; 9 — подпорно-защитной заанкеренной стенкой; 10 — пригрузкой из фильтрующего материала

Возведение на пути оползня искусственных преград равносильно приложению к поверхности откоса **дополнительной нагрузки, действующей навстречу движения оползня**. В откосах, укрепленных подпорными стенками или контрфорсами, изменение условий нагружения поверхности откоса изменяет напряженное состояние массива. Напряжения, создаваемые сплошной неравномерно распределенной по поверхности откоса нагрузкой (отпор стены), суммируются с напряжениями, возникающими внутри массива.

Расчет устойчивости поддерживающих сооружений, в частности, подпорных стен, включает:

- определение величины ожидаемого давления горных пород;
- расчет устойчивости стены против сдвига и опрокидывания.

Рассчитать устойчивость стены против сдвига и опрокидывания можно по формулам

$$n_y = \frac{f P_c}{F \cdot \cos \delta}; \quad n_0 = \frac{P_c \cdot x}{F \cdot \cos \delta y}; \quad y' = \frac{1}{3} \cdot h_c$$

где  $f$  — коэффициент трения;  $n_y, n_0$  — коэффициенты устойчивости стены соответственно против сдвига и опрокидывания;  $h_c$  — высота стены;  $\delta$  — угол наклона вектора силы оползневого давления  $F$ .

Ожидаемое давление горных пород па конструкции и сооружения равно по величине силе реакции крепи,

но противоположно ей направлено. **Эффективность укрепления**, а также величина давления на крепь в большой мере зависит от **направления действия силы реакции** крепи относительно поверхности

скольжения. Иногда можно получить обратный результат — после укрепления устойчивость откоса

снизится. Поэтому очень важно правильно

определять **характер работы конструкций и сооружений в укрепленном откосе.**

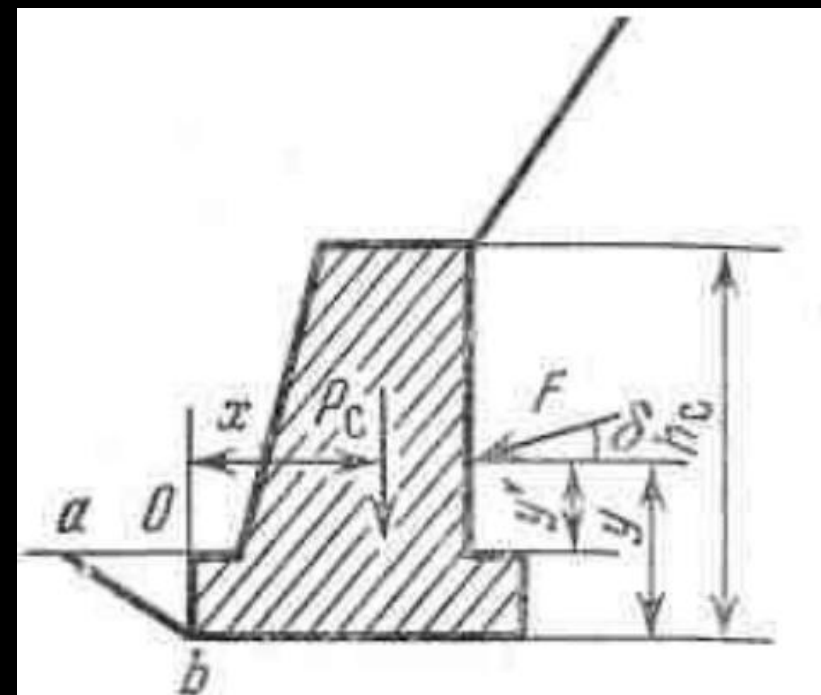


Схема откоса, укрепленного подпорной стенкой

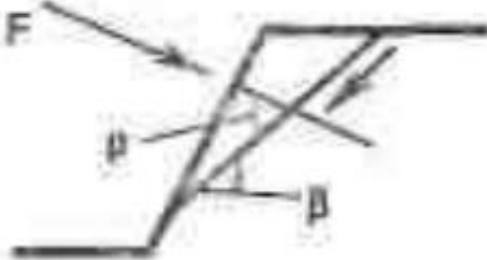


В уступах, сложенных трещиноватыми скальными или полускальными породами, а также в слоистых откосах сдвиг призмы обрушения по поверхности скольжения сопровождается поворотом отдельных блоков породы или смещением слоев, в связи с чем возникают изгибающие моменты. При этом конструкции крепи могут разрушиться от изгиба раньше, чем произойдет их срез. Направление вектора силы реакции крепи не будет совпадать с направлением сдвига, а будет зависеть от характера деформации конструкций.

## Виды деформаций конструкций и сооружений и соответствующие им направления реакции крепи

Способ укрепления	Деформация конструкции	Направление реакции крепи	Угол наклона вектора силы $F$ ( $\rho$ )
Штанги, тросовые тяжи	Растяжение	По оси конструкции	$30-60^\circ$
Железобетонные сваи	Срез	Параллельно поверхности сдвига	$0^\circ$
Подпорные стены (контрформы)	Сдвиг по основанию или срез	Под углом трения к поверхности сооружения	$90^\circ - \alpha + \beta - \rho_0$

Примечание:  $\alpha$ ,  $\beta$  — углы соответственно откоса и поверхности сдвига;  $\rho$ ,  $\rho_0$  — углы соответственно наклона вектора силы  $F$  к поверхности скольжения и поддерживающего сооружения.

## Ожидаемое давление горных пород на крепь

Характеристика пород	Способ укрепления	Расчетная формула	Расчетная схема
Крепкие, крупноблочные, контакты крутые	Апшеры	$F = \frac{P_g - c'L}{\omega}$	
То же, контакты наклонные или пологие	Сваи	$F = P_0 - c'L$	
То же, контакты крутые и наклонные	Апшеры	$F = \frac{P_g - c'L - qf}{\omega}$	

<p>Крепкие, мелкоблочные, контакты крутые и пологие</p>	<p>Связи, анкеры, защитные стенки</p>	<p>Многоугольник сил <math>F = l(c', c''L, \varphi, \varphi')</math></p>	
<p>Средней и малой крепости, слоистые, однородные</p>	<p>Связи, защитные стенки</p>	<p><math>F = \frac{\sum P_i g_i - c' \sum L_i}{\omega}</math></p>	
<p>Рыхлые, связные, однородные или слоистые</p>	<p>Подперные стенки, контрфорсы</p>	<p>Многоугольник сил</p>	

Условные обозначения:  $F$  – величина оползневой нагрузки;  $\beta$  – угол падения поверхности ослабления;  $c', \varphi', \varphi$  – характеристики пород;  $P$  – масса призмы обрушения;  $c'l, c'l$  – силы сцепления;  $ql$  – сила сопротивления отрыву;  $g = \sin\beta - \cos\beta \operatorname{tg}\varphi'$ ;  $\omega = \cos\beta + \sin\beta \operatorname{tg}\varphi'$