

УДК 622.261.27



А. И. ВОЛОШИН,
член-корр. НАН Украины
(ИГТМ НАН Украины, НИЦ
«Экология-Геос»)



О. В. РЯБЦЕВ,
канд. техн. наук
(ИГТМ НАН Украины, НИЦ
«Экология-Геос»)



А. И. КОВАЛЬ,
канд. техн. наук
(ООО «ДТЭК Свердловантрацит»)

Рекомендации по охране и поддержанию подготовительной выработки позади лавы

Приведены результаты исследований геомеханического состояния вмещающих пород в окрестности подготовительной выработки, на основании которых разработан комплекс рекомендаций для ее охраны и поддержания в целях обеспечения вентиляции, безопасного выхода людей, доставки материалов и оборудования. Дано сравнение расчетных и фактических значений остаточной высоты выработки в ОП «Шахта «Харьковская» ООО «ДТЭК Свердловантрацит».

Одна из актуальных задач для шахт Украины – получение максимально возможного уровня добычи угля при уменьшении капитальных и эксплуатационных затрат на подготовку выемочных столбов к отработке и сохранении безопасных условий ведения горных работ, что даст возможность повысить производственную и экономическую эффективность работы угледобывающего предприятия [1].

Неудовлетворительное состояние подготовительных выработок, которое можно объяснить нерационально выбранными средствами крепления и охраны – сдерживающий фактор для достижения указанных целей. Причиной этого является недостаточная степень изученности процессов, происходящих в массиве горных пород, что наряду с ухудшением горно-геологических условий на больших глубинах не дает возможности адекватно

определить конвергенции пород по контуру подготовительной выработки и нормальную нагрузку, которую должна воспринимать крепь.

Для обоснованного выбора максимально эффективного комплекса технических средств, направленных на крепление, охрану и поддержание подготовительной выработки, необходимо исследование геомеханического состояния углепородного массива в конкретных горно-геологических условиях ведения горных работ [2, 3].

ОП «Шахта «Харьковская» ООО «ДТЭК Свердловантрацит» отрабатывает пласт k_2^1 лавой № 102. Выемочный столб лавы длиной 2000 м разрабатывают по комбинированной системе – от капитальных уклонов к границе шахтного поля. Вентиляционный ходок № 100 был проведен во время отработки лавы № 100 частично с помощью комбайна КСП-32 и частично – буровзрывных работ с подрывкой преимущественно пород кровли. От влияния очистных работ лавы № 100 выработка охранялась угольным целиком шириной 50 м, что позволило сохранить ее в хорошем рабочем состоянии.

Опыт работы шахты в аналогичных условиях показал, что при отработке смежной лавы, в данном случае № 102, поддержать подготовительную выработку в зоне ее влияния и позади очист-

РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

ного забоя для обеспечения вентиляции, вывода людей при вступлении в действие плана ликвидации аварии и доставки материалов и оборудования было весьма проблематично. Она находилась в неудовлетворительном состоянии, требовала постоянных затрат на ремонт и восстановление, что негативно сказывалось на производственных и экономических показателях работы добычного участка. Поэтому задача охраны и поддержания подготовительной выработки позади лавы стала весьма актуальной.

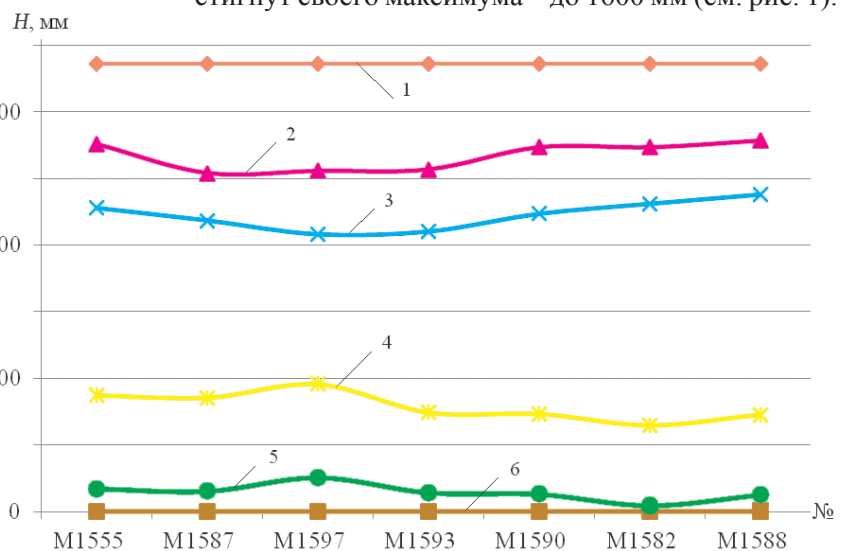
Напряженно-деформированное состояние пород в окрестности вентиляционного ходка № 100 моделировалось с помощью программно-технологического комплекса «Технология стратегического планирования развития горных работ»[©] [3, 4]. Эта технология на сегодня – единственный продукт такого рода, включающий все факторы и условия, определяющие процесс ведения горных работ на конкретном добычном участке.

Учитывалось, что выработку необходимо поддерживать по всей длине при отработке лавы № 102: в массиве вне зоны ее влияния; в зоне влияния движущего очистного забоя; на сопряжении с лавой и позади очистного забоя на всю длину выемочного столба.

Прогнозные расчеты выполняли в два этапа: на *первом* определяли геомеханическое состояние вмещающих пород в окрестности вентиляционного ходка № 100 вне зоны влияния лавы № 102 с учетом времени, прошедшего с момента проведения выработки, и состояние пород в зоне влияния лавы; на *втором* устанавливали геомеханическое состояние пород в окрестности вентиляционного ходка № 100 на сопряжении с лавой № 102 и в выработанном пространстве по мере отхода лавы № 102 с учетом фактора времени.

В результате расчетов получены значения мощностей расслоившихся породных пачек по кровле и почве, опусканий пород кровли, поднятий пород почвы и сближений боков, параметров опорной зоны для каждого слоя породы, высоты свода обрушения и веса обрушенных

Рис. 1. Конвергенция пород кровли и почвы вентиляционного ходка лавы № 100 позади забоя лавы № 102: 1 и 6 – паспортные положения кровли и почвы; 2 и 3 – положения кровли позади лавы с учетом и без учета «оборгнивания» целика; 4 – положение почвы позади лавы; 5 – положение почвы позади лавы с учетом подрывки; № – номер скважины.



пород, который должна воспринимать крепь выработки. Проведенный комплекс исследований подтвердил данные о негативном опыте шахты при поддержании подготовительных выработок позади забоя лавы в аналогичных условиях.

Установленные особенности изменения геомеханического состояния вмещающих пород в окрестности вентиляционного ходка № 100 вне зоны влияния лавы № 102 с учетом времени, прошедшего с момента проведения, и в зоне влияния лавы № 102 свидетельствуют, что в массиве вне зоны влияния лавы ожидаются следующие смещения пород на контуре: опускания пород кровли 90 – 120 мм при поддержании выработки в этих условиях в течение 200 сут; поднятия пород почвы 170 – 300 мм при сближении боков выработки до 100 мм. В зоне влияния лавы № 102 опускания пород кровли составят 240 – 300 мм с учетом поддержания вне зоны влияния, поднятия пород почвы – 270 – 340 мм при сближении боков выработки до 280 мм и с учетом поддержания выработки вне зоны влияния лав.

Моделирование напряженно-деформированного состояния горных пород в окрестности вентиляционного ходка № 100 на сопряжении с лавой № 102 и по мере отхода этой лавы с учетом фактора времени показали, что опускания пород кровли составят 1000 – 1200 мм при наличии жесткого охранного сооружения, поднятия пород почвы – до 700 мм в случае сближения боков выработки примерно на 400 мм. При свободных опусканиях слоев пород кровли (без охранного сооружения) опускания пород кровли после отхода лавы № 102 на 300 м достигнут своего максимума – до 1600 мм (см. рис. 1).

РАЗРАБОТКА ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Таким образом, площадь остаточного сечения выработки всвету составит не менее 10 м^2 , что достаточно для выполнения ею технологического предназначения. Давление со стороны пород кровли на жесткое охранное сооружение будет $27 - 47 \text{ МПа}$, а нагрузка со стороны пород непосредственной кровли на крепь – до 370 кН .

На базе проведенных исследований и прогнозных расчетов относительно геомеханического состояния вмещающих пород в окрестности вентиляционного ходка № 100 стало возможным предложить практические рекомендации для достижения поставленной цели – использования вентиляционного ходка № 100 для вентиляции, безопасного вывода людей, доставки материалов и оборудования.

Базовый вариант с оставлением ленточного целика шириной 5 м предусматривает частичное решение поставленной задачи. Согласно результатам прогнозных расчетов вертикальная конвергенция составит до 1500 мм при опускании пород кровли до 750 мм в случае сохранения устойчивости целика как охранного сооружения. Тогда следует ожидать существенных деформаций элементов крепи, формирования складчатой структуры верхняков и, как следствие, проведения ремонтно-восстановительных работ вдоль всей выработки. В случае разрушения целика, что подтверждают результаты расчетов, поскольку зона неупругих деформаций в нем будет распространяться до $3,5 \text{ м}$, вертикальная конвергенция составит до 2000 мм , что приведет к деформированию крепи, потере ею несущей способ-

ности и поставит под угрозу эксплуатацию выработки в завальной части. Исходя из этого необходимо увеличить целик до $7 - 8 \text{ м}$, чтобы не допустить его разрушения.

Поскольку выработка закреплена крепью типа КМП-А3/13,8 и ее замена на крепь с большей несущей способностью и податливостью нецелесообразна и весьма трудоемка, рассматривается существенная модернизация базового варианта, которая заключается в следующем. Во избежание преждевременной утраты крепью податливости и образования складчатой структуры верхняков необходимо усилить верхняки крепи впереди забоя лавы на расстояние не менее 80 м гидростойками типа ГВПУ и не менее чем 60 м – позади забоя. Усиление верхняков одним рядом гидростоек, установленных под металлическую балку из СВП, позволит увеличить рабочее сопротивление крепи приблизительно до 700 кН .

Чтобы не допустить преждевременную деформацию элементов крепи при исчерпании ею податливости, следует подрыть почву под каждую стойку на 300 мм (паспортную податливость) и переустановить стойки. Это обеспечит дополнительные 300 мм податливости крепи без деформирования ее элементов. По результатам расчетов податливость крепи необходимо восстанавливать на расстоянии $60 - 80 \text{ м}$ от забоя лавы и корректировать в соответствии с данными визуальных наблюдений. Учитывая, что выработка с одной стороны примыкает к целику ши-

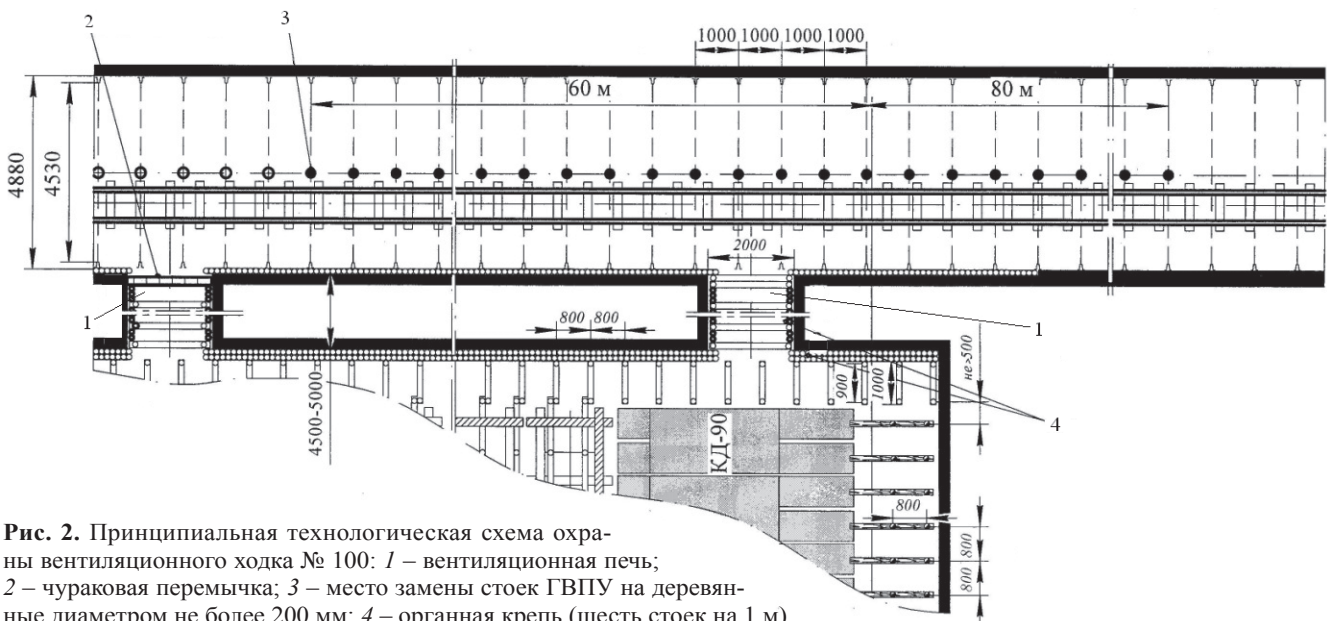


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема охраны вентиляционного ходка № 100: 1 – вентиляционная печь; 2 – чураковая перемычка; 3 – место замены стоек ГВПУ на деревянные диаметром не более 200 мм ; 4 – органическая крепь (шесть стоек на 1 м).

риной 50 м, податливость возможна в большей степени со стороны лавы.

Под действием горного давления предохранительный целик будет разрушаться в краевых частях. Поэтому предложено усилить двумя рядами органической крепи с завальной стороны и одним рядом со стороны выработки и печей. При этом можно ширину целика (5 м) оставить прежней или уменьшить до 4–4,5 м, сохранив жесткость и устойчивость конструкции. Принципиальная технологическая схема охраны вентиляционного ходка № 100 представлена на рис. 2.

Разработанный комплекс рекомендаций был принят для использования на техническом совете ООО «ДТЭК Свердловантрацит». Для их реализации в условиях вентиляционного ходка № 100 ОП «Шахта «Харьковская» создана бригада, которая осуществляет инструментальные замеры для идентификации теоретических и фактических значений остаточной высоты выработки. В настоящее время отработана большая часть выемочного столба.

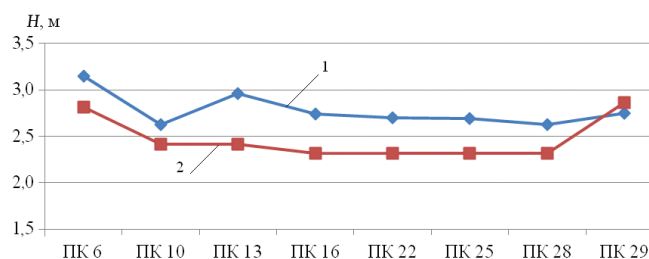


Рис. 3. Результаты идентификации расчетных и фактических значений остаточной высоты H вентиляционного ходка № 100 шахты «Харьковская»: 1 и 2 – высота выработки фактическая и расчетная в метрах.

Из рис. 3 следует, что в среднем фактическая и расчетная остаточная высота выработки составляет 2781 и 2471 мм соответственно, их средняя сходимость – не менее 88 %, что подтверждает высокую степень точности и надежности получаемых результатов.

Во время работы лавы особое внимание обращалось на качественный отвод воды, поскольку на момент начала отработки ее большая часть находилась под водой (≈ 700 мм). Из статистических данных, основанных на наблюдениях в шахтах, известно, что повышение влажности пород почвы на 1–3 % уве-

личивает их пучение (≈ 30 %). При этом значительно уменьшаются прочностные характеристики пород и они быстрее теряют несущую способность.

Выводы. Разработанные практические рекомендации по охране и поддержанию вентиляционного ходка № 100 позволяют осуществить охрану и поддержание выработки для вентиляции, вывода людей при аварийных ситуациях, для доставки материалов и оборудования с минимальными изменениями существующей технологии. При этом достигается удовлетворительное состояние выработки в соответствии с требованиями Правил безопасности.

Средняя сходимость расчетных и фактических значений остаточной высоты выработки не менее 88 % подтверждает высокую степень достоверности и надежности получаемых с помощью «Технологии стратегического планирования развития горных работ»[©] результатов, т. е. целесообразность ее использования при планировании развития горных работ. Фактический экономический эффект от реализации комплекса рекомендаций, рассчитанный специалистами ООО «ДТЭК Свердловантрацит» и ОП «Шахта «Харьковская», составил 14,8 млн. грн., и продолжает увеличиваться, поскольку выемочный столб еще не отработан.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *Решение* геоэкологических и социальных проблем при эксплуатации и закрытии угольных шахт / [В. Ф. Янукович, Н. Я. Азаров, А. Д. Алексеев и др.]. – Донецк, ООО «Алан», 2002. – 480 с.
2. *Брюханов А. М.* Контроль состояния горного массива / А. М. Брюханов, А. А. Рубинский, Г. И. Колчин // Форум горняков – 2009. Подземные катастрофы: модели, прогноз, предотвращение: материалы междунар. конф. – Днепропетровск: НГУ, 2009. – С. 19–22.
3. *Методология* определения рациональных технологических параметров ведения горных работ / [А. Ф. Булат, А. И. Волошин, О. В. Рябцев, А. В. Савостьянов] // Уголь Украины. – 2010. – № 10. – С. 15–18.
4. *Технология* стратегического планирования развития горных работ / [А. Ф. Булат, А. И. Волошин, О. В. Рябцев, А. И. Коваль] // Уголь. – 2011. – № 2. – С. 22–25.