

схему проходки траншей.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку, технико-экономическое и практическое обоснование ресурсосберегающих технологических схем вскрытия и ввода в эксплуатацию глубоких горизонтов карьеров в сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях.

Список литературы

1. Методическое обоснование выбора рациональной схемы водоотлива в условиях кимберлитовых карьеров. / Е.Л. Алькова, С.В. Панишев, С.А. Ермаков // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. - № 10.- С.192-198.
2. Арсентьев А.И. Устойчивость бортов и осушение карьеров / А. И. Арсентьев, И. Ю. Букин, В.А. Мироненко. - М.: Недра, 1982. – 165 с.
3. Руководство по дренированию карьерных полей / под ред. В.А.Мироненко. – Л.: ВНИМИ, 1968. – 171 с.
4. Организация горных работ при подготовке новых горизонтов на обводненных карьерах / И.И. Дуданов, Д.Н. Лигоцкий, Г.А. Холодняков, В.С. Авраамов // Записки Горного института. 2009. - Том 181.- С. 61-64.
5. Науман Э. Принять решение – но как? – М.:Мир, 1987. – 198 с.

Рукопись поступила в редакцию 06.03.12

УДК 622.83: 622.271.33

Ю.М. НИКОЛАШИН, д-р техн. наук, проф.,

Ю.В. ПЕРЕГУДОВ, аспирант, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ СХЕМА РАСЧЕТА УСТОЙЧИВОСТИ ПОДРАБОТАННОГО БОРТА КАРЬЕРА С КРУТОПАДАЮЩЕЙ СЛОИСТОСТЬЮ

Предложена схема расчета устойчивости подработанного борта глубокого карьера с учетом развития областей сдвижения горных пород при крутопадающей слоистости массива

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Решение проблемы устойчивости подработанных бортов карьеров глубиной 500-700 м связана с обеспечением безопасного ведения открытых горных работ. В основе решения проблемы лежат научные представления о формировании зон сдвижения горных пород в подработанном массиве и призме возможного обрушения борта карьера.

На основе данных о сдвижении горных пород и деформациях бортов карьеров назначают меры защиты откосов от обрушений.

Горные меры охраны бортов карьера от обрушений обеспечивают специальный порядок ведения горных работ, позволяющий уменьшить проявление процесса сдвижения горных пород на поверхности борта. К этим мерам относят: применение различных видов закладки выработанного пространства, погашение пустот, прогнозирование состояния массива горных пород и определение условий устойчивого состояния подработанных бортов. Если безопасность горных пород не обеспечена, возможны катастрофические последствия.

Анализ исследований и публикаций. Основным источником информации о реальном ходе процесса сдвижения горных пород являются натурные наблюдения. Так, на Глееватском месторождении геомеханические наблюдения ведутся с 1950 г. (службой сдвижения карьера №1 с 1965 г.). Исследования процесса сдвижения горных пород в карьере выполняли институты ВНИМИ, ВИОГЕМ, КГРИ и др. В результате наблюдений и исследований установлены границы зон возможного воронкообразования, обрушения, полных и плавных сдвижений в действующем карьере № 1 от подземной разработки до глубины 1000 м [1]. Инструментальными и геофизическими наблюдениями за деформациями подработанного восточного борта на его поверхности и в штольнях гор.(-20) и (-50) м выявлено одновременное влияние на состояние массива развития процессов сдвижения от подземных работ и оползневых - от открытых [2,3].

По результатам инструментальных наблюдений за смещениями реперов, заложенных на поверхности восточного борта, установлено преимущественное влияние на верхних горизонтах открытого выработанного пространства карьера №1 в пределах 0,5 высоты борта. Затем направление векторов смещения изменяется на обратное: в сторону подземного выработанного пространства, и на нижних горизонтах направление смещение реперов имеет наклон в пределах

значений углов сдвижения от подземной разработки.

В штольнях по всей их длине до 200 м вглубь массива наблюдались смещения реперов параллельные крутопадающей слоистости массива лежащего бока.

Полученные результаты согласуются с гипотезой С.Г. Авершина [4] об изменении в мульде сдвижения векторов напряжений и деформаций в массиве пород подработанных бортов. При этом он указывал, что решающее значение имеет соотношение горизонтальных векторов деформаций.

Изменения структуры нарушенности массива подтверждаются данными бурения разведочных скважин на восточном борту карьера №1 ПАО «ЦГОК», обнаружившие расслоение крутопадающей толщи по нормали между слоями до 3 м и область беспорядочного обрушения мощностью 110-130 м по нормали к кровле выработанного пространства.

На положение поверхности скольжения оказывают влияние тектоническая нарушенность массива высокого (интенсивность трещиноватости) и низкого порядков - (Саксаганский разлом, Диагональный надвиг, более 20 поперечных разломов).

В массиве горных пород восточного борта выделено четыре системы трещин до гор. (-180) м: меридиональная M - напластования, крутопадающие согласно простирания борта (азимут падения 300° , углы падения $50-65^\circ$);

субмеридиональная M_s - от пологопадающих до крутых согласно простирания борта; трещины скалывания, немногочисленные (в некоторых тектонических блоках низкого порядка), средний азимут падения 120° , углы падения $25-80^\circ$;

широтная N - поперечные, диагональные по отношению к простиранию борта (средний азимут падения 30° , углы падения $32-75^\circ$);

субширотная N_s - поперечные, кососекущие пологие по отношению к простиранию борта (средний азимут падения 180° , углы падения $50-75^\circ$).

Характерной особенностью распределения интенсивности систем трещин в тектонических блоках по глубине карьера является их сложная взаимозависимость, которую можно уточнить при подвигании борта к конечному контуру.

Наиболее существенным влиянием на состояние призмы возможного обрушения при её подработке является снижение прочностных свойств массива горных пород за счет изменения его структуры, величин углов внутреннего трения и сцепления по поверхностям ослабления.

Действующие в Украине «Методические указания по определению оптимальных углов наклона бортов...» не содержат указаний к решению задач по обеспечению устойчивости подработанных бортов карьера [5]. Общие рекомендации к оценке устойчивости подработанных бортов угольных разрезов применяют в РФ [6].

Достигнутые в Украине результаты исследований проявления процесса сдвижения горных пород на рудных месторождениях позволяют обоснованно производить выбор расчетных схем устойчивости подработанных бортов, а также расчетного метода оценки их степени устойчивости.

Постановка задачи. Необходимо повысить надежность оценки устойчивости подработанного борта карьера в зависимости от изученности геолого-структурных особенностей месторождения, процесса сдвижения горных пород и учета изменений прочности свойств нарушенного массива.

Изложение материала и результатов. При совместной разработке крутопадающих залежей богатых руд и железистых кварцитов Глееватского месторождения в подрабатываемом восточном борту карьера №1 формируются зоны беспорядочного обрушения, прогиба слоев с их рассланцеванием, террас и трещин. Процесс сдвижения горных пород в призме возможного оползания борта осложняется выходом на его поверхность воронок обрушения. Кроме этого, по падению и простиранию отработанных залежей «Основного» и «Параллельного простирания» находится значительное количество безрудных включений (блоков) площадью в несколько тыс. м² каждый, что создает условия для формирования зон опорного давления и разгрузки, раскалывающие подработанный массив на оседающие блоки (рис. 1).

Прочность (табл. 1) и крутопадающее залегание железистых и сланцевых горизонтов Криворожской серии пород, ориентировка систем тектонических трещин большой протяженности в массиве горных пород, определяют форму потенциальных поверхностей скольжения в борту карьера. Положение поверхности скольжения определяют графо-аналитическим методом расчета, учитывающего реакции действующих сил по поверхности ослабления на границах расчетных блоков [5,6].

При этом расчеты выполняют по нескольким поверхностям скольжения: в зонах интенсивной тектонической трещиноватости разломов и сдвигов (надвигов) блоков, расслоения слоев и области беспорядочного обрушения, среди которых устанавливают наиболее напряженную по величине наименьшего значения коэффициента запаса удерживающих сил по сравнению со сдвигающими.

Таблица 1
Физико-механические свойства в образцах скальных пород восточного борта Глееватского карьера

Наименование пород	Стратиграфический индекс	Плотность, кг/м ³	Угол внутреннего трения, град.	Сцепление, МПа
Кварциты карбонат-магнетитовые и железно-сланцево-магнетитовые:				
в образцах	PR ₁	3500	35	38,0
по напластованию	sx ^{2f}	-	30	0,15
по системам трещин		-	32	0,32
Сланцы кварц-хлорит:				
в образцах	PR ₁			
выветренные			30	0,04
по напластованию:	sx ^{2s}		32	16,0
силикатные		2200	32	21,0
серицитовые		2730	32	16,0
биотитовые		2700	27	0,04
по трещинам:		2700	28	0,03
биотитовые		-	28	0,08
силикатные		-	27	0,07
серицитовые		-	29	0,12
биотитовые		-	29	0,17
Кварциты сидерит-силикат-магнетитовые:				
в образцах	PR ₁	3500	35	38,0
по напластованию	sx ^{1f}	-	30	0,15
по трещинам		-	32	0,32
Кварциты карбонат-магнетитовые:				
в образцах	PR ₁	3200	32	
в образцах	sx ^{6,7f}	3500	36	
по напластованию		-	30	
по трещинам		-	35	
по трещинам		-	32	

Форма потенциальной поверхности скольжения имеет плоско-криволинейный вид, учитывающий характер деформирования призмы возможного обрушения под влиянием зон сдвижения горных пород: в верхней её части в призме активного давления – плоская в зоне расслоения крутопадающих слоев (возможно с захватом зоны обрушения вдоль границы её кровли); в нижней (в призме упора) – криволинейная (круглоцилиндрическая) с изломом на границе с плоской поверхностью скольжения под углом к ней определяемым по формуле [5,6]

$$\theta = 45^\circ - 0,5[(\varphi - \varphi') + \arcsin \frac{\sin \varphi'}{\sin \varphi}]$$

где φ и φ' – углы внутреннего трения в массиве и по поверхности ослабления.

Потенциальная поверхность скольжения выходит в нижней бровке борта (уступа) под углом ε к поверхности откоса, равным $(45^\circ - \varphi/245^\circ)$.

Отрыв призмы возможного оползания и расчетных блоков поверхности борта начинается с глубины, определяемой по формуле [6]

$$h' = \frac{c' \cos \varphi'}{\gamma \cos \beta \sin(\beta - \varphi')}$$

где c' – сцепление пород по поверхности ослабления МПа; γ – плотность пород, кг/м³; β – угол падения слоев пород, град.

Точность расчета зависит от построения границ между расчетными смежными блоками и направлением реакций R_i между ними в призме возможного оползания.

В рассматриваемой схеме расчета устойчивости подработанного борта, точность достига-

ется за счет использования фактических данных:

условия формирования второго семейства поверхностей скольжения теории «сыпучей среды» (под углом $90-\varphi$ к первому семейству); обратно-падающей системы тектонических трещин меридионального и субмеридионального простирания; нарушений массива горных пород зоной трещин от сдвижения горных пород, вызванного подземными работами.

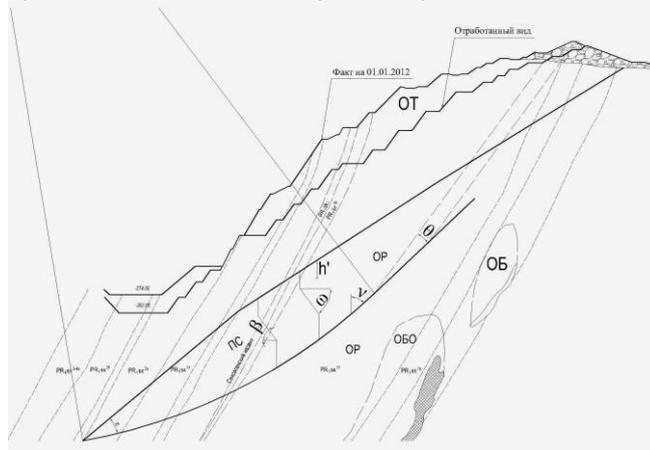


Рис 1. Схема построения поверхности скольжения подработанного массива и границ расчетных блоков: ОТ, ОР, ОБО - области трещин, расщепления, и беспорядочного обрушения; ПС - поверхность скольжения; $\nu = 90-\varphi^\circ$; $\varepsilon = 45^\circ - \varphi^\circ/2$; $\omega = 45 + \varphi^\circ/2$

Выполненные графо-аналитические расчеты устойчивости восточного борта карьера №1 по предлагаемой схеме с использованием данных исследований прошлых лет [2,3] для фактических параметров до глубины гор. (-180) и (-266) м, а также для перспективной отработки железистых горизонтов ($PR_{1SX}^{1,2f}$) до глубины гор. (-500) и (-600) м, показал следующее:

фактическая устойчивость борта с углами наклона более 40° обеспечивается коэффициентами запаса, превышающими нормативное значение (1,3) за счет отсутствия влияния на формирование поверхностей скольжения зоны расслоения крутоспадающей толщи от сдвижения горных пород;

с углубкой карьера усиливается влияние областей расслоения, опорного давления и беспорядочного обрушения;

надежность обоснования устойчивости борта зависит от достоверности исходных данных о тектонической трещиноватости разных порядков, нарушенности массива горных пород и прочности образцов горных пород, слагающих борт карьера, на основании которых устанавливается коэффициент структурного ослабления;

необходимость разработки выпуклой конструкции борта с механизированной очисткой предохранительных берм от осыпей в зонах их интенсивного образования.

Выводы и направления дальнейших исследований. На выбор формы поверхностей скольжения призм возможного оползания в подработанном борту карьера с крутоспадающей слоистостью основное влияние на устойчивость откосов оказывает характер нарушенности массива от сдвижения горных пород. Надежность обоснования устойчивости подработанного борта карьера зависит от достоверности исходных данных о прочности и нарушенности массива горных пород, которые необходимо контролировать путем выполнения при углубке карьера наблюдений за изменчивостью тектонической нарушенности, прочности массива горных пород и деформаций борта.

Направлением дальнейших исследований является детальная геолого-структурная съемка обнажения борта карьера с составлением карты тектонической и техногенной нарушенности массива горных пород с целью определения коэффициента структурного ослабления прочности горных пород.

Точность расчета зависит от построения границ между расчетными смежными блоками и направлением реакций R_i между ними в призме возможного оползания. В рассматриваемой схеме расчета устойчивости подработанного борта, точность достигается за счет использования фактических данных: условия формирования второго семейства поверхностей скольжения теории «сыпучей среды» (под углом $90-\varphi$ к первому семейству); обратно – падающей системы тектонических трещин меридионального и субмеридионального простирания; нарушений массива горных пород зоной трещин от сдвижения горных пород, вызванного подземными работами.

Выполненные графо-аналитические расчеты устойчивости восточного борта карьера №1 по предлагаемой схеме с использованием данных исследований прошлых лет [2,3] для фактических параметров до глубины гор.(-180) и (-266) м, а также для перспективной обработки железистых горизонтов ($PR_{1SX}^{1,2f}$) до глубины гор. (-500) и (-600) м, показал следующие:

фактическая устойчивость борта с углами наклона более 40° обеспечивается коэффициентами запаса, превышающими нормативные значения (1,3) за счет отсутствия влияния на фор-

мирование поверхностей скольжения зоны расслоения крутоспадающей толщи от сдвижения горных пород;

с углубкой карьера усиливается влияние областей расслоения, опорного давления и беспорядочного обрушения;

надежность обоснования устойчивости борта зависит от достоверности исходных данных о тектонической трещиноватости разных порядков, нарушенности массива горных пород.

Список литературы

1. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ в Криворожском бассейне.-Л.-:ВАИМИ, 1975. - 57 с.

2. **Николашин Ю.М., Потапов И.В.** Инструментальные наблюдения за состоянием борта глубокого карьера и выбор его предельных параметров / Сб.науч.тр ИГТМ НАН Украины «Геотехническая геомеханика», 2000. - Вып. 21. - С.131-135.

3. **Николашин Ю.М., Потапов И.В.** Результаты исследования допредельного состояния бортов глубоких карьеров с целью прогноза их устойчивости / Сб.науч.тр ИГТМ НАН Украины «Геотехническая механика», 2000.-Вып. 2.-С.144-148.

4. **Акимов А.Г., Громов В.В., Бошнятов Е.В.** и др. Геомеханические аспекты сдвижения горных пород при подземной разработке угольных и рудных месторождений / СПб.:ВНИМИ, 2003. - 166 с.

5. Методичні вказівки з визначення оптимальних кутів нахилу бортів укосів уступів і відвалів залізрудних та флюсових кар'єрів/Мінпрополітики та ШПЕ НАН України (рукопис переклад з російського).-Дніпропетровськ, 2009. - 201 с.

6. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах.-СПб.,1998. - 208 с. (Минтопэнерго РФ.РАН ГосНИИ горн.геомех. и маркшейд. дело) - Межотраслевой научн. центр ВНИМИ).

Рукопись поступила в редакцию 06.03.12

УДК 622.062:622.281

В. Є. ВОЛКОВА, д-р техн. наук, доц., Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна

Д.В. БРОВКО, канд. техн. наук, доц., **В.В. ХВОРОСТ**, асистент

ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОГОНОВИХ БУДОВ НА ПОВЕРХНІ ШАХТ З УРАХУВАННЯМ ПЕРЕХОДУ НА ПОЛЕГШЕНІ ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ

Виконано аналіз напружено-деформованого стану прогонових будов за умови переходу їх на полегшені огорожувальні конструкції.

Проблема та її зв'язок з практичними завданнями. У практиці вітчизняного шахтного будівництва значний внесок у розвиток проектування прогонових будов зроблений науково-дослідними, проектно-конструкторськими і навчальними організаціями: ДП «ДПІ «Кривбаспроект», інститут «Механобрчормет», ДПІ «Ленінградський Промбудпроект», Ленінградським відділенням ЦНІПСК, ДПІ «Уральський ПромбудНДІпроект», ДПІ «Харківський ПромбуднДІпроект та ін. Ними створено перші методики розрахунку прогонових будов.

У джерел сучасної школи проектування прогонових будов лежать роботи таких відомих вітчизняних інженерів і вчених, як: М. Є. Ліницький, Б. В. Горенштейн, А. Г. Марголін, Л. М. Ізюмська, М. Б. Солодар, Ю. С. Плішкін, С. М. Кузьменко, Ю. М. Симонов, А. П. Берик, Е.Я. Ромм, О.С. Петров, М.С. Бревде, О.В. Зеленський, М.В. Ушаков, Н.А. Чекмарьов, Г.А. Васильєв, В.Г. Свірін.

Питаннями будівельного проектування конвеєрних галерей зі сталевими конструкціями прогонових споруд і опор на колишньому пострадянському просторі займалися дослідні інститути та їх провідні співробітники: ДПІ «Ленпроектстальконструкція» (Е.С. Олександрівська, Ю.С. Плішкін, А.С. Файнштейн, Ю.С. Зорін, В.А. Крупський, Ю.Н. Мірвіс, М.Б. Солодар), «Ленпромбудпроект» (В.Ф. Хрущов, А.Ф. Відяєво), ДПІ «Дніпропроектстальконструкція» (А.Є. Любін, А.Г. Роздольський, А.Ф. Сафронков, В.А. Шевченко), ЦНІПромзданій (Н.А. Ушаков), Донецький ПромбудНДІпроект (В.Д. Вейсбейн).

Значний внесок у питання динамічних розрахунків будівель та споруд зробили видаті вчені сучасності, такі як Г.М. Улітін, В.Є. Волкова, Ф.Л. Шевченко, С.М. Царенко та ін.

Завдяки проведеним дослідженням і накопиченому практичному досвіду будівництво та реконструкція прогонових будов широко та з високою ефективністю впроваджувалися в гірні-