

К ВОПРОСУ О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ПОДЭТАЖНОГО САМООБРУШЕНИЯ НА ШАХТАХ КРИВБАССА

В статье изложены особенности системы подэтажного самообрушения, механизм и основные закономерности самообрушения рудного массива, оптимальные параметры системы и область ее применения. Приведены описание и результаты отработки опытных зон и панелей, технико-экономические показатели, полученные при промышленном применении системы на шахтах Кривбасса в 50-70-е годы XX века на глубинах 250-550 м.

Описана технология применения этой системы разработки в мягких и средней крепости рудах. Представленные в статье технико-экономические показатели, полученные при опытном изучении и массовом применении системы на шахтах Кривбасса на глубинах 250-500м, свидетельствуют о ее высокой эффективности.

На основе обобщения опыта применения системы подэтажного самообрушения и результатов теоретических исследований закономерностей самообрушения рудного массива сделан вывод о целесообразности применения системы подэтажного самообрушения на шахтах Кривбасса в настоящее время на глубинах более 1000м.

Использование сил горного давления для разрушения рудного массива обуславливает существенное снижение энерго- и трудозатрат на добычу при подэтажном самообрушении по сравнению с технологией отработки с помощью глубоких скважин. Эта важнейшая технологическая особенность системы в условиях энергетического кризиса в Украине в настоящее время настоятельно диктует объективную необходимость возвратиться к применению подэтажного самообрушения.

Ключевые слова: подэтажное самообрушение, железорудные шахты, параметры панелей и блоков.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Использование сил горного давления для разрушения рудного массива обуславливает существенное снижение энерго- и трудозатрат на добычу при подэтажном самообрушении по сравнению с технологией отработки с помощью глубоких скважин. Эта важнейшая технологическая особенность системы в условиях энергетического кризиса в Украине в настоящее время настоятельно диктует объективную необходимость возвратиться к применению подэтажного самообрушения в Кривбассе.

Анализ исследований и публикаций. Система подэтажного самообрушения была разработана*) (Авторы Володин А.И., Вольфсон П.М., Куевда К.И., Статкевич А.А., Антоненко Н.В.) и впервые испытана в 1952 г. на шахте «Центральная» рудника «Ингулец» в мягких рудах в этаже горизонта 260 м. Высота подэтажа была 18-22 м, площадь зоны (панели) 300-400 м². Штреки крепились металлической арочной крепью СП-18. Расстояние между штреками 8 м.

За период испытаний на шахте «Центральная» отработано 19 зон на шести подэтажах и добыто 506,5 тыс. т руды с показателями, значительно лучшими, чем при варианте «закрытый веер» и системе этажного самообрушения. Это объясняется тем, что по сравнению с вариантом «закрытый веер» меньше удельная длина нарезных выработок ввиду большей в 2 с лишним раза высоты подэтажа, меньше затраты на разбуривание массива, так как 60-65 % его разрушается без буровзрывных работ. А по сравнению с системой этажного самообрушения больше производительность рабочего по системе ввиду отсутствия надобности в искусственном ослаблении связи самообрушающегося массива с окружающими массивами, меньших затратах на поддержание подэтажных выработок, большей производительности труда на доставке ввиду меньшей кусковатости руды и существенно меньше потери руды при таком же ее засорении [1], [2].

Учитывая высокую эффективность и гибкость системы подэтажного самообрушения по сравнению с системой этажного самообрушения в аналогичных условиях техсовет рудника «Ингулец» принял решение расширить область применения системы подэтажного самообрушения на всю основную часть шахтного поля шахты «Центральная». В дальнейшем эта система разработки в сочетании с бесцеликковой схемой нарезки блоков успешно применялась практически на всей площади шахтного поля более 15 лет, начиная с 1954 г.

Успешное испытание системы подэтажного самообрушения на шахте «Центральная» рудника «Ингулец» послужило основанием для проведения промышленных испытаний ее на шахте «Новая» рудника им.Р. Люксембург при отработке залежи «Южная», представленной мартиновой рудой с коэффициентом крепости по шкале М.М.Протодяконова от 2-4 до 6-8.

За период исследований отработано 7 зон на двух подэтажах, в том числе три зоны на подэтаже 242 м в осях 130-135 и четыре зоны на подэтаже 270 м в осях 124-130. Высота подэтажей была 17 м на подэтаже 242 м и 23 м на подэтаже 270 м. Длина выработок доставки, закрепленных деревянной крепью, была 30-45 м. Зоны размещались в основном на трех штреках или ортах. По длине штреков или ортов размещались 2 зоны.

Всего при отработке 7 зон добыто 231,3 тыс. т руды и получены хорошие технико-экономические показатели: потери руды по сравнению с потерями при варианте «грушевидные заходки» уменьшились на 40 %, производительность бурильщика повысилась на 42%, а одного рабочего по системе на 43 %.

После окончания промышленных испытаний всю залежь «Южная» начали обрабатывать системой подэтажного самообрушения.

Для более глубокого познания сущности процесса самообрушения рудного массива, получения данных о рациональной области применения систем этажного и подэтажного самообрушения, а также установления оптимальных параметров панелей и блоков нами были проведены специальные исследования закономерностей самообрушения массива [3].

Решение указанных задач производилось методом моделирования процесса самообрушения с помощью эквивалентных материалов, в качестве которых использовались смеси речного песка и жидкого стекла. Поскольку основными действующими силами, определяющими развитие процесса деформации и разрушения рудного массива, являются силы тяжести и упругости (то есть те внутренние напряжения, которые возникают в массиве при подсечке и предельные значения которых обуславливают его разрушение), применение метода статического моделирования обеспечивает условия механического подобия.

Было установлено:

1. Самообрушение массива происходит путем образования и разрушения сводов. Зависимость высоты самообрушения от ширины подсечки имеет место лишь в начальной стадии процесса до самообрушения массива на высоту 10-15 м. Дальнейшее увеличение высоты самообрушения происходит либо при крайне медленном нарастании ширины подсечки (при небольших глубинах), либо при постоянной ширине подсечки (при глубинах более 500 м).

2. С увеличением высоты массива при постоянной ширине подсечки интенсивность самообрушения уменьшается. В то время, как прекращение самообрушения происходит при очень больших высотах массива, затухание процесса наступает намного раньше при достижении верхней границы так называемых активных высот. Величины высот активного самообрушения установлены из зависимости интенсивности самообрушения от продолжительности процесса как произведения скорости распространения сводов на продолжительность их образования до момента затухания процесса. Значения активных высот, в пределах которых массив обрушается интенсивно, зависят от прочности массива и нагрузки на массив.

3. Активные высоты, в пределах которых массив обрушается интенсивно, определяют область целесообразного применения системы подэтажного самообрушения. Основанием для такого утверждения является следующее: активное обрушение в пределах этих высот происходит без помощи каких-либо катализаторов процесса в то время, как интенсификация процесса при обрушении на большую высоту не может быть достигнута без помощи катализаторов (увеличения площади подсечки, проходки окамляющих выработок и др.), обычно применяемых при системе этажного самообрушения.

Изучение закономерностей самообрушения рудного массива различной прочности на моделях, наблюдение за развитием процесса обрушения массива при системе этажного самообрушения в рудах средней и ниже средней крепости, а также результаты применения подэтажного самообрушения в мягких рудах позволили предположить возможность эффективного применения этой системы в рудах средней крепости.

Испытания подэтажного самообрушения в рудах средней крепости проводились на шахтах «Коммунар-Победа» рудника им.Дзержинского и «Новая» рудника им. К. Либнехта, применяющих в больших масштабах вариант «закрытый веер» и разрабатывающих месторождения гидрогематитовых и мартитовых руд крепостью 4-6 по шкале М.М. Протоdjякопова. Средняя мощность залежей, где испытывали систему, 35-45 м, угол падения 40-45°.

Блоки, в которых размещались опытные панели, были нарезаны по бесцеликковой схеме. Высота подэтажа была 20 м. Расстояние между штреками 8,5-10 м. Подэтажные выработки бы-

ли закреплены сплошную крепежными рамами из леса диаметром 220-250 мм или металлической арочной крепью СП-28. В некоторых выработках деревянную крепь усиливали прогонами. Часть панелей была окружена массивом со всех сторон. Некоторые панели граничили с обрушенными породами соседнего участка.

Подсечку панелей производили из дучек штанговыми шпурами глубиной 5-6 м в направлении от лежачего блока к висячему. Самообрушение массива руды начиналось при площади подсечки 100-120 м² на шахте «Новая» и 180-200 м² на шахте «Коммунар-Победа» и развивалось по мере увеличения площади. Активное самообрушение, проявляющееся в резком усилении горного давления и частичной деформации крепи, наступало при увеличении площади подсечки до 300-350 м² на шахте «Новая» и до 500-600 м² на шахте «Коммунар-Победа». Следует отметить, что выработки, закрепленные металлическими арками из СП-28 и деревянной крепью с прогонами, не перекреплялись.

Основные технико-экономическими показатели, полученные при испытании системы подэтажного самообрушения в рудах средней крепости, лучше, чем при других системах разработки, применявшихся на шахтах «Новая», «Коммунар-Победа» [4]. Всего за период испытаний в рудах средней крепости системой подэтажного самообрушения было добыто более 700 тыс. т руды (на шахтах «Коммунар-Победа», «Новая», «Гигант», им. Ворошилова).

Промышленные испытания и внедрение подэтажного самообрушения позволили установить целесообразность применения и оптимальные параметры этой высокоэффективной системы в рудах средней и ниже средней крепости, удельный вес которых в бассейне наибольший. Тем самым доказана возможность расширения области использования сил горного давления для разрушения рудного массива в Кривбассе, поскольку условия для применения системы этажного самообрушения (мощность залежи более 35-40 м, угол падения 65-70 % и более) весьма ограничены.

За период применения подэтажного самообрушения в Кривбассе с 1952 по 1975 год добыто около 20 млн т руды доказана ее высокая эффективность, изучены основные закономерности процесса самообрушения массива, разработана методика определения основных параметров системы, отработана технология ее применения [5].

Постановка задачи. Использование сил горного давления для разрушения рудного массива обуславливает существенное снижение энерго- и трудозатрат на добычу при подэтажном самообрушении по сравнению с технологией отработки с помощью глубоких скважин. Эта важнейшая технологическая особенность системы в условиях энергетического кризиса в Украине в настоящее время настоятельно диктует объективную необходимость возвратиться к применению подэтажного самообрушения.

Выводы и направления дальнейших исследований. Промышленные испытания системы подэтажного самообрушения на шахтах Кривбасса, при которых было добыто более 1,2 млн т руды, показали, что эта система эффективней не только вариантов с отбойкой штанговыми шпурами («закрытый веер», «камера над дучками» и др.) по всем основным показателям, но и системы подэтажного обрушения с отбойкой глубокими скважинами и этажного самообрушения в связи с уменьшением объема нарезных и буровых работ, улучшением качества дробления рудного массива, снижением расхода основных материалов, уменьшением потерь руды и себестоимости, более полным использованием сил горного давления и большей гибкостью системы.

При системе подэтажного самообрушения использование сил горного давления на 10-15 % больше, чем при системе этажного самообрушения [6-10].

Система подэтажного самообрушения отличается еще конструкцией и параметрами, позволяющими использовать силы горного давления в условиях, где применение системы этажного самообрушения неэффективно или нецелесообразно: в залежах с относительно небольшой мощностью, с недостаточно крутым углом падения, с большими безрудными включениями.

К конструктивным отличиям подэтажного самообрушения от системы этажного самообрушения относятся меньшая в 2-3 раза высота подэтажа, меньшая в 8-10 раз площадь обрушения, отсутствие окаймляющих выработок или других каких-либо катализаторов обрушения, требующих затрат.

Отмеченные преимущества и конструктивные отличия подэтажного самообрушения являются основной причиной более высокой эффективности этой системы по сравнению с этажным самообрушением (табл.).

Сравнительные данные по применению различных систем разработки на шахтах Кривбасса в период промышленных испытаний подэтажного самообрушения

Показатели	Рудник «Ингулец», ш. Центральная			Рудник им. К.Люксембург, ш. Новая		Рудник им. Дзержинского, ш. Коммунар			Рудник им. К.Либкнехта, ш. Новая		
	система разработки			система разработки		система разработки			система разработки		
	подэтажное самообрушение	закрытый веер	этажное самообрушение	подэтажное самообрушение	грушевидные заходки	подэтажное самообрушение	закрытый веер	этажное самообрушение	подэтажное самообрушение	закрытый веер	этажное самообрушение
Добыто руды, тыс.т	506,4	308,8	852,6	231,2	226,4	253	563	309	38,4	1201103	781039
Производительность труда, т/смену											
бурильщика	182	121,6	160,2	182	106	176	100,5	155	180	90	83,5
рабочего забойной группы	74,6	58,7	62,3	55,2	40,2	60,5	41,5	52,1	57,4	33	35
одного рабочего	24,9	20,5	17,1	24,2	13,3	25,7	16,8	18	36,2		
Потери руды, %	8,4	12,5	16,1	10,8	18,4	1,6	36	17,5	12,0	19	26,4
Разубоживание, %	12,3	14,6	12,3			3,5	7	6,9	6,0	6,0	13,5
Расход материалов											
лесных, м ³ /1000 г	3,8	6,13	5,37	5,4	6,71	4,7	6,2	5,3	3,2	5,9	7,7
металла, м ³ /1000 г	0,52		0,27								
взрывчатых, кг/т	0,118	0,217	0,136	0,116	0,236	0,242	0,320	0,221	0,224	0,380	0,372

Систему можно применять в залежах с мощностью не менее 20 м, представленных склонными к самообрушению рудами с коэффициентом крепости 4-7 по шкале проф. М.М. Протодьяконова. При вмещающих породах, обрушающихся вслед за рудой. Систему можно применять в залежах с любым углом падения; при породах висячего бока средней устойчивости в мощных залежах относительно крутого падения. Не противопоказаны для применения системы слеживающиеся руды, высокое горное давление, наличие безрудных включений. Условия, позволяющие применять подэтажное самообрушение, имеются почти на всех шахтах Криворожского бассейна. Удельный вес этой системы разработки в подземной добыче Криворожских шахт может быть 20-25 %.

И если применение этой системы было эффективным на глубинах 250-500 м при деревянном креплении выработок, недостаточно изученных закономерностях самообрушения, то в настоящее время, когда горные работы ведутся на глубинах более 1000 м, подэтажное самообрушение должно быть еще более эффективным.

Этому благоприятствуют накопленный опыт, широкое применение металлических крепей, познание закономерностей самообрушения рудного массива, создание методики определения основных параметров системы. Следовательно, имеются все необходимые предпосылки для возобновления применения системы подэтажного самообрушения на шахтах Криворожского бассейна.

Список литературы

1. Володин А.П., Вольфсон П.М., Куевда К.М. Подсечное подэтажное обрушение, Горный Журнал, №5, 1955.
2. Вольфсон П.М., Куевда К.М. Опыт применения системы подэтажного самообрушения в мягких рудах на рудниках «Ингулец» и им.Р.Люксембург. Производственно-технологический бюллетень, №2, 1957.
3. Вольфсон П.М., Прохода А.З. Лабораторные исследования самообрушения массива, Бюллетень научно-технической информации, НИГРИ, Metallurgizdat, 1957.
4. Вольфсон П.М. Оценка промышленных испытаний системы подэтажного самообрушения в рудах средней крепости, Горный Журнал, №5, 1958.

5. Вольфсон П.М. Подэтажное самообрушение, Кривой Пог, 2012.
6. Busck Philip Loweizing Mining Costs with block caving, Engineering Mining yornal, 1946. v. 147 №4.
7. Чарквиани К.М. К вопросу определения аналитическим методом главных конструктивных элементов системы разработки блоковым обрушением. «Вопросы горного дела», сб. Углетехиздат, 1948.
8. Черемушенцев И.А. Определение высоты блока при системе этажного обрушения, 1953, Горный журнал №2.
9. Куликов А.В., Куликов В.В. Правильно устанавливать параметры системы этажного самообрушения, Горный журнал, 1954, №11.
10. Малахов Г.М., Лавриненко В.Д. Влияния размеров блоков на проявления горного давления при этажном самообрушении, Горный журнал, 1954, №12.

Рукопись поступила в редакцию 19.04.16

УДК 676.022

И.И. АНТОНЕНКО, канд. техн. наук, доц., Криворожский педагогический институт
А.И. КУЧМА, канд. техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

ПРОИЗВОДСТВО ВЛАГОПРОЧНОЙ ГОФРОТАРЫ ПУТЕМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Рассмотрены две технологии производства влагопрочной тары из гофрированного картона. Первая технология получения влагопрочного гофрокартона с последующей переработкой в тару вызывает до 30% отходов, которые частично или полностью теряются из-за трудности восстановления волокнистого сырья и химикатов. Более перспективна вторая технология производства влагопрочной гофротары, когда готовые изделия из гофрокартона обрабатываются горячим расплавом в автономных камерах. В качестве гидрофобного горячего расплава рекомендуется использовать пропитывающий состав композицией 80% парафина и 20% церезина. В результате лабораторных исследований установлена оптимальная температура $115\pm 5^\circ\text{C}$ парафинового расплава. Для снижения расхода горячего расплава рекомендовано перед импрегнированием нагревать заготовки в течении 1 мин. струёй горячего воздуха при температуре $75-80^\circ\text{C}$, а также импрегнирования для удаления излишков расплава обдувать заготовки горячим воздухом при скорости 15 м/с. Для предотвращения слипания гофроящиков при хранении после обработки горячим расплавом рекомендуется в течении 2 мин производить обдув заготовок воздухом при температуре 20°C . При работе с парафино-церезиновыми составами необходимо применение оборудования во взрывобезопасном исполнении и снабжать помещения приточно-вытяжной вентиляцией. Установлено, что пропитка гофрокартона парафино-церезиновым составом увеличивает влагопрочность по показателю сопротивления торцевому сжатию на 63%. Определены основные технологические параметры автономной импрегнирующей установки позволяющей сократить до 20% отходы гофротарного производства.

Ключевые слова: влагопрочная гофротара, поверхностная обработка, парафино-церезиновый расплав, автономная установка.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Гофрированный картон является недорогим материалом, который широко используется для производства транспортной тары. Обычный гофрокартон частично или полностью теряет свою прочность во влажных условиях, что ограничивает область его применения.

В последнее время как за рубежом, так и у нас в стране проводятся исследования в области создания эффективных технологий производства влагопрочной тары из гофрированного картона. Многими авторами доказано, что обработка гофрокартона гидрофобными составами на основе парафина повышает прочность и водонепроницаемость ящиков, что позволяет применять их вместо деревянных и пластмассовых. При этом мерой влагопрочности считают выраженное в процентах отношение того или другого прочностного показателя влажного материала к этому же показателю сухого материала.

Известно несколько способов придания влагопрочности гофрированному картону [1,2]:
нанесение покрытий на поверхность гофрокартона, таких например, как полиэтиленовая пленка;

пропитка гофрокартона гидрофобными составами, например, импрегнирование парафиновыми расплавами;

предварительная обработка гидрофобным составом бумаги для гофрирования и картона для плоских слоев, например, латексная проклейка массы;