

УДК 622.001.5.061.6162.53.082.3

Н.Т. Бедарев, С.Г. Костюк, В.В. Семенцов

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТКИ МОЩНЫХ КРУТЫХ ПЛАСТОВ СИСТЕМАМИ С ПОДЭТАЖНЫМ ОБРУШЕНИЕМ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Приведены результаты исследований проявлений горного давления и формирования шагов обрушений непосредственной и основной кровель при отработке мощных крутых пластов системами с подэтажным обрушением на основе физического моделирования.

Ключевые слова: мощные крутые угольные пласты, система разработки, подэтажное обрушение, обоснование параметров, физическое моделирование.

Технологии отработки мощных крутых пластов Прокопьевско-Киселевского месторождения углей особо ценных коксующихся марок характеризуются практически полным отсутствием механизации, высокой трудоемкостью, низким уровнем безопасности и значительными потерями угля в недрах.

К перспективным способам разработки мощных крутых пластов можно отнести системы разработки с подэтажным обрушением и выпуском угля, с управлением кровлей перепуском обрушенных пород с вышележащих подэтажей [1, 3], хорошо зарекомендовавшим себя на шахтах Польши и Китая.

В предлагаемой технологии учтен опыт работы механизированных крепей на мощных пластах пологого и крутого падения, однако для работы в сложных горно-геологических условиях необходимо провести детальные лабораторные исследования основных геомеханических характеристик системы и дать научное обоснование геомеханических и технологических параметров: шагов осадок основной и непосредственной кровель, парамет-

ров выпуска угля на конвейер комплекса, способов управления выпуском угля, ширины межгоризонтного и других целиков, расстояния между подэтажными штреками.

Для установления оптимальных параметров указанной технологии были проведены поэтапные исследования методом физического моделирования технологических процессов на моделях из эквивалентных материалов.

На I этапе изучался характер формирования массива перепускаемых с вышележащего подэтажа обрушенных пород и их взаимодействие с отбитым углем.

Для этой цели на специально сконструированном стенде (рис. 1) в геометрическом масштабе $M=1:50$, при соблюдении основных условий подобия имитировалась отработка крутых пластов мощностью $m=6,0; 9,0$ и $12,0$ м с углами залегания $\alpha=50^\circ; 60^\circ$ и 70° при длине очистного забоя по восстанию $l=28,0-30,0$ м. В раме стенда имеются три фиксированных положения I, II и III' стекла 2, имитирующем кровлю пласта, а так же отверстия 3 и 4 для исследования заполнения

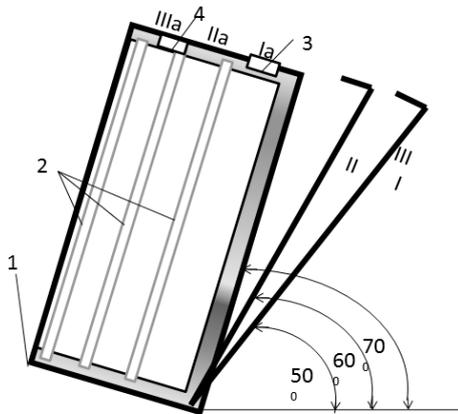


Рис. 1. Вид сбоку поворотного стенда

выработанного пространства обрушенными породами у кровли 4 или у почвы 3 пласта.

На II-III этапах на моделях из эквивалентных материалов исследовали характер проявления горного давления при имитации выемки системой подэтажного обрушения.

На II этапе на трех плоских моделях из эквивалентных материалов двух малых (размером 1340x1050x200 мм) и одной большой (размером 1760x1700x600 мм) в геометрическом масштабе $M = 1:50$ (модель №1) и $M = 1:100$ (модель №2 и №3) и временном $M_v = 1:15$ (модель №1, №2 и №3) исследовался характер проявления горного давления в зависимости от способа управления кровлей и величин её обнажения.

В моделях №1, №2, №3 породы кровли с коэффициентом крепости $f = 4,5; 6,5; 7,0$ и $7,5$, соответственно, а также уголь с коэффициентом крепости $f = 0,8$ в моделях №2 и №3 имитировался гипсопесчаными смесями [2], а в модели №1 для имитации угля использовалась смесь из песка, угольной мелочи и парафиновой крошки в пропорциях согласно диаграмме Гибса-Розебома [2]. Во всех моделях мощность пласта задавалась равной

$m = 9,0-10,0$ м. Угол падения пласта составлял $\alpha = 60^\circ$ (модель №2 и №3), а в модели №1 угол падения $\alpha = 0^\circ$ (для имитации подвигания забоя по линии простирания). Глубина ведения горных работ имитировалась на всех моделях $H = 250$ м, за счет пригрузки пневмобалонами [3].

В модели №1 (рис. 2) выемку угля заходками (4 м в натуре) осуществляли одновременно расходящимися забоями в левую и правую сторону от целика. В левой части модели имитировали выемку угля без забучивания выработанного пространства, а в правой части — с забучиванием выработанного пространства перепускаемыми обрушенными породами с усадкой $\lambda = 31\%$ [3].

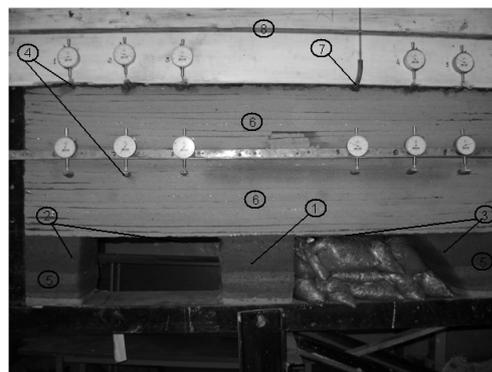
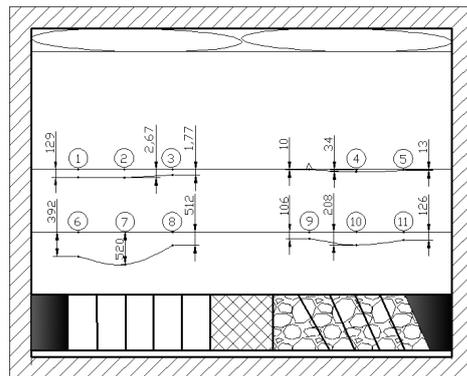


Рис. 2. Характер смещения реперов в правой и левой частях модели (в пересчете на натуре)

Максимум смещения пород кровли в перерасчете на натуру в левой стороне модели составил 520 мм, в правой – 208 мм, на расстоянии 7,5 м от пласта. В левой стороне модели при отходе забоя от целика на расстоянии 25,0-26,0 м смещения кровли резко возросли, в результате чего произошло обрушение основной кровли до баллонов пневмопригрузки.

В модели №2 (рис. 3) отрабатывали три подэтажа с оставлением между ними целиков угля $m_{ц}=7,0$ м, которые поэтапно уменьшали до 2,0-2,5 м, пока не произошел перепуск обрушенных (принудительно) пород в верхнем подэтаже. Высоту забоя $l_3 = 28,0-30,0$ м принимали на основании результатов отработки модели №1, с учетом роста коэффициента крепости пород с $f=4,5$ до $f=6,5$ и угла падения пласта $a=0^\circ$ до $a=60^\circ$.

После отработки двух подэтажей максимум смещений кровли составил 650 мм.

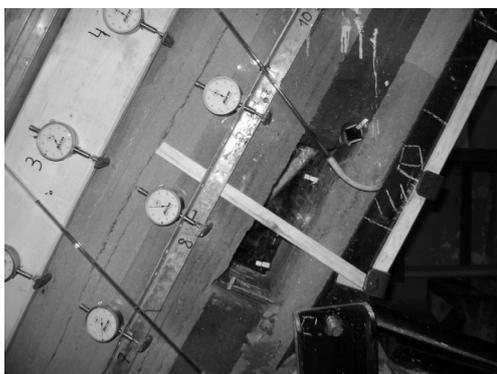
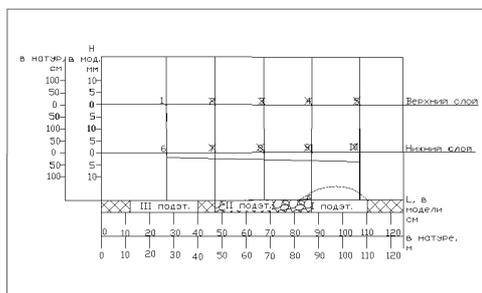


Рис. 3. Показания датчиков часового типа после отработки III этажа

При повторном перепуске пород со второго подэтажа на третий, когда величина зависшей консоли основной кровли превысила 60,0 м, произошло обрушение её на 55,0—60,0 м по мощности.

На основании анализа результатов исследований на моделях №1 и №2, на модели №3 проводили исследования проявления горного давления при имитации отработки пл. «Мощный» (применительно к условиям шахты №12 г. Киселевск).

В указанных размерах заформованной модели (рис. 4) представилась возможность в средней части выемочного столба имитировать подвигание очистного забоя с центра модели в обе стороны, без оставления целиков в левую и правую части (по простиранию) к границе модели.

Таким образом, примерно в 1/3 (средней) части модели (25,0-30,0 м в натуре) кровля пласта работала как плита, заземленная по контуру (как в объемной модели), а не как балка, заземленная на опорах (в моделях №1 и №2). Таким образом, в средней части модели представилась возможность зафиксировать первичный и последующие шаги обрушений непосредственной кровли мощностью $m=1,0\div 5,0$ м.

При анализе аналогов работ по данной системе разработки [1, 3] нет упоминаний о первичных и последующих шагах обрушения непосредственной и основной кровли как по линии простирания, так и по линии падения пласта.

Однако результаты анализов отработки моделей №1 и №2 показали, что без учета формирования шагов обрушения пород кровли могут произойти горные удары и разрушение горных выработок. Так, к примеру, в модели №2 при величине консоли $> 60,0$ м произошли обрушения основной кровли (на 55,0-60,0 м по мощности).

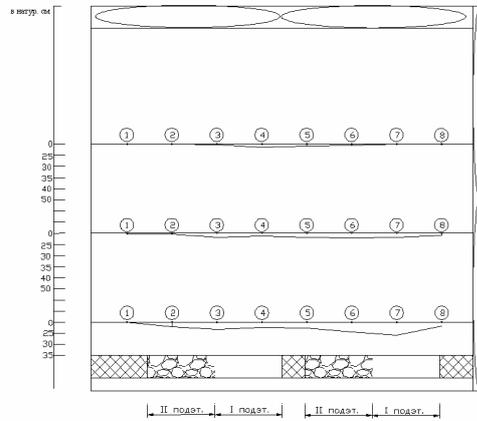
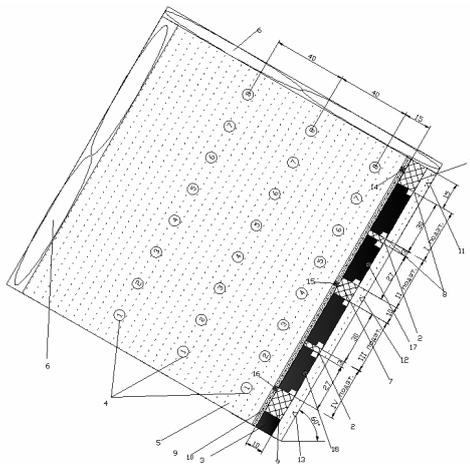


Рис. 4. Схема отработки этажей и размещения измерительных приборов (размеры указаны в см): 1 — межгоризонтный целик; 2 — межподэтажный целик; 3 — угольный пласт; 4 — репера с индикаторами часового типа; 5 — породы кровли (слои высотой 1 см); 6 — пневмобаллоны; 7 — межэтажный целик; 8 — деревянные рейки (для имитации проведения штреков); 9 — целик над откаточным горизонтом; 10 — непосредственная кровля пласта; 11 — месдоза №1; 12 — месдоза №2; 13 — месдоза №3; 14 — датчик давления Д2 №18; 15 — датчик давления Д2 №16; 16 — датчик давления Д2 №12; 17 — датчик давления Д2 №14; 18 — датчик давления Д2 №6



Рис. 4. Смещение кровли после разрушения целика между III и IV подэтажами и перепуском обрушенных пород

На основании отработки модели №3 сделаны следующие выводы:

При отработке I и II подэтажей высотой около 30,0 м первичный шаг обрушения непосредственной кровли по линии простирания составил $9,0 \div 12,0$ м, а последующих шагов — $4,5 \div 6,0$ м.

Обоснована возможность предотвращения произвольного перепуска обрушенных пород с верхнего подэтажа на нижний путем оставления предохранительного целика $h_{ц} = 3,0$ м.

Показана целесообразность оставления постоянного угольного целика между I, II и III, IV подэтажами с увеличением его высоты с 7,0 м

(модель №2) до 10,0 м, а также оставления целиков под отработанным горизонтом и над откаточным горизонтом около 15,0 м.

Подтверждена возможность предотвращения аварийных обрушений пород основной кровли за счет управления горным давлением перепуском обрушенных пород с верх-

него подэтажа на нижний, при наличии не более двух подэтажей и общей длине зависания консоли не более 60,0 м.

Полученные смещения основной кровли над выработанным пространством в каждом подэтаже на момент окончания отработки модели, на удалении 15,0 м от пласта (I ряд реперов) составили 550 мм в натуре, на удалении 40,0 м (II ряд реперов) – 330 мм, и на 80,0 м (III ряд реперов) – 210 мм, причем эти смещения были меньше, чем при отработке модели №2 за счет корректировки параметров, заложенных в модели №2.

На основании показателей месдоз и датчиков давления Д-2 получен характер формирования зон ПГД (повышенного горного давления). При этом максимум концентрации напряжений в зонах ПГД составил $K=3,0-3,6$ над целиком ($h=10,0$ м), разделяющим I, II и III, IV подэтажи. А максимальный коэффициент концентрации напряжений $K=2,0-2,6$ – в зоне целика под отработанным горизонтом и в зоне целика над отработанным горизонтом $K=4,0-4,5$.

На основании проведения исследований на стендах и моделях из эквивалентных материалов сформулированы основные выводы и рекомендации:

1. При заполнении выработанного пространства перепуском обрушенных пород формируется закладочный массив с углом откоса, превышающем угол естественного откоса на $3-12^\circ$ в зависимости от мощности и угла падения пласта. При этом площадь контакта пород у кровли пласта в 1,3-1,5 раза меньше, чем у почвы пласта.

2. Линию наклона очистного забоя относительно линии простирания пласта следует располагать по возможности параллельно линии наклона

закладочного массива, сформированного перепуском обрушенных пород.

3. При движении фронта очистных работ по линии простирания пласта первичный шаг обрушения основной кровли составляет 25,0-26,0 м, последующие шаги — в 1,5-2,0 раза меньше.

4. При высоте подэтажа 30,0 м не следует обрабатывать более 2-х подэтажей (длина консоли должна быть не более 60,0 м), и через каждые 60,0 м по падению следует оставлять целики высотой не менее мощности пласта.

5. Для предотвращения самопроизвольного перепуска обрушенных пород с вышележащего подэтажа величина удерживающего целика должна быть не менее 3,0 м.

6. При отработке I и II подэтажа высотой 30,0 м первичный шаг обрушения непосредственной кровли по линии простирания пласта составляет 9,0-12,0 м, а последующих – 5,0-7,0 м.

7. Смещения основной кровли над выработанным пространством в каждом подэтаже на момент окончания отработки модели на удалении 15,0 м от пласта (I ряд реперов) составили 550 мм в натуре, на удалении 40 м (II ряд реперов) – 330 мм и на 80,0 м (III ряд реперов) – 210 мм, причем эти смещения были меньше, чем при отработке модели №2 за счет корректировки параметров, заложенных в модели №2.

8. Максимум концентрации напряжений в зонах ПГД коэффициент концентрации напряжений составил $K=3,0-3,5$ над целиком ($h=10,0$ м) разделяющим I, II и III, IV подэтажами, а максимальный коэффициент концентрации напряжения $K=2,0-2,5$ – в зоне целика под отработанным горизонтом и в целике над откаточным горизонтом — $K=3,5-4,5$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клишин В.Н. Технология выемки крутопадающих пластов. Уголь Кузбасса, октябрь-ноябрь 2009, с.75-76.
2. Кузнецов Г.Н., Будько М.Н. Моделирование проявлений горного давления. М.: Недра, 1968., с.61-63.
3. Отчет о научно-исследовательской работе «Обоснование параметров технологии разработки крутых и круто-наклонных угольных пластов в сложных горно-геологических условиях системой подэтажного обрушения с выпуском угля под защитой механизированной крепи передвижного штрекового комплекса. — Прокопьевск: ГУ КузГТУ, 2010. — 133 с. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Семенцов В.В. — аспирант, Санкт-Петербургский государственный горный университет, e-mail: vvs.89@mail.ru,
Костюк С.Г. — кандидат экономических наук, директор филиала ГУ КузГТУ в г. Прокопьевске,
Бедарев Н.Т. — кандидат технических наук, доцент, зав. лабораторией геомеханики, Филиал ГУ КузГТУ в г. Прокопьевске.



РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

МЕСТО И РОЛЬ БРИКС В МИРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ (№879/04-12 от 23.01.12 с.)

Курбанов Сердар Алтыевич, аспирант кафедры «Мировая экономика», РЭУ им. Г.В. Плеханова, e-mail: ksa8575@mail.ru.

БРИКС группа пяти быстроразвивающихся стран: Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южно-Африканская Республика. Несмотря на мировой финансово-экономический кризис, она демонстрирует высокие темпы экономического роста, которые в ближайшие годы, по оценкам, составят 9-10%. Согласно прогнозу аналитиков Goldman Sachs, к 2050 году экономики стран-членов БРИКС превысят суммарный размер экономик самых богатых стран мира (Великобритании, Германии, Франции, Италии, США, Канады, Японии), что позволит им трансформировать экономический рост в политическое влияние и приведет к формированию новой экономической элиты и снизит влияние стран, относящихся к «золотому миллиарду», обеспечит рост мировой экономики и фондовых рынков, в частности.

Ключевые слова: Бразилия, Россия, Индия, Китай, Южно-Африканская Республика, мировая экономика, макроэкономические показатели стран БРИКС, перспективы развития БРИКС.

BRICS: PLACE AND ROLE IN THE WORLD ECONOMY

Kurbanov S.A.

BRICS is a group of five high-growth countries: Brazil, Russia, India, China and South Africa. Despite the global financial crisis, it demonstrates the high rates of economic growth, which is estimated to the amount of 9-10% in coming years According to the forecast of Goldman Sachs analysts, by 2050 the economy of BRICS member countries will exceed the total size of the richest countries (UK, Germany, France, Italy, USA, Canada, Japan) that will allow them to transform economic growth into political influence and lead to formation of a new economic elite, and reduce the influence of the countries belonging to the "golden billion", ensure the growth of world economy and stock markets in particular.

Key words: Brazil, Russia, India, China, South Africa, the world economy, the macroeconomic performance of the BRICS, prospects of development of BRICS.