УДК 622.28:622.341.1

В.Ф.ПАХАЛУЕВ
ООО «Металл-групп», филиал «Яковлевский рудник»
Ю.Н.ОГОРОДНИКОВ, Д.Б.ЗЫКОВ, А.Б.МАКСИМОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ДЕФОРМАЦИИ РУДНОГО ОБНАЖЕНИЯ ЗА КРЕПЬЮ КМП-А3

Рудный массив Яковлевского месторождения представлен в основном рыхлыми и плотными разностями железно-слюдковых мартитовых руд, отличающихся низкой прочностью и устойчивостью в обнажениях. При проходке применяется буровзрывная технология с креплением выработок арочной податливой крепью из спецпрофиля. Под влиянием взрывов контур выработок деформируется, при этом деформации продолжаются и после установки крепи. Приведены количественные и качественные результаты наблюдений за формированием закрепного пространства, определены факторы, оказывающие значительное влияние на величину переборов руды и даны рекомендации по их снижению.

Rich ores of Jackovlevskoe deposit are weak and unstable rocks. Drill and fire system is used for development. Arch support is used. Contour of excavations deforms under the influence of explosions and a process of deformation is continuing after installation of support. In the article quantitative and qualitative results of supervision over formation spaces between support and contour of excavation are given, factors exert significant influence on size having overcome ores are determined.

Объектом исследований являются линейные переборы руды по периметру обнажения – расстояние от внешнего контура крепи КМП-А3 до рудного целика, т.е. величина закрепного пространства, сформированного взрывом шпуров, оборкой контура после взрыва и обрушениями руды с поверхности обнажения после возведения арочной крепи с затяжкой межрамных промежутков металлической решеткой и забутовкой пустот деревом.

Линейные переборы определялись путем непосредственных измерений с помощью металлического щупа, которым закрепное пространство пробивалось через затяжку до рудного целика в определенных точках периметра выработки.

Задачи зондирования: установить характер и динамику формирования (разрушения) поверхности рудного обнажения за крепью КМП-А3; определить величину линейных переборов руды за проектный контур выработки по кровле и бокам и значение фактического коэффициента излишка сечения; выявить основные причины неудовлетворительного оконтуривания и излишних переборов руды при проходке и характер развития обрушений руды за крепью за период поддержания выработки.

По результатам измерений построены фактические контуры рудной поверхности обнажения, вычислены средние значения линейных переборов по всем замерным позициям и статистические параметры распределения, составлены гистограммы распределения измеряемых величин, построены профили рудного обнажения вдоль экспериментальной выработки.

Первые измерения проведены на участке № 1 (сечение $S_{св}$ = 11,2 м^2) экспериментальной выработки 18.01.05, через 1,5 месяца после проходки участка. Измерения повторялись 2.03.05; 31.03.05; 22.06.05; 29.07.05. Зондировалось закрепное пространство каждой второй арки. Всего на текущий момент зондирование выполнено на 91 арках, за период наблюдений сделано свыше 1200 измерений.

Санкт-Петербург. 2006

Средние значения площади поперечного сечения выработки в проходке $S_{пр}$ и величины переборов руды ΔS за проектным контуром

Проектная площадь сечения в свету / в проходке, м^2	Дата замера											
	18.01.05		2.03.05		31.03.05		20.05.05		21.06.05		29.07.05	
	$S_{пр}$, м	ΔS, м^2 / %	$S_{пр}$, м^2	ΔS, м^2 / %	$S_{пр}$, м^2	ΔS, м^2 / %	$S_{пр}$, м^2	ΔS, м^2 / %	$S_{пр}$, м^2	ΔS, м^2 / %	$S_{пр}$, м^2	ΔS, м^2 / %
11,2 / 14,3	15,8	1,5 / 9,5	16,5	2,2 / 13,3	–	–	–	–	17,9	3,6 / 20,1	17,2	2,9 / 16,9
14,9 / 18,3	20,0	1,7 / 8,6	20,2	1,9 / 9,4	–	–	–	–	22,1	3,8 / 17,2	22,1	3,8 / 17,2
18,8 / 21,0	–	–	27,2	6,2 / 22,8	26,9	5,9 / 21,9	27,9	6,9 / 24,7	27,6	6,6 / 23,9	–	–

* Фактическая площадь переборов в процентах к проектному сечению.

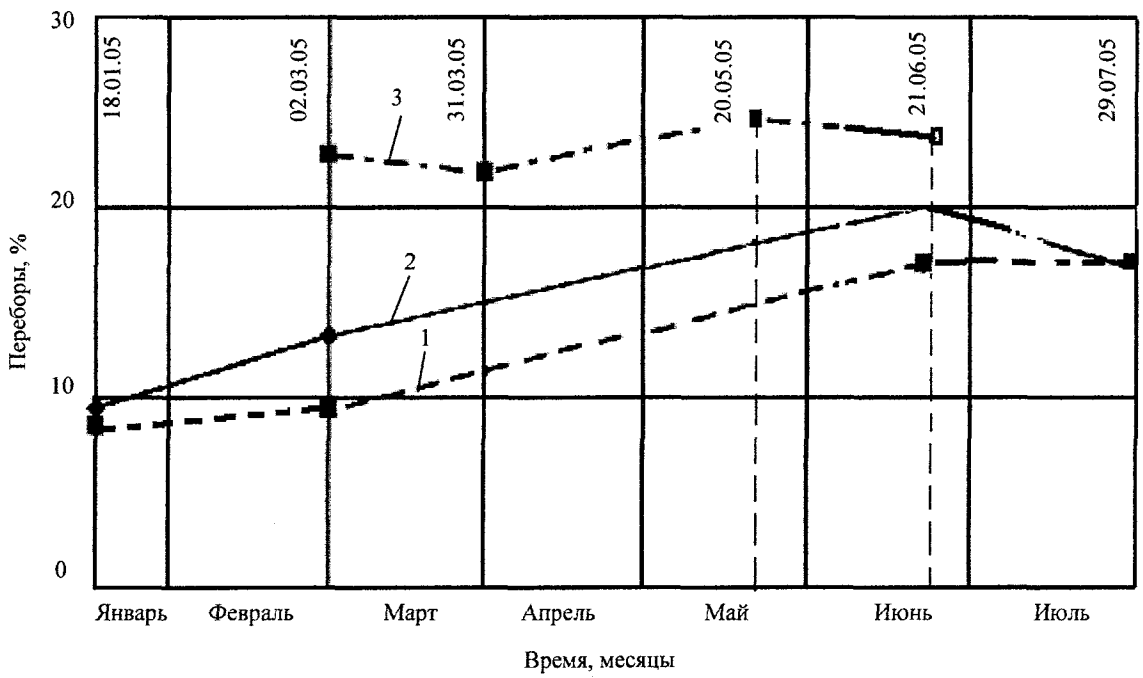


Рис.1. Динамика развития закрепного пространства на участках экспериментальной выработки
1-3 – номера участков

Представление о размерах и динамике развития переборов руды за проектный контур по участкам экспериментальной выработки ($S_{св}$ = 11,2; 14,9; 18,8 м^2) дают таблица и рис.1, в которых приведены средние значения фактической площади поперечного сечения в проходке и переборов.

По средним значениям линейных переборов руды можно заключить, что процесс разрушения рудного контура за крепью выработки продолжается длительный период (до 4 месяцев). За это время объем отслоившейся руды увеличился на участке № 1 ($S_{св}$ = 11,2 м^2) вдвое, на участке № 2 ($S_{св}$ = = 14,9 м^2) почти в два раза. На участке № 3 ($S_{св}$ = 18,8 м^2) рудный контур более устойчив – за 3 месяца сечение в проходке увеличилось на 0,6-0,7 м^2.

Обрушения руды по контуру обнажения со стороны висячего и лежачего боков залежи практически одинаковы. На рис.2 представлены усредненные по участкам 1, 2, 3 поперечные сечения выработки на 20.06.05 (лежачий бок залежи слева). В среднем

сформировавшийся за 3-5 месяцев контур обнажения практически симметричен относительно вертикальной оси сечения, некоторая асимметрия сечения в сторону висячего бока прослеживается на участке № 1 ($S_{св}$ = 11,2 м^2), на участке № 2 ($S_{св}$ = 14,9 м^2) со стороны лежачего бока.

Однако усредненные данные не являются достаточно показательными, так как нивелируют аномальные значения изучаемых параметров. По усредненным данным можно судить лишь о неблагополучном в целом оконтуривании сечения, так как коэффициент излишка сечения значительно превышает нормативное значение 1,04 (СНиП 3.02.03-84). Для выявления причин излишних переборов руды необходимо анализировать весь массив информации.

Необходимость и продуктивность такого анализа наглядно подтверждают данные зондирования. Например, на участке № 2 при средней устойчивости рудного обнажения в кровле нескольких арок зафиксированы вывалы 1,5-1,9 м. Статистическая обработка данных зондирования подтвердила неоднородность массива информации. Результаты зондирования хорошо апроксимируются гамма-распределением. Значения среднего квадратичного отклонения и коэффициента вариации указывают на большой разброс величин линейных переборов.

При обработке результатов зондирования по каждой арке были построены контуры рудного обнажения. По этим сечениям не прослеживается единой зависимости формы сечения от элементов залегания рудной залежи. На одном участке были зафиксированы вывалы как с кровли, так и со стороны лежачего и висячего боков. Имеются вывалы как в кровле, так и в боковых секторах свода, а также в боках. Рис.3 подтверждает ограниченную информативность усредненного сечения. Выделяются большие, до 1,9 м высотой, вывалы в сечениях по аркам 13; 14; 15, в то время как на усредненном сечении ситуация не выглядит угрожающей.

Разброс величин линейных переборов относительно средних значений отражает как технологические огрехи при выполнении буровзрывных работ, так и изменчивость свойств рудного массива по трассе выработки. Из технологических факторов следует выделить перебур проектного контура в кровле контурными шпурами, которые бурятся с развала руды перфораторами с пневмоподдержек, с наклоном к горизонту. В результате детонационная волна полу-

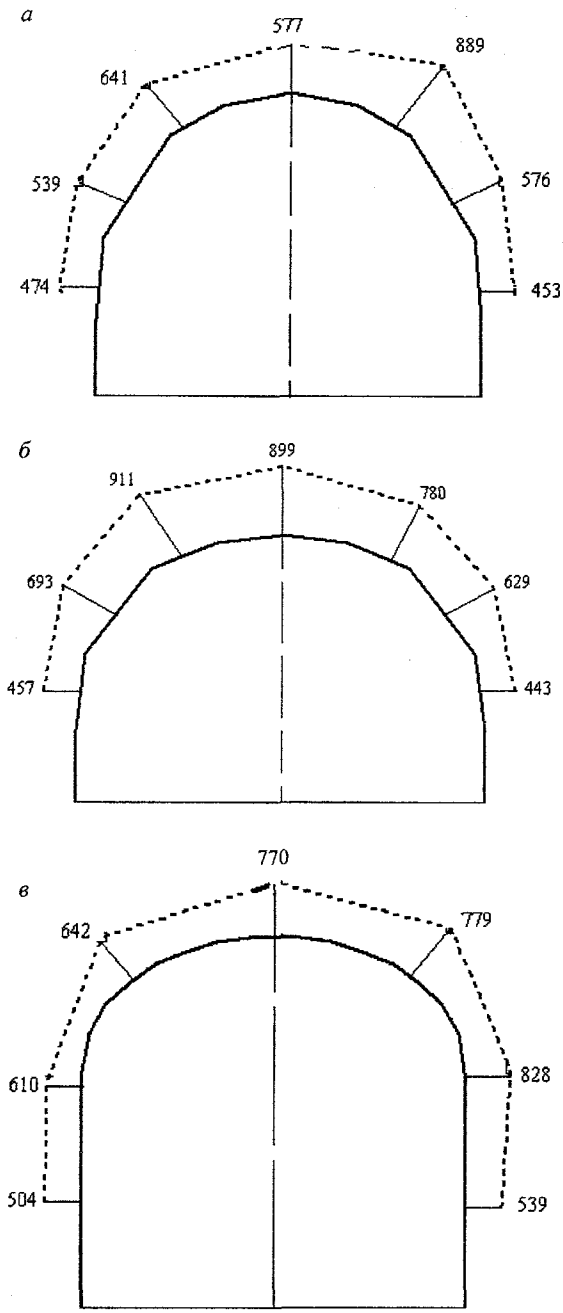


Рис.2. Усредненные контуры рудного обнажения на участках
№ 1 (*а*); № 2 (*б*); № 3 (*в*)

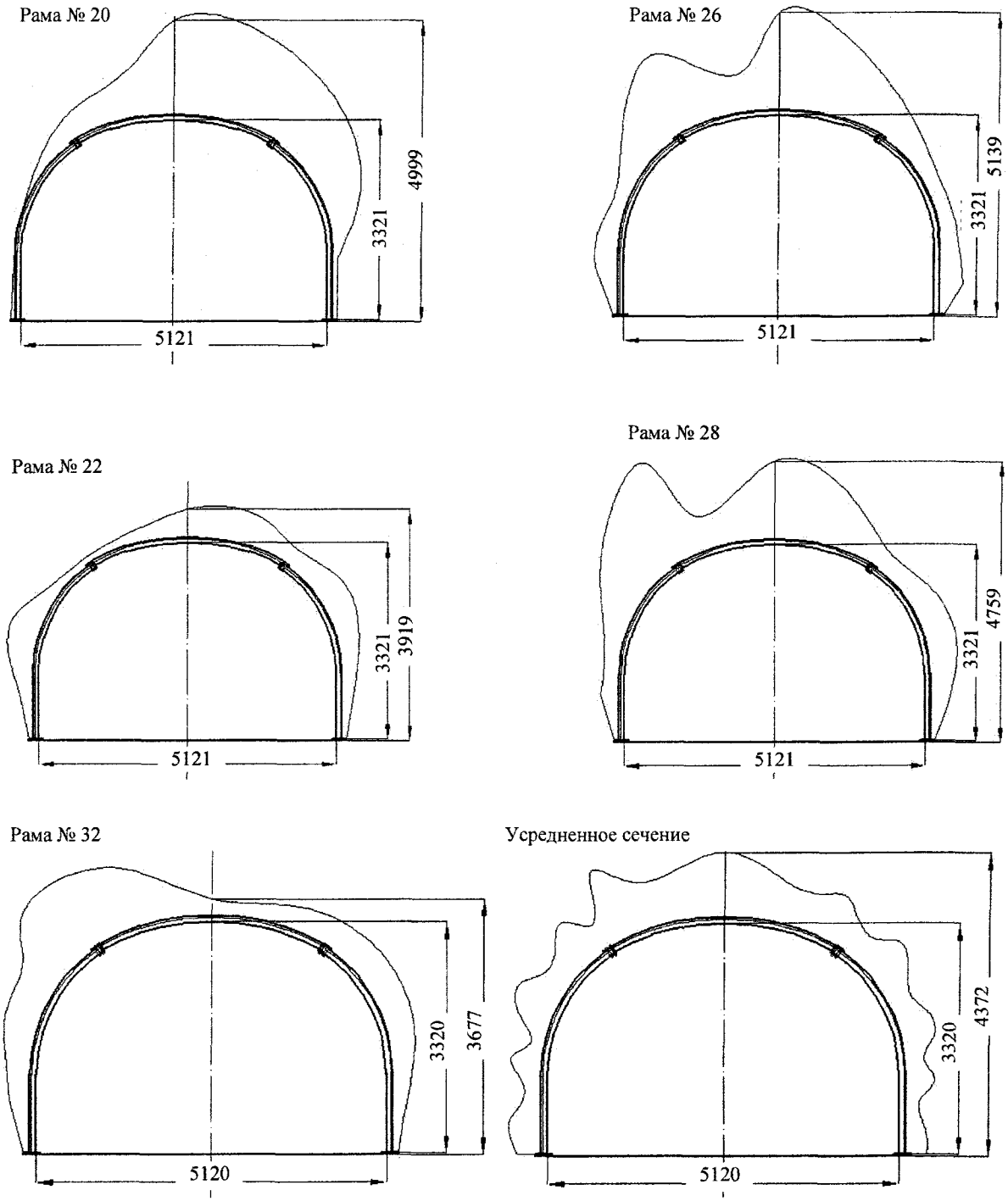


Рис.3. Фактические контуры сечений экспериментальной выработки на участке сечением в свету 14,9 м^2

чает направление в кровлю выработки и разрушает массив за проектным контуром. Изменчивость свойств рудного массива, обусловленная хаотичной трещиноватостью, перемятыми зонами, наличием карбонатизированных прослойков, переслаиванием рыхлых и плотных разностей, также способствует излишней выемке руды и образованию неровного контура, так как при взрывных нагрузках прежде всего разрушаются ослабленные участки массива.

Неровности (впадины, выступы) рудного контура носят несистемный характер, что можно считать следствием применения при

проходке выработки различных схем расположения оконтуривающих шпуров, изменениями массы зарядов и различной квалификацией бурильщиков. Геометрия рудного контура по трассе выработки показана на рис.4, где по замерам 21.06.05 даны графики линейных переборов в продольных сечениях на участке № 1. Характерно, что переборы в кровле, в лежачем и висячем боках не всегда согласуются. Это еще раз подтверждает, что форма рудного обнажения образуется в результате совместного влияния и случайного сочетания изменчивых свойств массива и параметров буровзрывных работ. На одних рамах максимальная высота свода смещена к лежачему боку, на других – в противоположную сторону.

Результаты зондирования закрепного пространства в железно-слюдковом мартитовом массиве позволяют заключить следующее:

1. При проходке экспериментальной выработки с крепью КМП-А3 систематически допускалась излишняя выемка руды. Фактическое сечение приобретало неправильную сводчатую форму. При возведении крепи закрепное пространство забучивалось, при этом в кровле деревянная забутовка укладывалась с оставлением пустот. Рудный контур за крепью продолжал разрушаться, при этом мелкая руда просыпалась между деревянными плахами забутовки. В боках, за стойками арки руда и забутовка уплотнялись, обеспечивая необходимый арке отпор. В кровле оставалась пустота, так как подбучивание контура разрушенной рудой не происходило. Поэтому процесс продолжался длительное время до достижения некоторого устойчивого состояния. На участке № 1 ($S_{св}$ = 11,2 м^2) этот процесс развивался в течении полугода. На участке № 3 ($S_{св}$ = 18,8 м^2) при весьма значительной (до 24 %) площади переборов положение стабилизировалось через 3 мес., при этом площадь переборов увеличилась несущественно до 0,7 м^2.

2. В поперечных сечениях рудный контур за крепью КМП-А3 имеет близкую к сводчатой форму с несистемными, случайными выступами и впадинами. Максимальная высота свода, достигающая 1,6-2,0 м, может быть смещена от центра в сторону как лежачего, так и висячего бока. Неровности контура формируются под влиянием взрывных волн на неоднородный по составу и свойствам вмещающий массив.



Рис.4. Линейные переборы на участке № 1 ($S_{св}$ = 11,2 м^2) в продольных сечениях: *а* – по центру; *б* – под углом 30° в сторону лежачего бока; *в* – то же в сторону висячего бока

3. По всему участку экспериментальной выработки, закрепленному КМП-А3, не отмечено сечения, где в своде величина линейных переборов была бы меньше 0,4 м. Следовательно, необходимо продолжать поиск оптимальных параметров БВР, обеспе-

чивающих близкое к проектному оконтуривание выработки.

Необходимо продолжить эксперименты с различной глубиной шпуров, схемой размещения оконтуривающих шпуров в своде, с изменением расстояния между оконтуривающими шпурами и проектным контуром, с величиной заряда и числом шпуров, очередностью взрывания – с тем, чтобы уменьшить переборы и сократить трудоемкость работ по забутовке закрепного пространства. Затраты на работы по оптимизации параметров БВР окупятся снижением трудоемкости крепления и стоимости забутовочного материала.

4. В кровле за арочной крепью до настоящего времени остаются пустоты, так как отслаивающаяся с контура руда не подбучивает обнажение в своде. Такое состояние выработки в дальнейшем, когда выработка будет задействована в системе подготовительных выработок при очистных работах, приведет к осложнениям при рассечке из выработки ортов или буровых камер. Изменение напряженно-деформированного состояния и дополнительные взрывные нагрузки при рассечках могут спровоцировать развитие деформаций в рудном массиве в виде обрушения руды с кровли, с ростом нагрузок на крепь. Поэтому до начала работ по рассечке необходимо подбутить пустоты в кровле на сопряжении и примыкающих участках экспериментальной выработки (на 5-6 м от сопряжения).