

Деформация бортов и уступов в карьерах

Лекция 6

Деформирование карьерных откосов обусловлено влиянием природных и горнотехнических факторов:

природные факторы

- геологическое строение месторождения;
- физико-механические свойства;
- структура и тектоническая нарушенность горных пород;
- гидрогеологические условия месторождения.

горнотехнические факторы:

- ориентировка горных выработок или фронта горных работ в карьере относительно поверхностей ослабления массива,
- параметры откосов,
- наличие на бортах и уступах дополнительных нагрузок в виде тяжелого горно-транспортного оборудования и навалов горной массы,
- способы отработки приконтурных заходок и заоткоски уступов,
- эффективность дренажных работ и их своевременность,
- время стояния откосов без обновления их поверхности

В результате влияния приведенных факторов изменяются напряженно-деформированное состояние массива горных пород, их физико-механические свойства, а также внешние очертания откоса, его конфигурация.

Степень изменения напряженно-деформированного состояния массива обуславливает возможность сохранения его устойчивого состояния или разрушения с образованием обрушения или оползня. В последнем случае один из параметров борта (уступа) должен превысить предельно допустимую величину (высота или угол откоса)

Различают три состояния массива горных пород в бортах (уступах) открытых выработок:

допредельное

напряжения не достигли значений, при которых в приоткосной зоне образуются площадки скольжения, объединяющиеся в общую поверхность скольжения - в таких откосах нет призмы обрушения. Безопасность работ обеспечивают устройством бермы безопасности, ограждения или ограничивающего вала. Коэффициент устойчивости откоса $n > 1$.

предельное

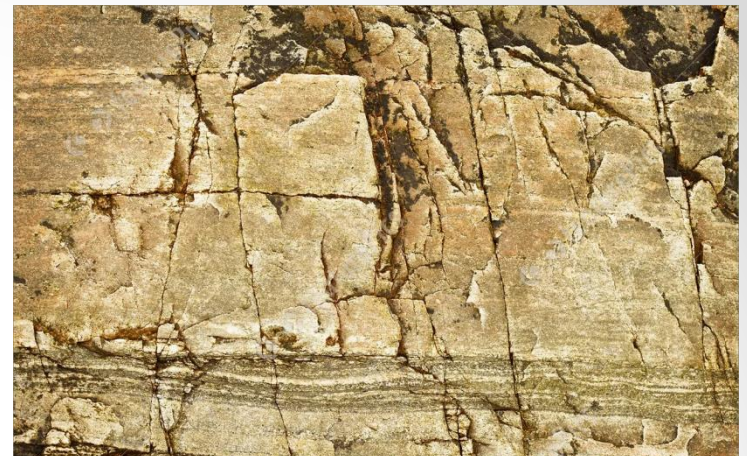
нормальные и касательные напряжения достигли максимальных значений, при которых образуются площадки скольжения и общая для приконтурного массива наиболее напряженная поверхность (потенциальная поверхность скольжения). В приконтурной полосе шириной, равной ширине призмы обрушения, нахождение людей и механизмов должно быть исключено. Достаточно даже незначительного превышения сдвигающих сил по отношению к удерживающим, чтобы началось разрушение массива. До наступления этого состояния массив предельно напряжен, но еще сохраняет природную прочность.

запредельное

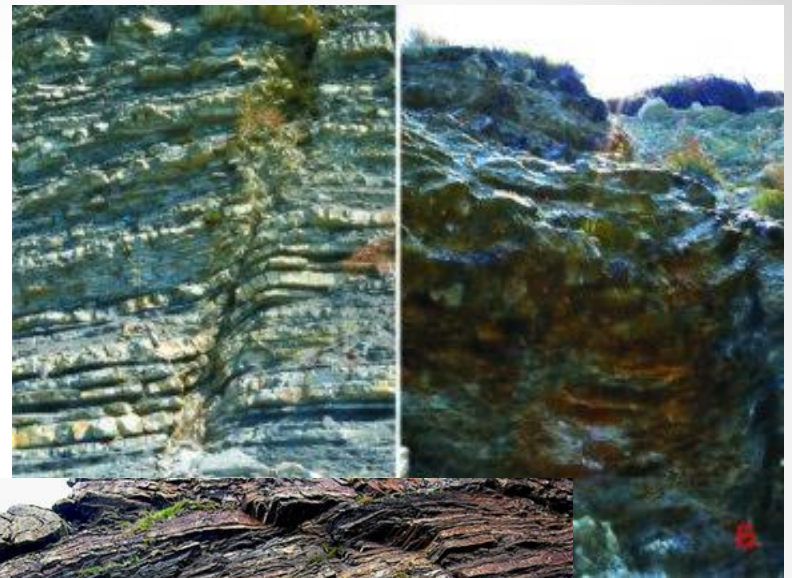
напряжения релаксировались, породы, разрушились, откос частично (при оползании) или полностью (при обрушении) деформировался. В первом случае дальнейшее поведение массива обуславливается остаточным сопротивлением сдвигу.

Нарушения сплошности горных пород являются поверхностями ослабления массива. Различают следующие поверхности:

- **трещины - шероховатые, гладкие, заполненные**
- **слабые слои и прослои (включения водонасыщенных глинистых пород в осадочной толще);**
- **контакты между слоями: нейтральные (не участвуют в формировании первичной поверхности сдвига), пассивные (дополняют основную поверхность сдвига), активные (являются основной поверхностью сдвига);**



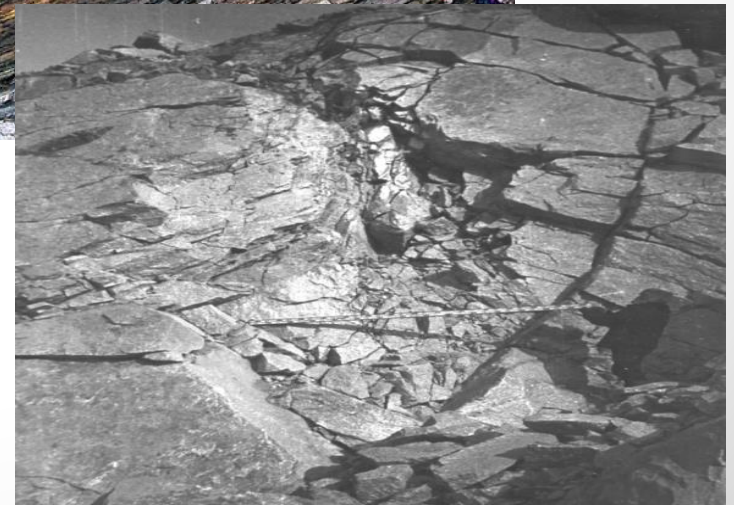
- **крупные разломы и тектонические нарушения;**



- **границы сбросов, взбросов, сдвигов, местных поднятий и опусканий с образованием разрывов;**



- **зоны дробления и смятия пород.**



Классификация деформаций карьерных откосов и их причины

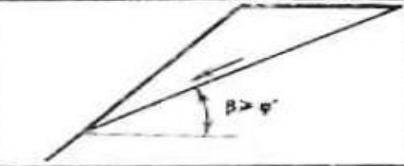
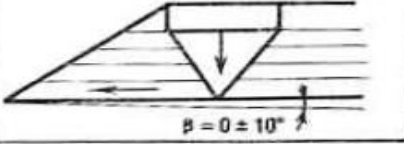
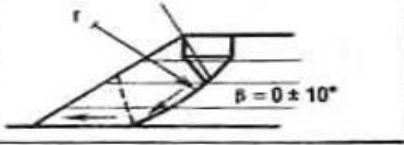
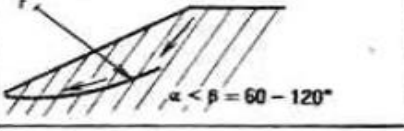
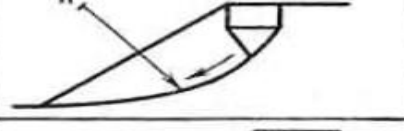


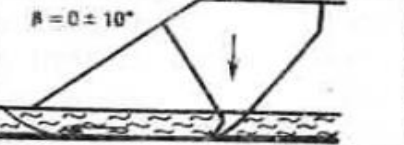
Для условий открытых горных работ Г. Л. Фисенко, предложена классификации где типы деформаций расположены в порядке убывания степени их опасности.

Класс и под-класс	Деформации и их генетический признак	Причины и условия развития процесса
I	Обрушения:	
I.1.	Контактные	а) Подрезка горными выработками поверхностей ослабления массива с углами наклона $\beta \geq 35^\circ$
I.2	Бесконтактные	б) Завышение параметров откоса в однородных породах
I.3.	Смешанные	в) Сочетание а) и б)
II	Оползни	
II.1	Покровные	а) Слабый контакт между рыхлыми и коренными породами
II.2.	Контактные (зепные)	б) Наличие активных поверхностей ослабления подрезаемых и не подрезаемых откосом, увлажнение контактной зоны
II.3	Бесконтактные	в) Завышение параметров откоса в рыхлых породах
II.4.	Смешанные	г) Сочетание б) и в)
II.5	Фильтрационные	д) Вынос потоком слабосвязных частиц на поверхность
II.6	Консистентные	е) Насыщение водой рыхлых связных пород
III	Осыпи	
III.1	Естественные	а) Завышение угла откоса в выветривающихся породах
III.2	Техногенные	б) Влияние дробящего и сейсмического действия взрывов
IV	Промоины	
IV.1	Эрозионные	а) Неорганизованный сброс поверхностных вод
V	Просадки	
V.1	Пустотные	а) Осушение, уплотнение пористых пород, наличие карстов, подземных выработок
V.2	Компенсационные	б) Отжатие (выпор) слабых водонасыщенных пород, залегающих в основании откоса (эффект «тюбика»)

Геомеханическая классификация крупномасштабных деформаций карьерных откосов

Крупномасштабные деформации даны в частной классификации которая позволяет более детально отразить признаки процесса наиболее характерные для данного типа деформации. Эти же признаки должны найти отражение в паспортах деформаций, которые используют для уточнения характеристик сопротивления пород сдвигу.

Крупномасштабные деформации отличаются наличием поверхности скольжения, будь то в крепких или слабых породах, в откосах или отвалах.

Класс и подкласс	Деформации и механизм разрушения	Геологические условия в прибортовой зоне	Механическая модель разрушения массива
I Поверхностные (надподшвенные и подшвенные)			
I.1	Общий сдвиг (отвал, борт)	Наклонные или пологие активные контакты и прослой (между средними слоями, коренными и рыхлыми породами)	
I.2	Оседание со сдвигом, надвигом (борт, отвал)	Активный контакт (слой) в однородных (слоистых) породах или пассивный контакт в слоистых породах	
I.3	Вращение со сдвигом, надвигом (борт)	Пассивный контакт в основании слоистой толщи	
I.4	Сдвиг с вращением (борт)	Пассивный контакт в верхней части борта (лежащий и вислый бока)	
I.5	Вращение (борт, отвал)	Однородные породы, наличие нейтральных контактов (горизонтальные слои, вислый бок, мушкет)	
I.6	Течение (борт, отвал)	Рыхлые водонасыщенные породы	
II Глубинные (подподшвенные)			
II.1	Вращение с выпором (борт, отвал)	Мощный слой глинистых пород в основании	
II.2	Оседание со сдвигом и выпором (борт, отвал)	Активный заглубленный слабый контакт или прослой	

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ ОДНООСНОМ РАСТЯЖЕНИИ

Цель работы: познакомиться с методикой определения предела прочности на одноосное растяжение.

Работа выполняется в соответствии с ГОСТ 21153.3-85 «Породы горные. Методы определения предела прочности при одноосном растяжении».

Стандарт распространяется на твердые горные породы с пределом прочности при одноосном растяжении не менее 0,5 МПа и устанавливает следующие методы определения предела прочности при одноосном растяжении породы по образцам, изготавливаемым из представительной породной пробы:

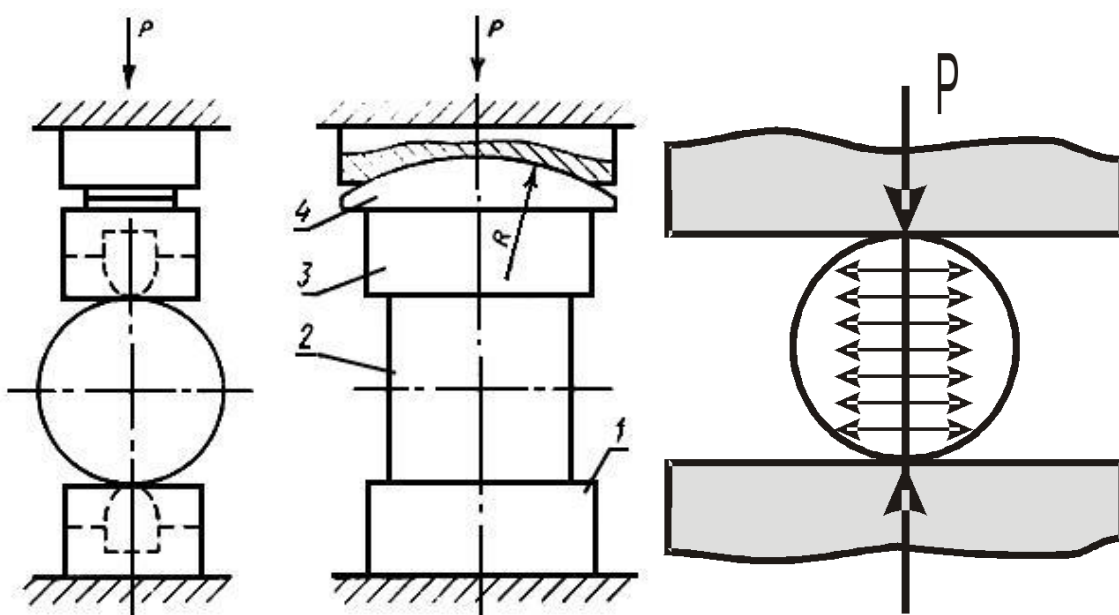
- ✓ метод разрушения цилиндрических и призматических образцов прямым растяжением;
- ✓ метод разрушения цилиндрических образцов сжатием по образующим;
- ✓ метод разрушения образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами;
- ✓ метод комплексного определения пределов прочности при одноосном растяжении и сжатии.

В лабораторной работе проведем испытание скальных горных пород двумя методами.

1. Метод разрушения цилиндрических образцов сжатием по образующим.

Метод предназначен для массовых испытаний с целью определения предела прочности горной породы по заданному сечению образца при одноосном растяжении в направлении, заданном относительно сложения (слоистости) породы.

Сущность метода заключается в проведении испытаний цилиндрических образцов. Испытание каждого образца заключается в измерении значения разрушающей силы, приложенной через стальные встречно направленные плиты или клинья нагрузочного устройства к образующим образца на его диаметральной сечении, ориентированном заданным способом относительно сложения (слоистости) породы.



1 - нижняя плита (нижний клин); 2 - образец; 3 - верхняя плита (верхний клин); 4 - сегмент

1.1. Оборудование, инструменты и материалы.

- испытательная установка «Петромеханикс»
- штангенциркуль ШЦЭ-150

1.2. Подготовка к испытанию.

Для испытания изготавливают цилиндрические образцы. Образцы изготавливают выбуриванием или выпиливанием на камнерезной машине из шtuффов и кернов, их торцевые поверхности шлифуют на шлифовальном станке. Размеры образцов должны соответствовать указанным в таблице.

Параметр образца	Размеры, мм, при испытаниях	
	массовых	
	предпочтительные	допускаемые
Диаметр (сторона квадрата)	42 ± 2	От 30 до 80 включ.
Отношение высоты образца к его диаметру m	От 1,0 до 2,0	От 0,7 до 2,0

Образующая боковой поверхности образца должна быть прямолинейной по всей длине. Отклонения от прямолинейности - не более 0,2 мм. Допускаемая шероховатость поверхности - не более 0,5 мм. На каждом образце должно быть намечено карандашом сечение задаваемого раскола образца (разрыва породы). образцы, подготовленные для испытания, должны иметь одинаковые размеры. Допускаются отклонения расчетных значений диаметра и длины каждого образца от их средних арифметических значений по всем образцам выборки не более 1 мм. За расчетный диаметр принимают среднее арифметическое результатов всех измерений. Количество образцов при массовых испытаниях должно обеспечивать относительную погрешность результатов их испытаний не более 20 % при надежности не ниже 0,8 и быть не менее 6.

1.3. Проведение испытания.

Образец размещают в центре опорной плиты испытательной машины (пресса) между клиньями. Образец между клиньями размещают так, чтобы ось образца и линии касания к нему клиньев находились в плоскости задаваемого раскола (разрыва породы). Отклонение от плоскостности не более 0,5 мм. Образец нагружают равномерно до разрушения со скоростью 1-5 МПа/с.

Записывают максимальную величину разрушающей образец силы P в килоньютонах, зафиксированную силоизмерителем испытательной машины.

1.4. Обработка результатов

Значение предела прочности при одноосном сжатии σ_p в МПа для каждого i -го образца выборки вычисляют по формуле

$$\sigma_p = \frac{P}{S} \cdot 10$$

где P - разрушающая образец сила, кН;

S - площадь разрыва образца, см²;

Результаты испытания заносятся в таблицу.

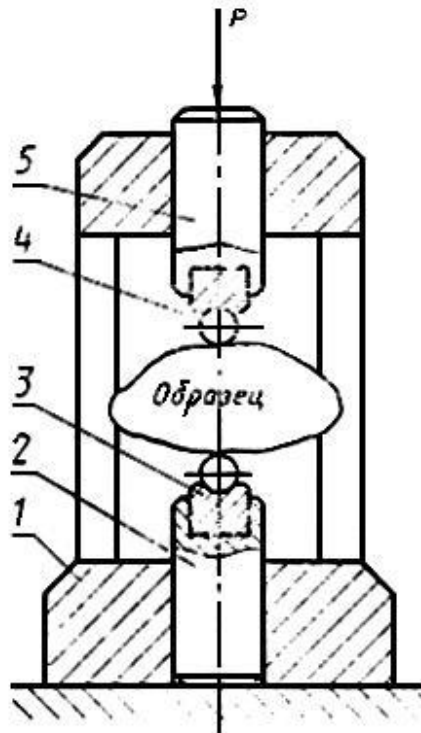
№	Высота образца, см	Диаметр образца, см	Площадь разрыва образца, см ²	Разрушающая образец сила, кН;	Предел прочности при одноосном растяжении, МПа
1					
2					
3					
4					
5					
6					

За окончательный результат принимается среднее арифметическое по 6 испытаниям.

2. Метод разрушения образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами.

Метод предназначен для исследовательских и массовых испытаний горных пород в лабораторных и полевых условиях с целью определения предела прочности при одноосном растяжении в направлении, перпендикулярном к слабейшему сечению, проходящему через ось нагружения образца.

Сущность метода заключается в измерении разрушающей силы, приложенной к образцу через стальные встречно направленные сферические инденторы.



1 - корпус; 2 - нижний шток; 3 - вкладыш; 4 - индентор; 5 - верхний шток

2.1. Оборудование, инструменты и материалы.

- испытательная установка АСИС
- штангенциркуль ШЦЭ-150

2.2. Подготовка к испытанию.

Образцы изготавливают из штуфов или кернов, образцы неправильной формы подготавливают откалыванием, отпиливанием или подшлифовкой, используя любое подходящее оборудование. Размеры образцов и места их нагружения встречными инденторами должны быть такими, чтобы площадь поверхности разрыва (раскола) была не менее 3 и не более 100 см². Предпочтительно - (15±3) см². При этом площади поверхности раскола образцов одной выборки не должны отличаться более чем в два раза. Места нагружения инденторами намечают карандашом.

Ось нагружения образца инденторами должна быть ориентирована относительно строения (слоистости) породы в соответствии с заданным направлением растяжения породы и должна быть удалена от ближайшей

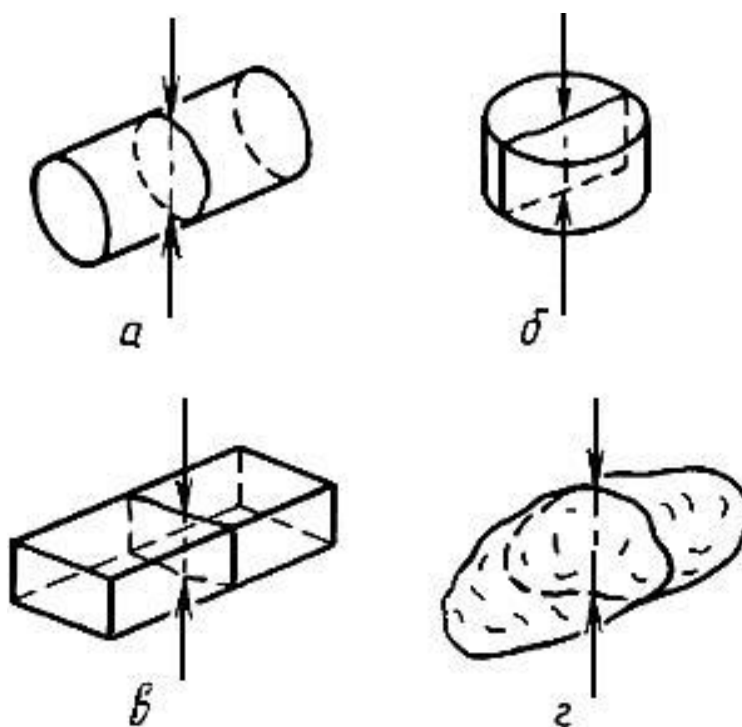
боковой поверхности образца на расстояние не меньшее половины высоты образца.

Для устойчивого положения между инденторами образца неправильной формы на двух противоположных его поверхностях непосредственно в местах предполагаемого контакта с инденторами выбирают или подготавливают любыми средствами примерно параллельные площадки не менее 10x10 мм.

Количество образцов правильной формы должно быть не менее 6, а неправильной формы не менее 10, при условии обеспечения надежности результатов не ниже 80% и относительной погрешности.

2.3. Проведение испытания.

Образец устанавливают между инденторами, наиболее рациональные схемы установки образцов приведены на рисунке.



Образец нагружают через пуансоны равномерно до разрушения со скоростью 0,1 - 0,5 кН/с.

Записывают максимальную величину разрушающей образец силы P в килоньютонах, зафиксированную силоизмерителем испытательной машины.

Определяют величину площади поверхности разрыва образца в квадратных сантиметрах.

2.4. Обработка результатов

Значение предела прочности при одноосном сжатии σ_p в МПа для каждого образца вычисляют по формуле

$$\sigma_p = 7,5 \frac{P}{S} \cdot K$$

где P - разрушающая образец сила, кН;

S - площадь поверхности разрушения образца, см²,

K - безразмерный масштабный коэффициент, принимаемый равным 1,00 при S=(15±3) см². Для других значений коэффициент устанавливается по таблице.

S, см ²	3	4	5	8	10	15	20
K	0,67	0,72	0,76	0,85	0,9	1,0	1,08
S, см ²	30	35	40	45	50	80	100
K	1,19	1,24	1,28	1,32	1,35	1,52	1,61

Вычисление площади поверхности разрыва образцов неправильной формы производят с погрешностью до 0,10 см², а образцов правильной формы - до 0,01 см², округляют до 0,10 см². Результаты испытания заносятся в таблицу.

№	Площадь поверхности разрушения образца, см ²	Разрушающая образец сила, кН;	Предел прочности при одноосном растяжении, МПа
1			
2			
3			
4			
5			
6			

За окончательный результат принимается среднее арифметическое по 6 испытаниям.