

УДК 622.261.2

О.О. Сдвижкова, Р.М. Терещук, С.П. Лозовский

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
НОВОГО КОМПЛЕКСНОГО СПОСОБА ОХРАНЫ
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНЕ
ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ
В УСЛОВИЯХ ПУЧАЩИХ ПОРОД ПОЧВЫ**

Изучены закономерности изменения напряженно-деформированного состояния массива и обоснованы рациональные параметры способа охраны и поддержания подготовительных выработок в зоне влияния лавы.

Ключевые слова: *пучение пород почвы, устойчивость подготовительных выработок, моделирование выработки.*

Семинар № 13

Анализ состояния подготовительных выработок угольных шахт Украины, а также затрат, связанных с их поддержанием и ремонтом, показывает, что большую трудность при поддержании подготовительных выработок в эксплуатационном состоянии представляет борьба с пучением пород почвы. На угольных шахтах Украины ежегодно подвержены ремонту более 5 тыс. км выработок, в том числе с подрывкой всученных пород почвы до 3,7 тыс. км.

Проблема поддержания подготовительных выработок в устойчивом состоянии во время всего периода их эксплуатации не только остается актуальной, но и приобретает возрастающий характер и требует создания, промышленного освоения и внедрения эффективных способов охраны и поддержания и разработки новых конструкций крепи подготовительных выработок. Особую актуальность эти задачи приобретают в горно-геологических условиях, для которых характерно всучивание пород почвы.

Примером таких условий является шахта «Комсомолец Донбасса», которая находится на территории Шахтерского района Донецкой области Украины.

В почве разрабатываемых пластов I_7 , I_4 и I_3 залегают глинистые сланцы, склонные к пучению. Причем, в наибольшей степени пучение проявляется в подготовительных выработках в зоне влияния очистных работ.

Анализ показывает, что основная причина ремонтных работ (отремонтировано в 2003 г. 18201 п.м) кроется в наличии пучения пород почвы выработок (27 %, 4740 п.м), несоответствии несущей способности крепи действующей нагрузке и недостаточно эффективных способов охраны и поддержания (73 %).

Следует отметить, что пучение в подготовительных выработках в зоне влияния лавы существенно отличается от аналогичного проявления горного давления в капитальных выработках. Этот процесс имеет большую интенсивность, которая не имеет затухающего характера. Напротив, наблюдаются резкие повышения интенсивно-

сти с определенной периодичностью, которая приводит к быстро развивающимся деформациям приконтурного массива и разрушению крепи. Поиск эффективных путей борьбы с пучением в зоне влияния очистных работ является важной практической задачей.

На основе изучения проявлений горного давления в натурных условиях предложен следующий способ охраны подготовительных выработок отличающийся тем, что при проведении выработки формируют раскоску, арочную крепь усиливают установкой двух анкеров, а перед отработкой лавы формируют податливое ограждение со стороны массива и со стороны лавы путем взрывания камуфлетных зарядов вне зоны опорного горного давления. После отработки лавы раскоску заполняют пучашими породами почвы выработки, далее отрабатывают очередную лаву.

Целью работы является изучение закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива при осуществлении предложенных мероприятий и обоснование рациональных параметров способа охраны и поддержания подготовительных выработок в зоне влияния лавы.

Постановка задачи. Методом конечных элементов моделировалась выработка шириной 5 м, высотой 3,5 м в слоистом массиве горных пород. Мощность угольного пласта – 1,1 м, выработка расположенная на глубине 600 м

Были рассмотрены семь расчетных схем, которые соответствуют характерным горно-техническим ситуациям.

Ситуация 1. Подготовительная выработка в массиве, закрепленная арочной податливой крепью.

Ситуация 2. Подготовительная выработка, сопрягающаяся с лавой.

Ситуация 3. Подготовительная выработка, закрепленная арочной податливой крепью с усилением по центру (стандартный способ охраны, применяемый на шахте «Комсомолец Донбасса»). Усиление моделировалось, как сосредоточенная сила P , приложенная к узлам элементов в центральной части кровли и почвы.

Ситуация 4. Подготовительная выработка, закрепленная арочной податливой крепью, сопрягающаяся с лавой. Вследствие камуфлетного взрывания часть угольного пласта разрыхлена. В расчетной схеме зона разрыхления моделировалась как область, в которой модуль упругости $E_{\text{кам}}$ уменьшен по отношению к $E_{\text{уг}}$ пласта (по данным работы [1] взрывание 380 г угленита Э-6 обеспечивает уменьшение модуля упругости угольного пласта в 40 раз).

Ситуация 5. Аналогична ситуации 4, но дополнительно в боку подготовительной выработки со стороны массива сформирована раскоска шириной 2...2,5 м. Раскоска моделировалась как дополнительная полость в угольном пласте.

Ситуация 6. Аналогична ситуации 5, но дополнительно со стороны лавы под углом 30° на высоте 2,0 м от почвы выработка установлен сталеполимерный анкер длиной 2,5 м, жестко связанный с аркой. Анкер моделировался путем закрепления перемещений в соответствующих точках рассматриваемой области.

Ситуация 7. Аналогична ситуации 6, но со стороны целика под углом 45° на высоте 2,5 м от почвы выработка установлен еще один анкер длиной 2,5 м, жестко связанный с аркой.

Решение выполнялось на основе нелинейной деформационной модели среды с использованием процедуры «переменных параметров упругости»,

позволяющей итерационным путем отразить связь между напряжениями и деформациями согласно реальной диаграмме сжатия образца горной породы.

Изменение НДС массива оценивались по величине так называемых эквивалентных напряжений, которые определяются в соответствии с феноменологическим критерием прочности, предложенным Л.Я. Парчевским и А.Н. Шашенко [2]:

$$\sigma_e = \frac{-(1-\psi)(\sigma_1 + \sigma_3) +}{2\psi} + \sqrt{\left(1-\psi\right)^2 \left(\sigma_1 + \sigma_3\right)^2 + 4\psi \left(\sigma_1 - \sigma_3\right)^2}$$

где σ_1, σ_3 — соответственно наибольшее и наименьшее главные напряжения, $\psi = R_p/R_c$ (R_p — предел прочности пород на одноосное растяжение, R_c — предел прочности на одноосное сжатие).

Наличие очистной выработки приводит к значительному увеличению напряжений на контуре подготовительной выработки (в почве на 90 %, в кровле на 61 %).

При выполнении камуфлетного взрывания величина σ_e/R_c в характерных точках в почве подготовительной выработки снижается на 37 % (рис. 1). Напряжения в кровле подготовительной выработки практически равны (ситуации 2, 3, 5, 6, 7), только при камуфлетном взрывании несколько увеличиваются (ситуация 4). При наличии раскоски максимальные напряжения в почве подготовительной выработки смещаются в сторону массива. Максимальное поднятие пород почвы подготовительной выработки находится: для выработки в нетрону-

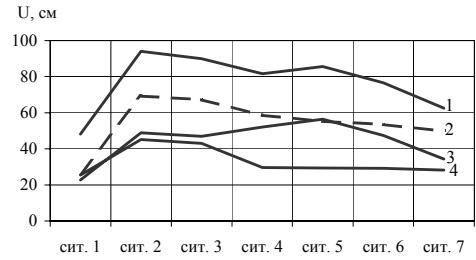


Рис. 1. Изменения величин смещения контура подготовительной выработки в зависимости от рассматриваемой ситуации: 1 — вертикальная конвергенция, 2 — горизонтальная конвергенция, 3 — смещения кровли, 4 — смещения почвы

том массиве — по центру, при наличии лавы — незначительно (на 0,15...0,2 м) смещается в сторону неотработанной части угольного пласта, при наличии лавы и раскоски — смещается в сторону неотработанной части угольного пласта на 0,5...0,6 м. Изменения смещений в подготовительной выработке в зависимости от рассматриваемой ситуации представлены на рис. 1.

Выполнение всех предложенных мероприятий по охране и поддержанию подготовительной выработки приводит к уменьшению величин смещений кровли на 30 % и почвы на 33 % (рис. 1).

Наличие анкера над раскоской уменьшает величину конвергенции в раскоске более чем в два раза.

Выполнение камуфлетного взрывания в боках подготовительной выработки приводит к уменьшению величины горизонтальной конвергенции на 13 %, к уменьшению величины вертикальной конвергенции на 11 %, к уменьшению величины поднятия почвы подготовительной выработки на 31 %, но к увеличению смещений в кровле.

Для определения рациональной

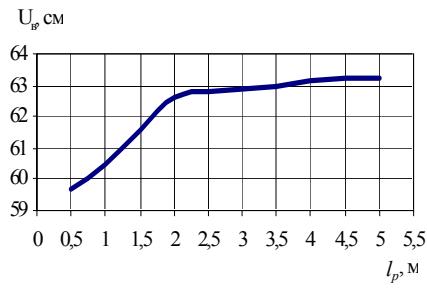


Рис. 2. Изменение величины вертикальной конвергенции в подготовительной выработке в зависимости от ширины раскоски

величины раскоски было исследовано 10 моделей, в которых ширина раскоски l_p изменялась в пределах 0,5...5,0 м для условий, описанных в ситуации 7. Критерий оценки — влияние размеров раскоски на величину вертикальной конвергенции в подготовительной выработке и объем подрываемых пород почвы (рис. 2).

Установлено, что наиболее рациональный размер раскоски составляет 2...2,5 м, поскольку при увеличении размеров раскоски более 2,5 м величина вертикальной конвергенции в подготовительной выработке изменяется незначительно и этот размер достаточен для размещения в ней пород от проведения подрывки.

Для определения места и угла установки анкеров было исследовано более 11 моделей. Критерий оценки работоспособности анкеров — величина изменения вертикальной конвергенции в подготовительной выработке. Варьировался угол наклона анкера к горизонту (\angle), высота установки (h) и количество анкеров.

Промоделированы следующие варианты: 1 — один анкер со стороны лавы ($\angle 60^\circ$, $h = 2,5$ м); 2 — один анкер со стороны лавы ($\angle 45^\circ$, $h = 2,5$ м); 3 — один анкер со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,5$ м); 4 — один анкер со стороны лавы ($\angle 45^\circ$, $h = 2,0$ м); 5 — один анкер со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м); 6 — два анкера: один со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м), другой со стороны массива ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м); 7 — два анкера: один со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м), другой со стороны массива ($\angle 45^\circ$, $h = 2,0$ м); 8 — два анкера: один со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м), другой со стороны массива ($\angle 60^\circ$, $h = 2,0$ м); 9 — два анкера: один со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м), другой со стороны массива ($\angle 60^\circ$, $h = 2,5$ м); 10 — два анкера: один со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м), другой со стороны массива ($\angle 45^\circ$, $h = 2,5$ м); 11 — два анкера: один со стороны лавы ($\angle 30^\circ$, $h = 2,0$ м), другой со стороны массива ($\angle 30^\circ$, $h = 2,5$ м).

На рис. 3 представлено изменение величины вертикальной конвергенции в подготовительной выработке в зависимости от количества, места и угла установки анкеров.

Установка двух стальеполимерных анкеров жестко связанных с аркой со стороны лавы под углом 30° на высоте 2,0 м и со стороны целика под углом 45° на высоте 2,5 м от почвы выработки (ситуация 7, вариант 10), при всех прочих равных условиях, приводит к наименьшей вертикальной конвергенции в подготовительной выработке (рис. 3). Такое расположение анкеров является наиболее рациональным.

Результаты натурных измерений [3], физического (на эквивалентных материалах) [4, 5] и математического моделирования позволили построить обобщенный график изменения вертикальной конвергенции в подготови-

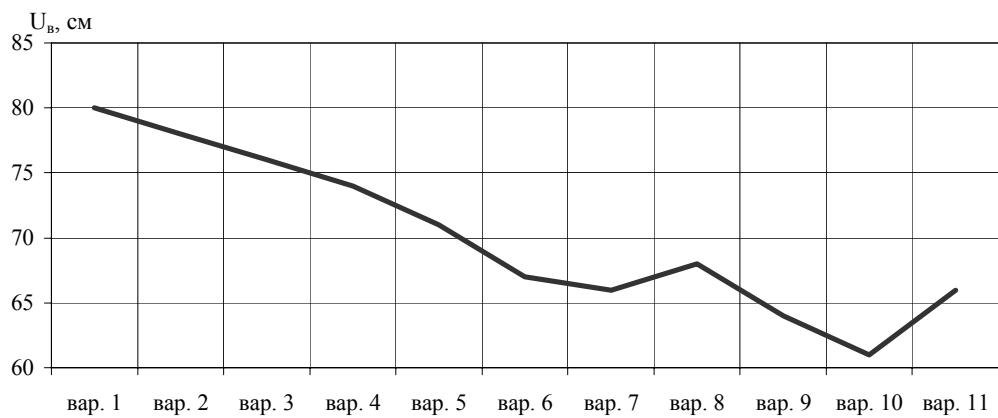


Рис. 3. Изменение величины вертикальной конвергенции в подготовительной выработке в зависимости от количества, места и угла установки анкеров

тельной выработке (рис. 4), что дает

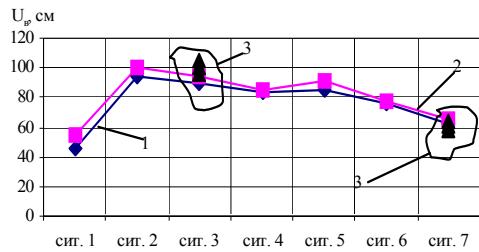


Рис. 4. Изменение величины вертикальной конвергенции в подготовительной выработке в зависимости от рассматриваемой ситуации: 1 — результаты математического моделирования; 2 — результаты физического моделирования (на эквивалентных материалах); 3 — результаты шахтных наблюдений.

возможность оценить эффективность применяемых технических решений.

Результаты, полученные при натурных измерениях, физическом и математическом моделировании, практически совпадают (расхождения составляют 14,4 %) (рис. 4). Это подтверждает правильность выбора моделей и позволит, в дальнейшем, обосновывать параметры предложен-

ного способа охраны и поддержания подготовительных выработок для различных горно-геологических условий.

Выводы

- Выполнение предложенных в данной работе мероприятий по поддержанию подготовительной выработке приводит к уменьшению горизонтальной и вертикальной конвергенции на 26 % (17,3 см) и 30,5 % (27,3 см), соответственно, уменьшению конвергенции в раскоске на 62 %.

- Устойчивость подготовительных выработок в рассматриваемых горно-геологических условиях обеспечивается путем применения комбинированного геомеханического способа управления горным давлением и оценивается величиной вертикальной конвергенции, нелинейно зависящий от параметров способа: числа и угла установки анкеров, длины раскоски, расстояния между шпурами камуфлированных зарядов.

- Для условий шахты «Комсомолец Донбасса» ситуация 7 является наилучшей комбинацией технических решений, обеспечивающих реализацию предложенного способа охраны

выработки при уменьшении величины горизонтальной и вертикальной конвергенции на 30 %.

Рекомендуемые мероприятия: проведение раскоски шириной 2...2,5 м, установка сталеполимерных анкеров со стороны лавы под углом 30° на

высоте 2,0 м и со стороны целика под углом 45° на высоте 2,5 м от почвы выработки, выполнение камуфлетного взрывания (глубина шпуров 2,2...2,5 м, масса заряда 400 г, расстояние между шпурами 2,0 м).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рязанцев А.П. Влияние степени разрыхления пород демпферной зоны на параметры способа борьбы с пучением пород почвы // Наукові праці КДПУ. – Кременчук: КДПУ. – 2004. – Вип. 1/2004 (24). – С. 72–75.
2. Шашенко А.Н., Пустовойтенко В.П. Механика горных пород. – Киев: Наукова думка, 2003. – 299 с.
3. Лозовский С.П. Шахтні дослідження нового способу охорони та підтримання підготовчих виробок // Вісник ЖІТІ. – техн. наук. – 2004. – №2 (28). – С. 240–244.
4. Лозовский С.П. Изучение характера поведения горного массива вокруг подготовительных выработок в зоне влияния лавы на моделях // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 1. – С. 42–44.
5. Лозовский С.П., Терещук Р.Н. Разработка рациональных способов охраны и поддержания подготовительных выработок в зоне влияния лавы // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 2. – С. 44–46. ГНАБ

Коротко об авторах

Свижкова О.О. – доктор технических наук, профессор,
Терещук Р.М., Лозовский С.П. –

Национальный горный университет, Днепропетровск, rector@nmu.org.ua



ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА имени И.М.ГУБКИНА			
ДРАНИШНИ-КОВА Дарья	Повышение эффективности управления денежными потоками субъектов естественных монополий	08.00.10	к.э.н.

Николаевна			
------------	--	--	--