

Деформации бортов и уступов. Обрушения.

ЛЕКЦИЯ 7

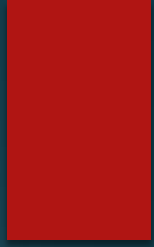
В различных инженерно-геологических условиях непосредственное обрушение пород длится от нескольких секунд до нескольких минут. Непосредственному обрушению предшествует более продолжительная по времени неявная стадия микроподвижек. На этой стадии вдоль наиболее напряженной поверхности (потенциальная поверхность обрушения) происходит перераспределение напряжений.

Этот процесс можно наглядно представить следующим образом.

Неустойчивый массив обладает определенным запасом потенциальной энергии, которая в момент нарушения устойчивости откоса переходит в кинетическую энергию обрушения. Эта потенциальная энергия распределена вдоль наиболее напряженной поверхности между частицами и представляет собой энергию связности породы. В определенных условиях в массиве возникают микродефекты и нарушаются микросвязи. Потеря энергии «лопнувших» связей компенсируется за счет резервов еще существующих, так как количество ее должно сохраняться неизменным до перехода в новое качество. В итоге потенциальная энергия сдвига концентрируется в каком-то критическом минимальном числе «устоявших» связей. Этот момент соответствует состоянию предельного равновесия массива, когда коэффициент его устойчивости $n = 1$. При дальнейшем нарушении связей массив, исчерпавший все свои потенциальные возможности сохранения устойчивости, обрушается. Весь запас потенциальной энергии мгновенно переходит в кинетическую энергию обрушения. Этим и объясняется катастрофический характер этого вида деформации откосов.







Продолжительность неявной стадии микроподвижек зависит от соотношения сдвигающих и удерживающих сил в массиве сразу же после проведения выработки (исходное соотношение сил) и интенсивности потерн прочности пород до наступления состояния предельного равновесия. В каждом отдельном случае эта стадия будет иметь различную продолжительность. Наблюдать инструментально микроподвижки обычно начинают уже после появления явных признаков деформации массива. Следовательно, можно говорить только о продолжительности этой стадии. Она длится от нескольких дней до нескольких месяцев. Иногда процесс затухает (например, в результате предотвращения попадания воды в нарушенную зону) и прекращается или же вновь активизируется. На бортах карьеров можно встретить трещины отрыва, образовавшиеся карьеров можно встретить трещины отрыва, образовавшиеся несколько лет назад. Основное отличие обрушения от оползня, проявляющееся после преодоления равновесного барьера ($n=1$). заключается в том, что в случае обрушения преодоление состояния предельного равновесия разрешается катастрофически (происходит своего рода «взрыв») и прежнее состояние равновесия уже не может быть восстановлено.



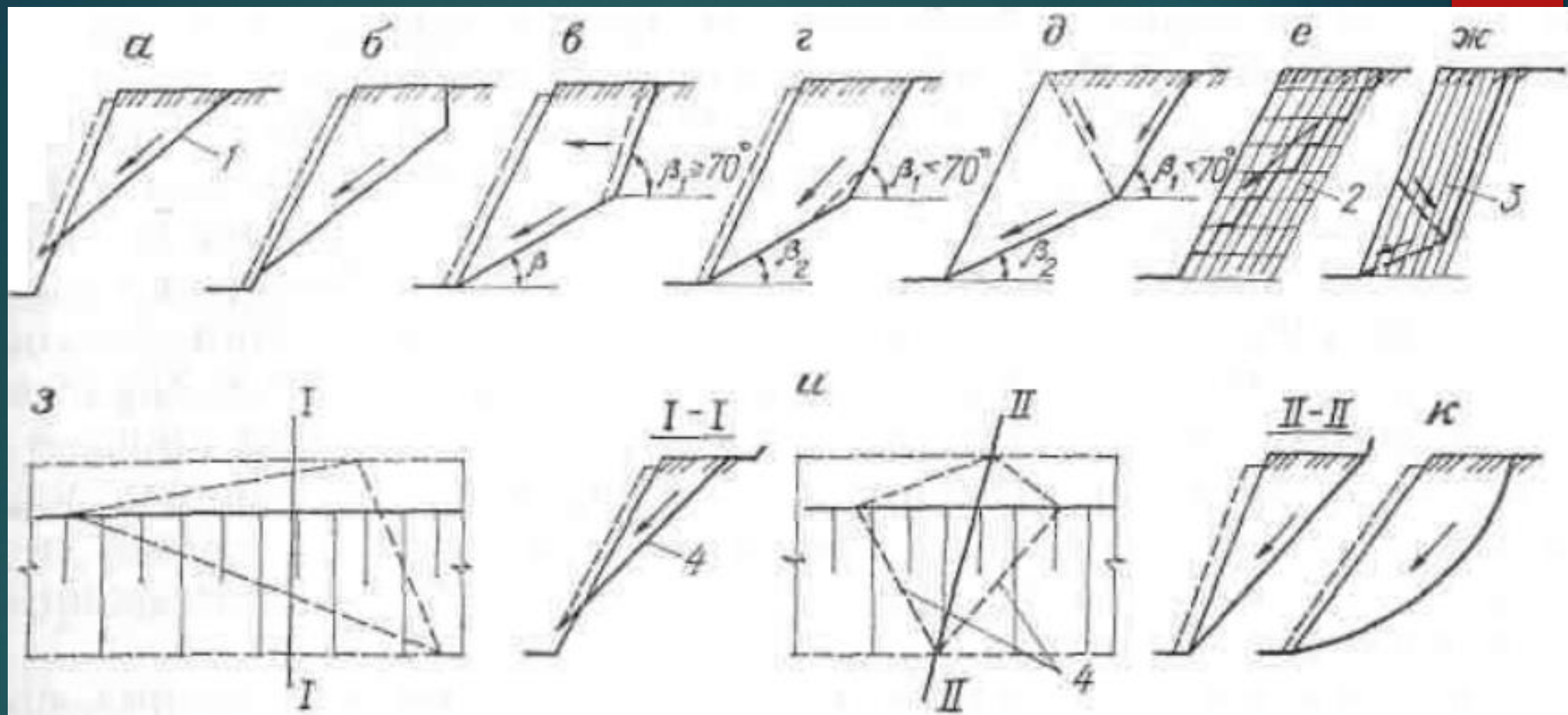


С точки зрения геомеханики **обрушение** — это прогрессирующий во времени необратимый процесс нарушения связности в горных породах, завершающийся быстрым смещением неустойчивого массива.

Наиболее часто обрушения происходят в результате:

- несоответствия проектных параметров откосов геологическим, инженерно-геологическим или горнотехническим условиям;
- несоответствия фактических параметров откосов проектным;
- нарушения технологии ведения горных работ (изменения направления подвигания фронта горных работ, подрезки слабых контактов горными выработками, несоблюдения очередности отработки отдельных блоков или заходок и др.);
- наличия поверхностен ослабления массива, не обнаруженных во время инженерно-геологических изысканий;
- снижения прочностных характеристик пород в результате непредвиденных воздействий на породы;
- нарушения режима осушения месторождения.





Схемы обрушения уступов в нарушенных зонах и формы поверхностей скольжения:

а — плоская; б — то же, с вертикальной трещиной отрыва; в — то же, с наклонной поверхностью отрыва; г — монотонная криволинейная; д — призматическая с дополнительной поверхностью скола; е — ступенчатая; ж — призматическая с дополнительными поверхностями сдвига вкrest слоистости; з — кососекущая с поверхностью отрыва в торце консоли; и — желобчатая; к — круглоцилиндрическая; 1 — согласные трещины; 2 — системы трещин; 3 — слоистость; 4 — кососекущие нарушения

Механизм разрушения уступов в основном определяется геологическим строением и структурой массива. В анизотропных породах сдвиг происходит по поверхностям ослабления, положение которых predetermined строением пород и степенью их нарушенности.

В изотропных породах поверхность скольжения образуется в процессе разрушения откоса. Важное значение имеет также взаимная ориентация поверхностей ослабления и откоса. Более простой случай—падение основной поверхности ослабления в сторону выработки. Параметры откосов определяют путем решения плоской задачи.

При диагональной ориентации поверхностей ослабления в ряде случаев необходимо решать объемную задачу, так как сдвиг происходит по двум поверхностям скольжения, ориентированным под некоторым углом друг к другу, что обуславливает сложный характер взаимодействия сил, приложенных к призме возможного обрушения.











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:

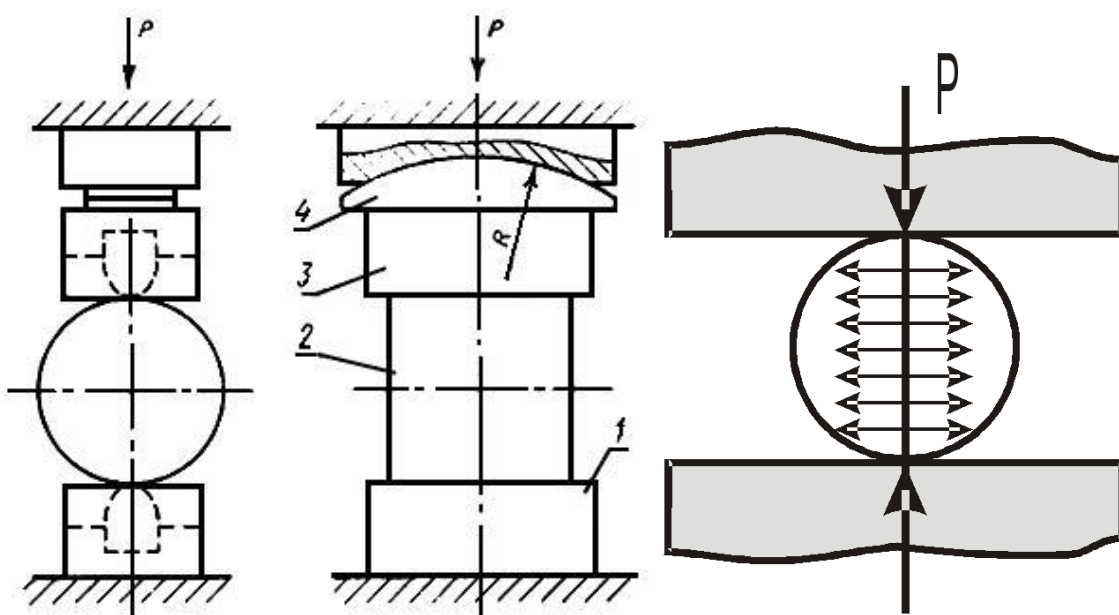
- ✓ метод разрушения цилиндрических и призматических образцов прямым растяжением;
- ✓ метод разрушения цилиндрических образцов сжатием по образующим;
- ✓ метод разрушения образцов произвольной формы встречными сферическими инденторами;
- ✓ метод комплексного определения пределов прочности при одноосном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

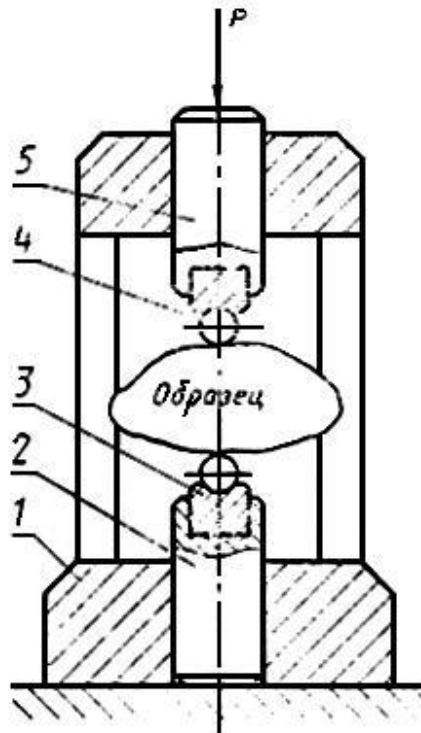
№	Высота образца, см	Диаметр образца, см	Площадь разрыва образца, см ²	Разрушающая образец сила, кН;	Предел прочности при одноосном растяжении, МПа
1					
2					
3					
4					
5					
6					

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

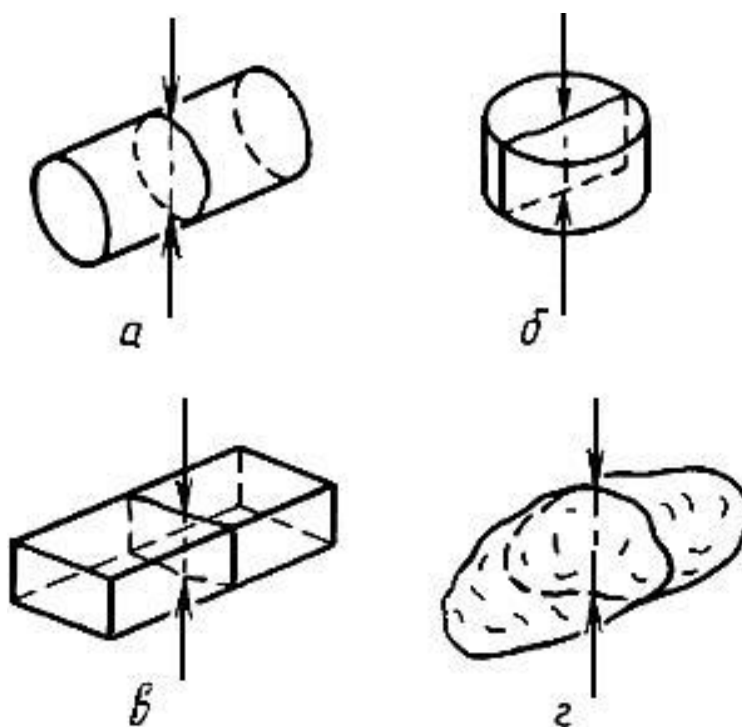
боковой поверхности образца на расстояние не меньшее половины высоты образца.

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.