

*УДК 622.271*

*Р.П. ОКАТОВ  
О.Г. БЕСИМБАЕВА  
И.Н. ВОРОНКОВ  
Н.Ф. НИЗАМЕТДИНОВ*

### **Управление устойчивостью карьерными откосами в анизотропной среде с обеспечением инструментального контроля**

Решение проблемы обеспечения устойчивости откосов уступов и бортов карьеров основывается на базе изучения строения и прочности прибортовых массивов, правильного обоснования параметров откосов с учетом использования соответствующих расчетных схем устойчивости, управления технологией ведения буровзрывных работ при постановке откосов на проектный контур и обязательного инструментального контроля их состояния.

Поставленная проблема для условий карьера «Конырат» Балхашского ГМК корпорации «Казахмыс», связанная с появлением на западном борту между горизонтами 375-270 м локального нарушения прибортового массива, решается проведением комплексных исследований структуры прибортового массива, наблюдений за положением реперов, заложенных на западном борту карьера и реперов в районе локального обрушения.

Обследование фактического состояния бортов карьера показывает, что в скальных и полускальных трещиноватых массивах при вполне устойчивом состоянии всего борта [1] наблюдаются локальные деформации уступов. Эти обрушения происходят в виде вывалов породных блоков по поверхностям ослабления естественного происхождения, к которым отно-

сятся трещины отдельности большого протяжения, контакты слоёв и тектонические нарушения. Размеры этих поверхностей всегда соизмеримы с высотами откосов уступов. Поэтому устойчивость откосов уступов в скальных и полускальных породах складывается из устойчивости отдельных породных призм и пирамид, оконтуренных с одной стороны поверхностью откоса, а с другой — одной или несколькими поверхностями ослабления.

Для изучения структурно-тектонических особенностей прибортового массива карьера «Конырат» была произведена съёмка трещиноватости пород в районе происшедшего локального обрушения на западном борту (в районе разреза 0-0, между горизонтами 375-270 м). В полевом журнале записывались поинтервально измеренные компасом азимуты простирания всех выявленных трещин и углы их падения. Произведена зарисовка всего обрушения и зафиксированы места замерных станций.

Все точечные массовые замеры наносились на прямоугольную диаграмму (рис. 1) трещиноватости [2] для выявления систем трещин. Оконтуривание точек, относящихся к отдельным системам, производилось их группированием в интервалах угла падения и дирекционного угла простирания, равных 30°.

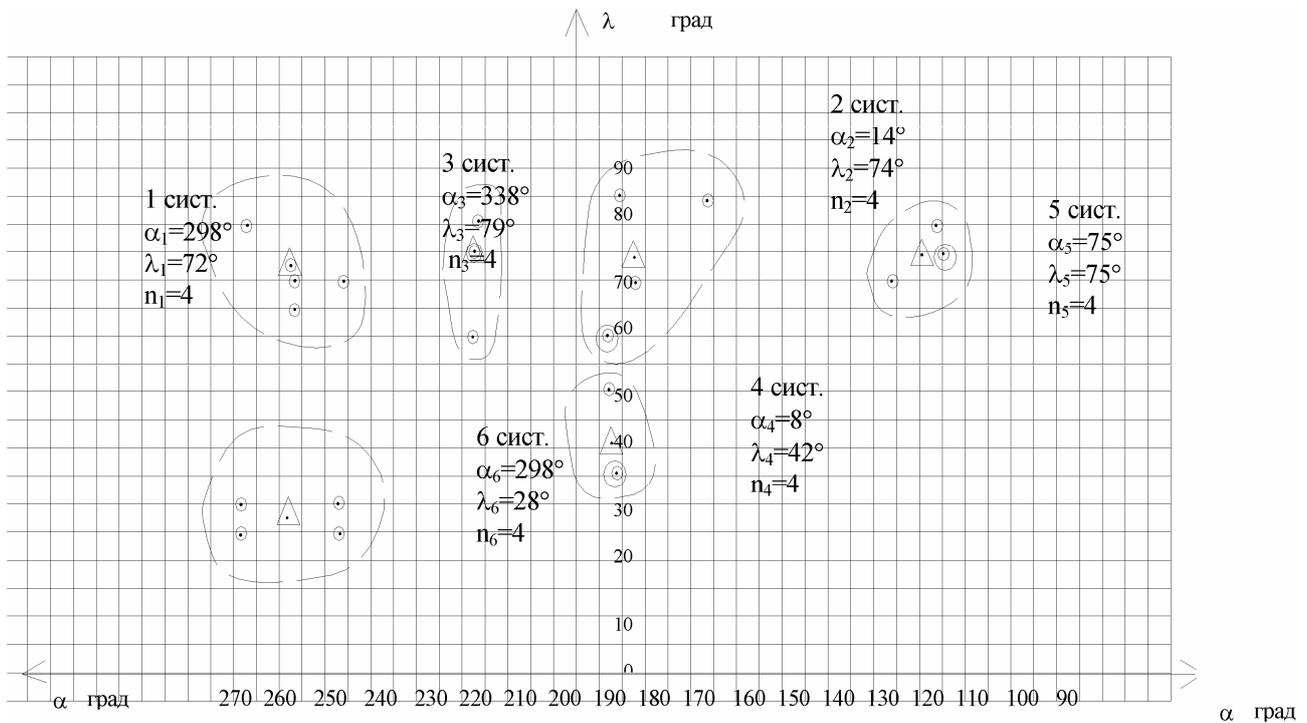


Рис. 1. Прямоугольная диаграмма трещиноватости

Средние значения элементов залегания каждой системы трещин определялись аналитически или графически как средневзвешенные путём последовательного нахождения их центра. В результате такой обработки на диаграмме чётко выделились 6 систем трещин, для которых были определены дирекционный угол простирания  $\alpha_i$ , угол падения  $\lambda_i$  и количество замеров  $n_i$ .

На плане горных работ в районе обрушения каждая система трещин, выделенная при обработке прямоугольной диаграммы, показана вектором, направленным по дирекционному углу её простирания. В общем случае длина вектора в масштабе соответствует числу единичных замеров трещин в данной системе. От направления вектора стрелкой вправо указывается падение системы трещин, а числом — величина угла падения. Далее все выявленные шесть систем трещин классифицировались независимо от их генезиса на продольные, диагональные и поперечные [3] относительно простирания борта карьера, а по углу падения трещины делились на пологие, с углом падения не более  $30^\circ$ , наклонные —  $31^\circ$ - $60^\circ$  и крутые — от  $61^\circ$  до  $90^\circ$ .

Классификационная диаграмма позволила определить наиболее опасные системы трещин, которые могут служить потенциальными поверхностями обрушения откоса уступа и реализоваться в первую очередь. Нахождению таких систем помогают структурные разрезы (решетки трещиноватости), являющиеся основой для выбора расчётных схем устойчивости откосов. Такой структурный разрез для рассматриваемого участка борта показан на рис. 2.

В зависимости от видов деформации трещиноватых массивов разработано [3] 8 типовых расчётных схем устойчивости откосов, отражающих в полной мере напряжённое состояние массива и учитывающих практически все случаи пространственного залегания

поверхностей ослабления. Для каждой расчётной схемы определены условия применения, способ заоткоски и разработаны аналитические формулы по вычислению предельно устойчивой высоты ( $h$ ), ширины призмы возможного обрушения ( $r$ ), коэффициента устойчивости откоса ( $n_y$ ) при заданных его параметрах.

Изучение трещиноватости прибортового массива карьера «Коньрат» в районе локального обрушения с гор. 375 до гор. 270 м позволило выявить шесть систем трещин, из которых наиболее опасными, с точки зрения устойчивости откоса, являются три системы трещин 2, 3 и 4 с элементами залегания:

$$\alpha_2=14^\circ, \lambda_2=74^\circ; \alpha_3=338^\circ, \lambda_3=79^\circ; \alpha_4=8^\circ, \lambda_4=42^\circ.$$

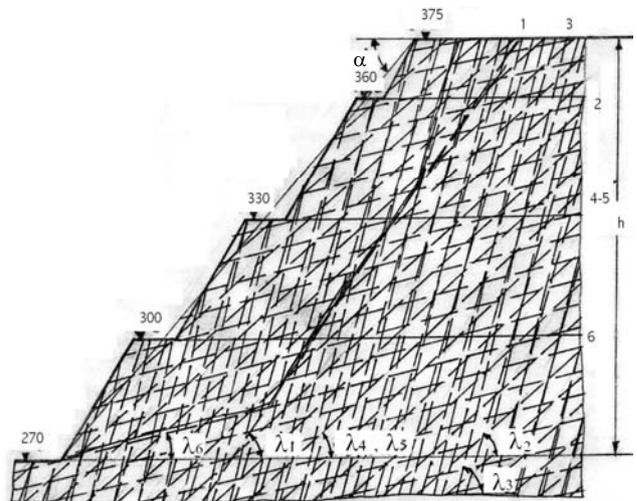


Рис. 2. Структурный разрез по О-О

Эти системы трещин образуют призму возможного обрушения на оползневом участке. Система трещин 4 может реализовать I расчётную схему, системы 2 и 4

— реализуют IV расчетную схему, а все три опасные системы трещин могут реализовать расчетную схему VII. Остальные схемы не реализуются.

По выделенным расчетным схемам (I, IV, VII) были выполнены расчеты высоты предельно устойчивого откоса  $h$ , ширины призмы возможного обрушения ( $r$ ) и коэффициента устойчивости  $n_y$  откоса высотой  $h=100$  м. Все три расчетные схемы показали практически одинаковые значения  $h$  и  $r$ , подтверждая неустойчивость откоса с гор. 375 м до 270 м, при принятых значениях сцепления и угла внутреннего трения по трещинам. Согласно выполненным расчетам, высота предельно устойчивого откоса (при коэффициенте устойчивости, равном 1) для условий западного борта карьера в районе локального обрушения может быть не более 93 м. В связи с тем, что физико-механические свойства пород  $K'$  и  $\rho'$  по трещинам были приняты на основании обобщения имеющихся данных, коэффициент запаса устойчивости должен быть равен 1,5 в соответствии с инструкцией ВНИМИ о достоверности исходных данных при расчетах. Тогда при коэффициенте устойчивости, равном 1,5, высота устойчивого откоса может достигать порядка 62 м. Так как откос с гор. 375 м до гор. 270 м находится в неустойчивом состоянии, случаи обрушения откоса могут возникнуть на всем протяжении западного борта гор. 375 до гор. 270 м.

Для контроля состояния транспортной бермы на гор. 375 м заложена наблюдательная станция из ме-

таллических реперов в количестве 12 штук. Для оперативного контроля за состоянием откоса на опасном участке необходимо выполнять систематические инструментальные наблюдения по реперам станции.

С целью наблюдения за состоянием всего западного борта карьера «Коньрат» были выполнены инструментальные наблюдения по заложенным реперам в виде профильных линий: I, II, III, IV, V с первого уступа до горизонта 485 м, на котором располагается продольная станция VI вдоль транспортной бермы (рис. 3). Реперы наблюдательной станции изготовлены из металлических стержней диаметром 20-30 мм, длиной 1 м. Центр репера отмечен керном. Опорные реперы закреплены и представляют собой металлические столбы с подставкой для установки инструмента, что значительно снижает время на центрирование и горизонтирование прибора.

Наблюдения за положением реперов наблюдательных станций выполнены с использованием электронного тахеометра ЗТА5. Перед началом наблюдений производилась ориентировка тахеометра на пункты опорной сети. В результате наблюдений определялись координаты X, Y, Z реперов наблюдательных станций в системе координат, принятой на карьере.

Применение электронного тахеометра ЗТА5 значительно сокращает время на производство инструментальных наблюдений. Для повышения точности инструментальных наблюдений с использованием ЗТА5 соблюдались следующие условия работы:



Рис. 3. Наблюдательная станция за состоянием западного борта карьера «Коунрадский»

- установка отражателей вертикально строго по уровню;
- обязательное измерение атмосферного давления с точностью до 1 мм рт.ст., температуры воздуха до 1°C и внесение этих изменений в данные прибора;
- повторное наведение на исходное направление для замыкания горизонта в течение серии наблюдений;
- координаты рабочих реперов определялись методом двойного наведения на отражатель.

Анализ результатов наблюдений, приведенных в приложении №1, позволяет сделать вывод о том, что в целом прибортовой массив западного борта находится в устойчивом состоянии, несмотря на локальное обрушение откоса с гор. 375 м на гор. 270 м. Изменение координат X, Y, Z постоянных реперов наблюдательной станции находится в пределах точности инстру-

ментальных наблюдений тахеометра.

Для усовершенствования методов инструментальных наблюдений за состоянием прибортового массива рекомендуется установка стационарных отражателей на определенной высоте над постоянными реперами наблюдательной станции и устройство базиса из опорных пунктов. Использование электронного тахеометра и стационарных отражателей позволит в кратчайший период времени получить информацию о состоянии борта, о величине смещений реперов, чтобы принимать оперативные решения в случае выявления недопустимых смещений. С целью уменьшения локальных вывалов и повышения устойчивости транспортных берм на карьере «Конырат» необходимо постановку откосов уступов на проектный контур осуществлять с использованием специальных технологических схем заоткоски.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фисенко Г.Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. М.: Недра, 1965.
2. Попов И.И., Окатов Р.П., Низаметдинов Ф.К. Механика скальных массивов и устойчивость карьерных откосов. Алма-Ата: Наука. 1986.
3. Окатов Р.П. Исследование устойчивости приконтурных уступов. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1972.

УДК 622.235

Б.А. АБДРАХМАНОВ  
Ж.А. ИБРАЕВ  
И.З. АМИРХАНОВ

### Определение параметров технологии контурного (гладкого) взрывания

Основной задачей гладкого взрывания является образование узкой щели по контуру борта уступа без разрушения целика, непосредственно прилегающего к этой щели. В связи с этим параметры технологии контурного взрывания, как-то: соотношение диаметров заряда и скважины, расстояние между зарядами, создающими контурную щель и рядом скважин разрыхления, схемы и интервалы их взрывания, должны быть таковыми, чтобы обеспечить минимальную нарушенность бортов. Достижение этого представляется возможным путем управления разрушающим действием взрыва на основе уменьшения протяженности зон взрывного трещинообразования в пределах контурной щели.

В настоящее время известны два основных способа обеспечения контурного взрывания путем снижения давления продуктов детонации на стенки скважины за счет:

- создания воздушных полостей вокруг заряда;
- использование ВВ с пониженными детонационными характеристиками.

При этом параметры технологии контурного взрывания при сохранности бортов уступа должны обеспечивать качественное щелеобразование.

При взрыве скважинного заряда под действием волн напряжений взрыва происходит процесс трещинообразования в окружающем массиве. Под действием нормальной (сжимающей) составляющей волны напряжений вблизи от заряда образуется зона дробления; под действием растягивающей составляющей волны напряжений формируется зона радиальных трещин. Под действием давления газов взрыва проис-

ходит дальнейшее развитие процесса трещинообразования и сдвигание разрушенного трещинами массива.

Задача определения оптимальных параметров технологии контурного взрывания сводится к выбору определенных соотношений диаметра заряда и скважины ( $D_{зар}/D_{скв}$ ), или соответствующего типа ВВ, обеспечивающих снижение протяженности радиальных трещин, и тем самым сохранность бортов уступов, но достаточных для формирования контурной щелевой полости, являющейся защитным экраном от действия волн напряжений взрыва и газов взрыва скважинных зарядов рыхления.

При этом существенное значение имеют такие параметры, как расстояния между контурными зарядами или скважинами и первым от них рядом зарядов или скважин рыхления, которые будут зависеть от протяженности зон взрывного трещинообразования. В свою очередь эти параметры определяются физико-механическими и структурными характеристиками пород (крепость, трещиноватость, блочность) и взрывотехническими показателями ВВ (бризантность, скорость детонации). Протяженность зоны взрывного трещинообразования может быть оценена с помощью следующих зависимостей:

$$R_T = \left( \frac{0,316^* P_{нт}}{\sigma_p} \right)^{1/1,684},$$

где  $P_{нт}$  — давление на контакте взрывные газы — порода;  
 $\sigma_p$  — предел прочности на разрыв,  $\sigma_p = 0,1 \sigma_{сж}$ ;  
 $\sigma_{сж} = 100f$ ;