

7. **Азарян А.А.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд / **А.А. Азарян, Ю.Ю. Кривенко, В.Г. Кучер** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць.- 2014.- Вип. 36.- С. 276-280.
8. Измельчение. Энергетика и технология / [Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И. и др.]– М.: Изд. дом “Руда и Металлы”, 2007.– 296 с.
9. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых / [Морозов В.В., Топчаев В.П., Улитенко К.Я. и др.]– М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2013.– 512 с.
10. **Луткин Н.И.** Приборы для контроля технологического процесса в потоке / **Н.И. Луткин, К.К. Морар.**- М.: Колос, 1978.- 160 с.
11. Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов в АСУ ТП обогатительного производства / [Моркун В. С., Потапов В. Н., Моркун Н. В., Подгородецкий Н. С.]. – Кривой Рог : Изд. центр КТУ, 2007. – 283 с.
12. **Моркун В. С.** Ультразвуковые поверхностные волны Лэмба и Лява в измерительных системах / **В.С. Моркун, О.В. Поркуян** - Кривий Ріг: Изд. центр КТУ, 2006. – 261 с.
13. **Кондратець В.О.** Ідентифікація співвідношення руда/вода на вході кульового млина / **В.О. Кондратець, О.М. Сербул** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2006.- Вип. 17.- С. 265-272.
14. **Кондратець В.О.** Ідентифікація співвідношення руда/вода в процесі подрібнення пісків класифікатора / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуй** // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 2009.- №3.- С. 8-12.
15. А.с. 570398 СССР, МКИ В 03 В 13/04. Устройство для измерения циркулирующей нагрузки / **Ф.Н. Дегтярев, А.А. Мерзляков, В.А. Кондратец, Л.П. Байда, Н.В. Гончаров** (СССР). - № 1676560/03; заявл. 28.06.71; опубл. 30.08.77, Бюл. № 32.
16. **Кондратець В.О.** Теоретичне дослідження сканування поверхні відкритих матеріальних потоків променями незмінної довжини / **В.О. Кондратець** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць.- 2013.- Вип. 35.- С. 174-178.
17. **Кондратець В.О.** Дослідження впливу піскового потоку на стан пульпи у завитковому живильнику / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуй** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2007.- Вип. 19.- С. 107-114.
18. **Чугаев Р.Р.** Гидравлика (техническая механика жидкости) / **Чугаев Р.Р.**- Л.: Энергия, 1971.- 552с.
19. **Кондратець В.О.** Теоретичне дослідження розрідження пісків односпірального класифікатора джерелом з незмінною витратою води / **В.О. Кондратець, О.М. Сербул** // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць КНТУ.- 2013.- Вип. 26.- С. 173-180.
20. Автоматический контроль и регулирование технологических процессов на железорудных обогатительных фабриках / [Гончаров Ю.Г., Давидкович А.С., Гейзенблазен Б.Е., Гуленко Г.В.].- М.: Недра, 1968.- 227с.

Рукопис подано до редакції 07.12.15

УДК 622.272: 624.191.5

А.Н. РОЕНКО, д-р техн. наук, проф., Национальный горный университет
С.А. ХАРИН, д-р техн. наук, проф., Институт предпринимательства «Стратегия»

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ JAVA-ПРОГРАММ

Указано, что сооружение протяженных горизонтальных горных выработок буровзрывным способом в крепких породах, в условиях Криворожского бассейна, приводит к тому, что фактическая площадь поперечного сечения может существенно превышать проектную, а величина отбитой породы на 15-19 % быть больше расчетной, что приводит к дополнительным работам и затратам времени и средств при уборке породы и креплении выработок. Отмечено, что в таких условиях для уменьшения переборов и трещинообразования в массиве целесообразно применение контурного взрывания. На основе разработки программного обеспечения на языке Java, которое выступило в качестве инструмента исследований вопросов организации строительства горных выработок, использованы возможности Swing - библиотеки для создания графического интерфейса, которая содержит ряд графических компонентов, таких как кнопки, поля ввода, таблицы и предоставляет более гибкие интерфейсные компоненты, чем более ранняя библиотека АWT. Получена зависимость параметров размещения шпуров при контурном взрывании от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодеяконова, при этом показано, что расстояние между шпурами контурного ряда и линия наименьшего сопротивления в зависимости от f соответственно описываются логарифмической и степенной функциями. Показаны результаты анализа воздействия контурного взрывания на скорость проходки выработок для разных случаев. Отмечено, что интенсивность строительства горизонтальных выработок при контурном взрывании при прочих равных условиях может снижаться в 1,1-1,24 раза, при этом более значительное уменьшение скорости работ при росте f объясняется уменьшением производительности средств бурения.

Ключевые слова: горное производство, горные выработки, отбитая порода, крепление выработок, горное давление.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Устойчивое функционирование горного производства является условием эффективного развития экономики Украины. Задача реконструкции производственных мощностей в условиях значительных глубин разработки должна сопровождаться интенсивными усилиями в направлении исследований, направленных на совершенствование всех технологических процессов, которые требуют соответствующей автоматизации для обеспечения достоверности результатов.

Анализ исследований и публикаций. Анализ опубликованных работ, освещающих различные аспекты научных исследований, показывает на значительное число публикаций, посвященных совершенствованию буровзрывных работ, в частности, действию взрыва удлиненного заряда взрывчатого вещества в шпурах и управлению удельной поверхностной энергией разрушения горных пород [1,2]. Учеными также получены научные результаты, связанные с использованием многоточечного инициирования скважинного заряда для улучшения проработки подошвы уступа и исследованием влияния формы заряда в донной части шпура на изменение прочностных свойств среды при взрыве [3,4]. Различным аспектам контурного взрывания посвящен труд чешских авторов [5], получивший широкое признание.

В целом изучение литературных источников и актуальных проектов проводящегося в настоящее время строительства железорудных предприятий показывает, что вопросы воздействия контурного взрывания на продолжительность проходческого цикла и соответственно скорость проведения протяженных выработок, независимо от их назначения, не являются сегодня детально проработанными.

Постановка задачи. Разработать эффективно работающее, отвечающее стандартам качества, программное обеспечение и исследовать влияние контурного взрывания на интенсивность проходческих работ, выполнить соответствующий анализ, установить закономерности и выработать рекомендации.

Изложение материала и результаты. Функционирование железорудной промышленности Украины характеризуется в настоящее время следующими чертами:

значительной отработанностью легкодоступных месторождений полезных ископаемых; большой глубиной ведения работ на карьерах, проблемами, связанными с масштабами и темпами вскрышных работ;

экологическим ущербом, связанным с деятельностью горнообогатительных комбинатов; значительной потребностью металлургических предприятий в железорудном сырье;

необходимостью обеспечения критически важных экспортных поставок металлургической и железорудной продукции;

близостью к исчерпанию запасов природно-богатых железных руд, разрабатываемых в настоящее время подземным способом и вскрытых с помощью одной ступени вскрытия.

В таких условиях эффективное развитие подземного горного производства возможно только при активной инновационной политике, экономии всех видов, а особенно ключевых затрат, концентрации усилий не только непосредственно на добыче полезного ископаемого, но и на вопросах шахтного строительства, своевременное введение в действие новых горизонтов, расположенных на значительных глубинах. Это придает особое значение вопросам совершенствования организации работ.

Проходка горных выработок, особенно большого поперечного сечения, сопровождается во многих случаях тем, что их фактические размеры отличаются от данных в проекте, контур выработки сильно изрезан. Стремление к тому, чтобы сооружаемая выработка в проходке имела размеры, которые позволяют в конечном итоге обеспечить соответствие проекту готовой выработки с учетом параметров ее крепи вынуждает размещать шпуры таким образом, что имеет место перебор породы, который исчисляется величиной 15-19 %, а в ряде случаев и большей, что негативно сказывается на объемах убираемой породы, затрудняет крепление выработки.

Например, при использовании в качестве крепи бетонной расход материала, особенно при значительной неровности контура, может существенно возрасти, что увеличивает стоимость строительства, повышает его сроки.

Кроме того, при обычном взрывании имеет место значительное разрушающее воздействие энергии взрыва на законтурный массив, что требует увеличения параметров крепи, и, соответственно, вызывает необходимость увеличения размеров выработки в проходке. Для снижения переборов породы и образования трещин в горном массиве целесообразно использование кон-

турного взрывания, характеристикой которого является снижение энергии при взрыве и специальном расположении шпуров предконтурного и контурного рядов.

Изучение имеющегося обширного опыта применения контурного взрывания, освещенного, в частности, проф. Н.М. Покровским и другими авторами показало следующее [6,7]. Снижение концентрации взрыва на 1 м шпура достигается за счет использования ВВ с высокой работоспособностью в патронах уменьшенного диаметра или использования ВВ в патронах обычного диаметра, но малой работоспособности, а также сочетания этих способов.

При применении контурного взрывания уменьшается глубина трещин в массиве, перебор породы, все это в конечном итоге позволяет существенно сократить расходование средств на крепление выработок, особенно в сложных условиях, например, при высоком горном давлении.

Весьма целесообразным представляется использование контурного взрывания на глубоких горизонтах шахт Криворожского бассейна, где проходческие работы выполняются на глубинах свыше 1300 м.

Насущной задачей выступает разработка программного обеспечения, которое позволяло бы служить в качестве инструмента оперативного изучения вопросов организации проходческого цикла при сооружении выработок, учитывая большое разнообразие условий и сложность обработки информации.

Как представляется, весьма целесообразным в данном случае может быть программное обеспечение, использующее принципы объектно-ориентированного программирования (ООП).

Важно указать, что главные достоинства такого вида программирования проявляются, когда в языке есть возможность использования полиморфизма, способности объектов с одинаковой спецификацией получать разную реализацию, что вполне применимо для наших задач.

С целью автоматизации исследований разработаны алгоритм (рис. 1) и компьютерная программа на языке Java.

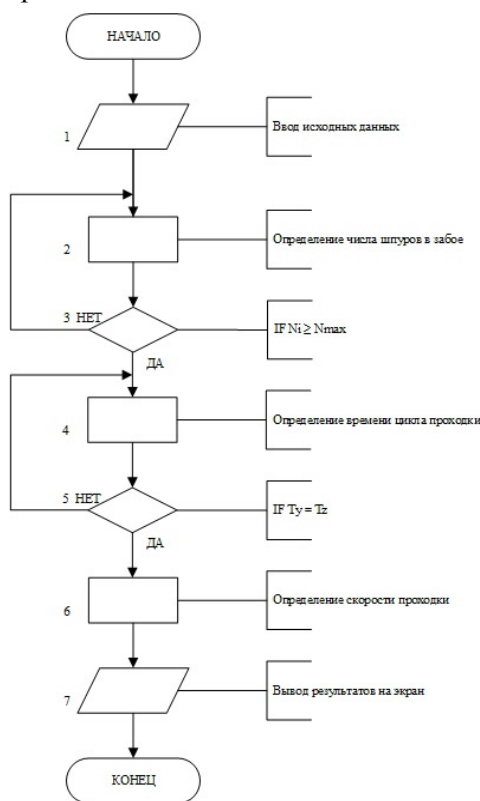
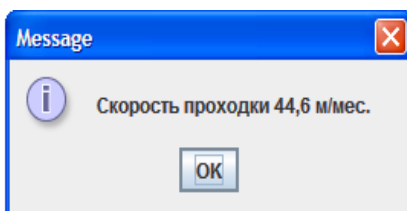


Рис. 1. Алгоритм программы исследований

Использованы возможности Swing - библиотеки для создания графического интерфейса, которая содержит ряд графических компонентов, таких как кнопки, поля ввода, таблицы и предоставляет более гибкие интерфейсные компоненты, чем более ранняя библиотека AWT (рис. 2).

Основные возможности этого языка весьма разнообразны. К ним относится, в частности, следующее [8,9]: возможность применения достаточно простых инструментов для построения сетевых приложений, способность к автоматическому управлению памятью, весьма обширный перечень средств для осуществления фильтрации ввода-вывода, богатый перечень стандартных коллекций, интегрированные в Java средства построения многопоточных приложений, существенно дополненные механизмы преобразования комплекса исключительных ситуаций, способность к параллельному выполнению различных программ. Все это дает возможность эффективно использовать язык Java для решения задач горного производства, особенно в тех случаях, когда необходима обработка большого потока данных.

Рис. 2. Использование библиотеки Swing



Проф. Н.М. Покровским и другими авторами [6,7] указывается закономерность изменения расстояния между оконтуривающими шпурами в протяженных выработках горизонта от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова. Следует, однако, указать, что в упомяну-

тых работах не приводятся сведения о параметрах размещения таких шпуров в породах с f , не превышающим десяти. Используя параметры, приведенные ранее в [6,7], возможно найти выражения для определения расстояний между шпурами от f , экстраполировав их для диапазона крепости пород от 10 до 20 (табл. 1).

В результате полученные выражения для определения основных параметров размещения зарядов контурного и предконтурного рядов применим в дальнейшем для нахождения зависимости темпов проведения протяженных выработок горизонта при контурном взрывании в породах с высокой и очень высокой крепостью, которые, в частности, характерны для глубоких шахт Криворожского бассейна. Выполним исследование по нахождению зависимости темпов сооружения штрека и квершлага от f при разнообразных случаях (табл. 2) в выработках сечением соответственно 10 и 20 м².

Применение вместо обычного взрывания контурного требует бурения некоторого (иногда весьма значительного) количества дополнительных предконтурных и непосредственно контурных шпуров, что способно негативным образом отражаться на скорости сооружения выработок. Часть из них может находиться на достаточно большой высоте, что способно затруднить процесс бурения.

Таблица 1

Зависимости параметров размещения шпуров от f

Вид шпуров	Расстояние между шпурами в ряду, a_k , см	ЛНС, W_k , см
Оконтуривающие	Логарифмическая, $a_k = -24,1 \ln(f) + 99,7$	Степенная $W_k = 149,2 f^{-0,43}$
Предконтурные	Логарифмическая, $a_{pk} = -28,9 \ln(f) + 119,54$	Степенная $W_{pk} = 179,4 f^{-0,42}$

Таблица 2

Условия исследований

Условие исследований	Сечение выработки в проходке, м ²	Вид взрывания	Производительность средств бурения
1	10	Обычное	Зависит от f
2		Контурное	Зависит от f
3		Контурное	Увеличена по сравнению с вариантом 2 в 2 раза
4	20	Обычное	Зависит от f
5		Контурное	Зависит от f
6		Контурное	Увеличена по сравнению с вариантом 5 в 2 раза

Анализ полученных данных о числе шпуров при обычном и контурном взрывании позволил сделать следующие выводы. Абсолютное (и достаточно заметное) увеличение числа шпуров при росте f будет приводить к более выраженному относительному росту количества шпуров при меньших величинах коэффициента крепости пород: к примеру, в штреке, имеющем площадь поперечного сечения в проходке 10 м², относительный рост количества шпуровых зарядов при контурном взрывании при $f=10$ будет достигать 1,28 раза, при крепости пород 14–1,24 раза. Вместе с тем такое увеличение числа шпуров при очень высоком f , например, 20, снизится до параметра 1,19.

Для квершлага, имеющего вдвое большее сечение, чем штрек, возрастание при контурном взрывании количества шпуров, обладая в целом аналогичным характером изменения, будет характеризоваться менее заметным уровнем. Так, например, установлено, что для коэффициента крепости пород 10 это увеличение будет достигать 1,24, для $f=14$ –1,21, и, наконец, для $f=20$ изменится до величины 1,17. Для условия исследований 1, при применении обычного взрывания, и росте f от 10 до 14 интенсивность строительства штрека сократится с 77 м/мес до 50,2 м/мес. (на 35 %). Возрастание значения крепости до 20 вызывает уменьшение интенсивности сооружения штрека до 29 м/мес (в 2,7 раза в сравнении со случаем $f=10$).

Довольно заметные изменения в темпах строительства выработки будут наблюдаться при применении контурного взрывания (вариант 2). Потребность в бурении увеличенного числа шпуров вызывает сокращение в соответствующих случаях интенсивности сооружения штрека.

Так, например, при $f=10$ темпы строительства выработки будут достигать 67,8 м/мес (что уступает обычному взрыванию в 1,14 раза). Для коэффициента крепости 20 темпы проходки сократятся до 24,6 м/мес (что в 2,8 раза меньше случая с крепостью 10 и в 1,2 раза - по сравнению с применением обычного способа взрывания забоя).

Целесообразно выполнить анализ изменения скоростей строительства ранее рассмотренных нами протяженных выработок горизонта при использовании контурного взрывания, но

двукратном (для соответствующих случаев ведения проходческих работ) повышении производительности буровых средств, поскольку буровые работы, особенно в крепких породах, производят сильно выраженное воздействие на интенсивность строительства выработок. В таком варианте (условие исследования 3) будут наблюдаться следующие скорости строительства штрека: 63,4 м/мес для крепости 10 (0,82 к сравниваемому уровню интенсивности проходки для обычного взрывания); 49,2 м/мес для $f=14$ (изменится до 0,98); 41 м/мес.

Для случая с крепостью 16 наблюдается уравнивание темпов проходки - строительства штрека при обычном и контурном взрывании, но с увеличенной в 2 раза эксплуатационной производительностью бурового оборудования. При коэффициенте крепости пород 20 контурное взрывание с удвоенной производительностью оборудования для бурения дает возможность поддерживать темп проведения штрека в 1,4 превышающий таковой при обычном виде взрывания. Проанализируем далее аналогичным образом темпы проведения квершлага с $S=20 \text{ м}^2$. Для такого варианта исследования при обычном взрывании (условие 4) скорости работ изменятся от 51,2 м/мес при $f=10$ и 36,4 м/мес при $f=14$ до 22,3 м/мес при $f=20$. В то же время использование контурного взрывания (условие 5) вызывает уменьшение темпа проходки квершлага в таком диапазоне величин: при крепости 10 до 46,8 м/мес (в 1,1 раза), при крепости 14 до 32,4 м/мес (1,12), и при крепости 20 до 18 м/мес (1,24). Более заметное уменьшение интенсивности строительства квершлага при контурном взрывании при больших значениях f следует объяснять не столько возрастанием количества шпуров (интенсивность увеличения количества шпуров при больших значениях крепости пород напротив, снижается), но заметно более трудными условиями для ведения буровых работ.

Использование, по аналогии со штреком, контурного взрывания с увеличенной в двукратном размере производительностью бурового оборудования (условие исследований 6) существенно увеличивает темпы сооружения квершлага - до 54,9 м/мес при крепости 10 или 28,2 м/мес - крепости 20. Результаты анализа изменения темпов сооружения штрека и квершлага, на основании которых мы получили зависимости скорости сооружения рассмотренных горизонтальных выработок разного сечения от коэффициента крепости пород для весьма различных условий сведен в табл. 3.

Таблица 3

Зависимости v от f

Условие исследований	Функция	Характер функции
1	$v=-4,63f+119,1$	линейный
2	$v=-4,09f+105,6$	
3	$v=-2,04f+80,01$	
4	$v=-2,82f+77,5$	
5	$v=-2,78f+72,5$	
6	$v=-2,58f+79,3$	

Полученные зависимости могут, с вполне удовлетворительной точностью, характеризоваться линейными выражениями.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом, в результате разработки программного обеспечения на языке Java, которое выступило в качестве инструмента исследований вопросов организации строительства горных выработок и изучения воздействия в различных условиях, которое оказывает контурное взрывание на скорость строительства протяженных выработок горизонта, стало возможным установить такие результаты:

применение контурного взрывания вызывает необходимость размещения в забое выработки дополнительных шпуров, количество которых может измеряться для различных случаев, величиной порядка 20-30 % - для штрека площадью поперечного сечения 10 м^2 и величиной 18-25 % - для квершлага сечением 20 м^2 .

Характерным является также то, что с увеличением значения f наблюдается относительное снижение прироста количества контурных шпуров.

Интенсивность сооружения штрека при контурном взрывании уменьшится примерно в 1,15 раза при крепости 10 и в 1,2 раза при крепости 20. Для квершлага с указанными величинами будут составлять соответственно порядка 1,1 и 1,25.

Более существенное уменьшение скорости строительства выработок при росте f объясняется значительным уменьшением эксплуатационной производительности бурового оборудования.

Дальнейшие исследования в рамках данной проблемы целесообразно сосредоточить на изучении взаимодействия различных факторов организации горного производства.

Список литературы

1. Калякин С.А., Шкуматов А.Н., Лабинский К.Н. Управление разрушающим действием взрыва уклонного шпурового заряда взрывчатого вещества // Вісник КрНУ. – Кременчук: КДПУ, 2013. – Вип. 2/2013 (79). – С. 78-82.
2. Терентьев О.М., Стрельцова І.М. Математична модель управління питомою поверхневою енергією руйнування гірських порід // Вісник КрНУ. – Кременчук: КДПУ, 2013. – Вип. 3/2013 (80). – С. 153–157.
3. Использование многоточечного инициирования скважинного заряда для улучшения проработки подошвы уступа / В.В. Воробьев, В.Т. Щетинин, А.М. Пеев // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія “Гірництво”: збірн. наук. праць. – Київ: НТУУ “КПІ”, 2003. – Вип. 9. – С. 63-65.
4. Исследование влияния формы заряда в донной части шпура на изменение прочностных свойств среды при взрыве / В.В. Воробьев, А.М. Пеев // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник. – Кременчук: КДУ, 2009. – Вип. 2/2009(4). – С. 35–39.
5. Бротанек И., Вода Й. Контурное взрывание в горном деле и строительстве. Перев. с чешск. под ред. Б.Н. Кутузова. - М.: Недра, 1983. – 144 с.
6. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. – М.: Недра, 1977. – 400 с.
7. Смирняков В.В., Вихарев В.И., Очкуров В.И. Технология строительства горных предприятий. – М.: Недра, 1989. – 573 с.
8. Лонг Ф., Мохиндра Д., Сикорд Р., Сазерленд Д., Свобода Д. Руководство для программиста на Java: 75 рекомендаций по написанию надежных и защищенных программ. Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2014. – 256 с.
9. Хорстман, С., Корнелл Г. Java 2. Библиотека профессионала. Основы. Пер. с англ. под ред. В.В. Вейтмана. - М.: Вильямс, 2007. – 896 с.

Рукопись поступила в редакцию 26.01.16

УДК 622.834: 622.862.3

А.Э. КИПКО, д-р техн.наук, проф., Д.А. ЧЕПИГА, аспирант
Е.С. ПОДКОПАЕВ, студент, ГВУЗ «Донецкий национальный
технический университет» МОН Украины, г. Красноармейск

О ПРОЯВЛЕНИИ ПРИРОДНЫХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ ПОДДЕРЖАНИИ ВЫРАБОТОК В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Применяемые в настоящее время способы управления кровлей в лаве и охраны подготовительных выработок в большинстве случаев не позволяют максимально эффективно использовать механизм разгрузки боковых пород от вредных проявлений горного давления. Все это является причиной обрушений пород кровли и почвы, завалов выработок и высокого уровня травматизма. В результате выполненных исследований было установлено, что наиболее неблагоприятная геомеханическая обстановка в угленосном массиве, с точки зрения проявления природных опасностей, имеет место при способе управления кровлей удержанием на кострах. Это можно объяснить неэффективным взаимодействием боковых пород с охранными сооружениями, оставляемыми в выработанном пространстве по всей длине лавы. Имея ограниченную податливость (до 10%) эти сооружения являются концентраторами напряжений и способствуют максимальному изгибу породных слоев. Такое положение является особо опасным, при наличии в их составе неустойчивых пород. Совершенно иная картина имеет место при наличии над штреком широкой податливой опоры, обеспечивающей плавный прогиб пород кровли. Правильное представление о характере распределения напряжений в массиве пород при разработке крутых угольных пластов способствует не только разработке эффективных мероприятий по сохранению устойчивости выработок, но и снижению уровня травматизма горнорабочих. При этом необходимо учитывать надежное взаимодействие применяемых охранных сооружений с расщепившимися породами кровли и почвы. Такой подход позволит минимизировать концентрацию напряжений в массиве. Это может быть обеспечено за счет определения оптимальных параметров широкой податливой опоры, расположенной над штреком и разработки специальных способов по повышению устойчивости боковых пород.

Ключевые слова: Угольный пласт, боковые породы, способ управления кровлей, моделирование, охранные сооружения, подготовительная выработка.