

УДК 622.834:622.862.3

**ПОДКОПАЕВ С.В.** (докт.техн.наук, проф.)

**ЧЕПИГА Д.А.** (аспірант)

**ВОЛКОВ С.В.** (ст.преподаватель)

ГВУЗ «ДонНТУ» МОН України, г.Красноармейск

## ОБ ИССЛЕДОВАНИЯХ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ

Устойчивость пластовых выработок глубоких шахт зависит в решающей степени, при прочих равных условиях, от способов их охраны и применяемых средств крепления. Наиболее неблагоприятная геомеханическая обстановка углепородного массива, с точки зрения проявления природных опасностей, имеет место при охране штреков накатными кострами и способе управления горным давлением – удержанием на кострах. Существенно изменить геомеханическую обстановку в окрестности поддерживаемых выработок можно за счет размещения над штреком широкой податливой опоры. Этим создаются условия для сохранения сплошности боковых пород и повышения устойчивости горных выработок.

**Ключевые слова:** углепородный массив, накатные костры, податливая опора, касательные напряжения.

Разработка угольных пластов Донбасса характеризуется относительно низким уровнем технико-экономических показателей. В немалой степени это связано с отсутствием надежных и эффективных способов обеспечения устойчивости подготовительных выработок. Применяемые в настоящее время способы охраны штреков различного рода конструкциями из дерева, не обеспечивают надежной защиты выработок от горного давления или усложняют технологию ведения очистных и подготовительных работ. Проведение полевых участковых выработок облегчает условия их поддержания по сравнению с пластовыми, но при этом конструктивно усложняется система разработки пластов и увеличивается относительный объем проводимых участковых выработок. Работы по поддержанию и перекреплению штреков, как правило, выполняются вручную и, в обозримой перспективе, не имеют решений по их механизации.

Общеизвестно, что неудовлетворительное состояние горных выработок повышает уровень травматизма горнорабочих, особенно в условиях поддержания штреков крутых пластов в сложных горно-геологических условиях. В силу специфических особенностей разработки крутых пластов, связанных с углами их падения, имеет место опасность обрушений и обвалов не только пород кровли, но и сползаний пород почвы. В одних случаях обрушения и обвалы боковых пород распространяются на призабойное пространство лавы, часто по всей ее длине и сопровождаются частичным или полным завалом очистного забоя и подготовительных выработок. В других случаях, эти явления происходят за лавой и приводят только к завалу подготовительных выработок. Во всех приведенных случаях имеет место потеря регламентированного ПБ сечения штреков, что в свою очередь способствует увеличению уровня травматизма на протяжении горных выработок.

Анализ применяемых способов охраны пластовых выработок в условиях разработки крутых пластов показал, что применяемые способы, являясь эффективными для конкретных условий, теряют свою эффективность при изменении горно-геологических условий. Как отмечают некоторые специалисты [1,2], значительное число завалов лав и подготовительных выработок, все же связано с созданием аварийных ситуаций, которые происходили в результате нарушения горнорабочими требований ПБ при ведении очистных и подготовительных работ, а так же работ по перекреплению горных выработок. Считается, что наиболее часто повторяющимися причинами аварий и несчастных случаев в результате обрушений и обвалов горных пород, являются нарушения паспортов крепления (62%), несоответствие паспортов крепления горно-геологическим условиям (8%) и отсутствие и неисправность крепи (23%) [1]. Однако детальный анализ произошедших аварий позволяет сделать вывод о том, что практически во всех случаях, не организационные причины, а недостаточная изученность природы обрушений обуславливает травматизм по рассматриваемому опасному производственному фактору.

Эффективность отработки угольных пластов и безопасность ведения горных работ на шахтах Донбасса, в значительной степени зависит не только от состояния горных выработок, но и от способа управления кровлей в очистном забое. Как показало изучение процесса сдвижений и деформаций горных пород [3,4,5,9], при выемке пластов в нарушенной толще происходит образование характерных зон сдвижения, на динамику и параметры которых в значительной степени влияет способ управления кровлей в лаве. Наиболее интенсивно процесс сдвижения под- и надработанной толщи развивается и протекает при полном обрушении кровли в лавах или удержанием кровли на кострах, наименее интенсивно – при полной закладке выработанного пространства [9].

Исследованиями ДонУГИ и ДонНТУ ранее было установлено, что закладочный массив предотвращает развитие сдвижений горных пород в окрестности выработок и создает зоны устойчивых пород впереди и позади очистного забоя. Механизм взаимодействия закладочного массива с оседающими породами кровли заключается в закрытии над закладочным массивом трещин разлома пород кровли. При таком их взаимодействии с закладочным массивом уменьшается концентрация напряжений в призабойном пространстве и длина зоны проявлений опорного давления [6]. Очевидно, существенно изменить геомеханическую обстановку в окрестности поддерживаемых пластовых выработок можно за счет размещения над штреком широкой податливой опоры. Это позволит осуществлять управление деформированными боковыми породами вблизи призабойного пространства и далеко позади лавы. Такой подход является одним из главных направлений повышения устойчивости пластовых подготовительных выработок на больших глубинах разработки в сложных горно-геологических условиях.

Для оценки широкой податливой опоры, как средства ограничивающего деформации пород кровли и почвы были выполнены исследования на моделях из оптически чувствительных материалов. Исходя из реального поведения вмещающих пород и области применения оптического метода, углепородный массив условно расчленили на блоки, которые взаимодействовали между собой подобно механической системе, позволяющей в первом приближении установить не только характер распределения касательных напряжений в массиве, но и механизм раскрытия и закрытия трещин (взаимодействие блоков) над штреком, по мере удаления от подготовительной выработки. В качестве оптически чувствительного материала использовали игдантин [7].

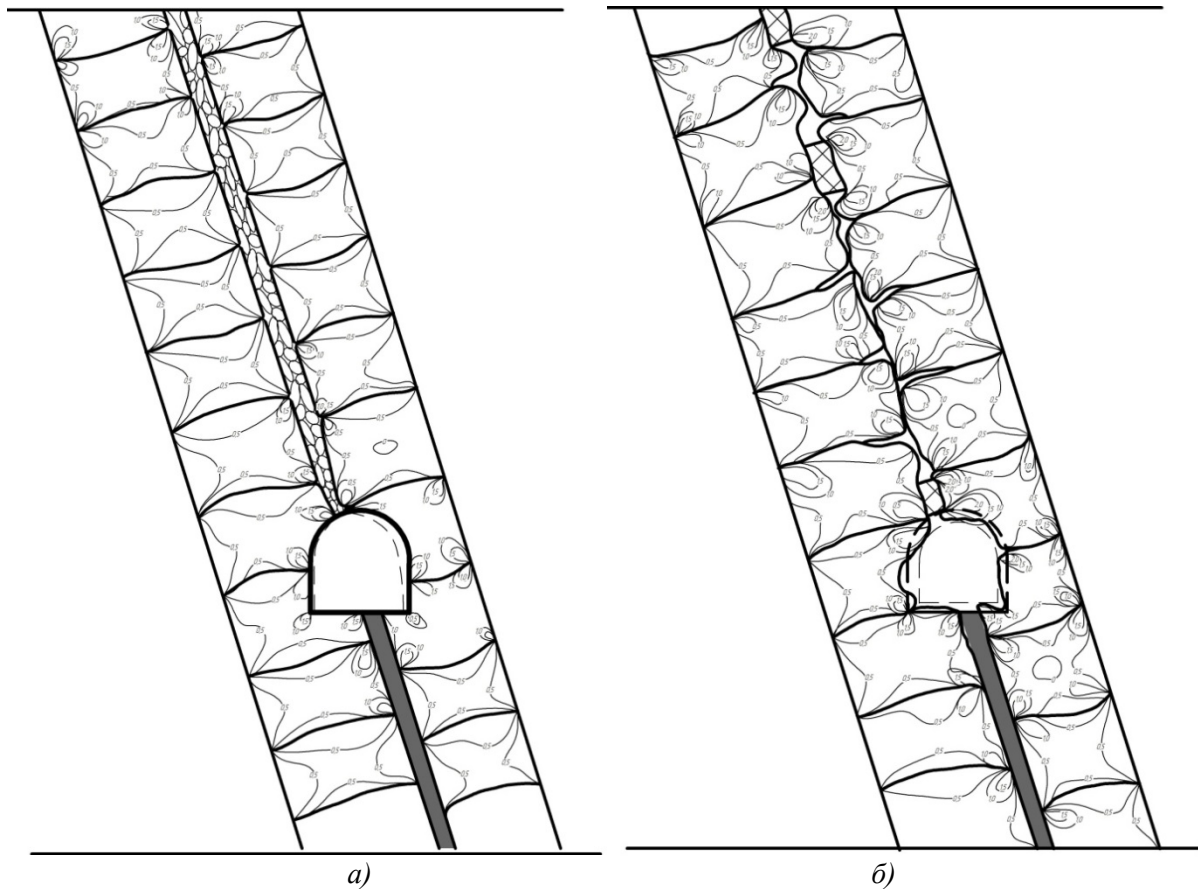
Для решения поставленной задачи применялась экспериментальная установка ППУ-4, при моделировании на которой использовали известный способ сопоставления цветов и полос распределения касательных напряжений [8]. Распределение напряжений изучалось в блочном массиве крутого угольного пласта, угол падения  $60^\circ$ , мощность  $m=1.0$  м, с подготовительной выработкой арочной формы. Мощность пород непосредственной кровли и почвы соответствовала 5м. Длина исследуемого участка (по длине лавы) равна 70м. Всего было отработано 8 моделей. Толщина моделей составляла 40мм, а напряженное состояние создавалось пригрузом, позволяющим моделировать глубину разработки 1200м. Упругие и оптические константы моделей, критерии подобия выполнены по рекомендациям [8].

На рис. 1 изображены изолинии главных касательных напряжений в блочном массиве крутого угольного пласта с подготовительной выработкой при ее охране широкой податливой опорой расположенной над штреком (а) и накатными кострами из шпал (б).

Как видно из рис. 1а применение широких податливых опор расположенных над штреком приводит к такому положению, когда расчлененные на блоки породы кровли и почвы образуют над выработкой устойчивый свод. В результате плавного прогиба образовавшейся блочной структуры пород кровли и почвы в ее плоскости наблюдается увеличение сжимающих напряжений, предопределяющих тесный контакт между блоками. Причем, чем больше податливость широкой опоры, тем сильнее прослеживается контакт между блоками. Установлено, что контактирующие между собой породные блоки, за счет усадки широкой опоры, образуют над штреком эффект арочной формы, что и способствует сохранению сплошности боковых пород. Именно за счет образования этого эффекта создаются предпосылки для нормального эксплуатационного состояния пластовых выработок.

При охране штрека накатными кострами, наблюдается совсем иная картина распределения касательных напряжений (рис. 1б). В этом случае имеет место значительно большая концентрация касательных напряжений в расчлененных блоках пород кровли и почвы и отмечено

образование зияющих трещин, в результате деформирования боковых пород, их зависания из-за отсутствия опоры в выработанном пространстве.



**Рис. 1.** Распределение напряжений в окрестности штрека при охране широкой податливой опорой (а) и накатными кострами из шпал (Н=1200м) (б)

Данные результатов моделирования показывают, что применение широкой податливой опоры, расположенной над штреком, снижает концентрацию напряжений во вмещающих породах и повышает их устойчивость не только в окрестности пластовых подготовительных выработок, но и по всей высоте этажа. Механизм улучшения состояния боковых пород при применении широких податливых опор, заключается в увеличении сил трения и зацепления между породными блоками в кровле и почве, в закрытии над податливой опорой трещин разлома, что способствует восстановлению сплошности боковых пород. Чем больше усадка податливой опоры, тем больше силы трения и зацепления между породными блоками.

Таким образом, применение широких податливых опор над штреком, создают условия, когда деформированные породы кровли и почвы образуют над выработкой устойчивый свод. При этом в плоскости напластования в расчлененных породных блоках наблюдается незначительное увеличение сжимающих напряжений, способствующих, прежде всего, сохранению сплошности боковых пород, при отсутствии зияющих трещин.

**Выводы.** Опыт работы шахт Донбасса показывает, что по мере роста глубины разработки увеличивается трудоемкость поддержания пластовых подготовительных выработок при выемке тонких и средней мощности крутых пластов. При традиционном способе подготовки шахтного поля – этажном, основным является способ проведения и поддержания пластовых участков подготовительных выработок на откаточном и вентиляционном горизонтах. Такой подход к использованию пластовых участков выработок обуславливается еще и тем, что по мере применения высокопроизводительных комплексов для выемки угля в лавах геометрия применяемой системы разработки должна быть наиболее простой и обеспечивать безопасные условия отработки запасов полезных ископаемых.

Для того, чтобы обеспечить безопасную работу горнорабочих в лаве и в прилегающих к ней выработкам, необходимо создать прежде всего условия для предотвращения обрушений боковых пород не только в призабойной части лавы, но и позади нее, в выработанном пространстве, при проведении, поддержании и перекреплении подготовительных выработок. Этого можно достичь за счет применения универсального способа охраны горных выработок – возведения широких податливых опор над штреком (по возможности на всю высоту этажа).

#### **Библиографический список**

1. Левкин Н.Б. Предотвращение аварий и травматизма в угольных шахтах Украины. – Донецк: Донбасс, 200-393с.
2. Радченко В.В., Медведев Э.Н., Кузьменко Н.С. Предотвращение травматизма от обвалов и обрушений на угольных шахтах. – К: Техника, 2010. – 372с.
3. Селезень А.Л., Томасов А.Г., Андрушко В.Ф. Поддержание подготовительных выработок при разработке крутых пластов. – М.: Недра, 1977. – 205с.
4. Давидяц В.Т. Совершенствование способов и средств управления кровлей на шахтах Донбасса. – М.: Недра, 1969 – 277с.
5. Авершин С.Г. Сдвигание горных пород при подземных разработках. – М.: Углетехиздат, 1947. – 208с.
6. Зборщик М.П., Подкопаев С.В. Механизм повышения устойчивости кровли в лавях при применении закладки выработанного пространства // Уголь Украины, 1992. - №5. - с.20-23.
7. Методические указания по изготовлению моделей из оптически чувствительных материалов для исследования проявлений горного давления. – Л.: ВНИМИ, 1970. – 180с.
8. Хаимова-Малькова Р.И. Методика исследования напряжений поляризованно-оптическим методом. – Наука, 1970.-194с.
9. Андрушко В.Ф., Саракитяц С.А., Спицын Ю.Г. Управление кровлей в сложных горно-геологических условиях. – К.: Техника, 1985.-372с.

*Надійшла до редакції 14.04.2016*

**С.В. Подкопаев, Д.А. Чепіга, С.В. Волков.**

ДВНЗ «ДонНТУ» МОН України, м.Красноармійськ

#### **ПРО ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ГЛИБОКИХ ШАХТ**

Стійкість пластових виробок глибоких шахт залежить у вирішальній мірі, при інших рівних умовах, від способів їх охорони і засобів кріплення, які застосовуються. Найбільш несприятлива геомеханічна ситуація вуглепородного масиву, з точки зору прояву природних небезпек, має місце при охороні штреків накатними кострами і способі управління гірничим тиском - утриманням на кострах. Істотно змінити геомеханічну ситуацію в околиці підтримуваних виробок можна за рахунок розміщення над штреком широкої піддатливої опори. Цим створюються умови для збереження суцільності бічних порід і підвищення стійкості гірничих виробок.

**Ключові слова:** вуглепородний масив, накатні костри, піддатлива опора, дотичні напруження.

**S.V.Podkopaev, D.A.Chepiga, S.V. Volkov**

Public higher education institution Donetsk National Technical University, Krasnoarmeysk

#### **ABOUT THE INVESTIGATION OF THE STABILITY OF DEVELOPMENT WORKINGS IN DEEP MINES**

Stability formation workings in deep mines depends on the methods of their protection and fastening means. The most unfavorable situation geomechanical coal rock mass occurs when the protection drive knurled cribbing and rock pressure control method - confinement at the cribbing. Geomechanical situation in the vicinity of the supported developments can change by placing over the drive wide supple support. Conditions for maintaining the continuity of the wall rocks and increase the stability of mine workings created this.

**Keywords:** coalrock massif, rolling cribbings, supple support, tangential stress.