

## **О РЕЗУЛЬТАТАХ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБА ПРОДОЛЬНО-ЖЕСТКОГО УСИЛЕНИЯ АРОЧНОЙ КРЕПИ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ**

Наведено результати дослідно-промислової перевірки нового способу кріплення підсилення в умовах глибоких шахт державного підприємства „Донецьквугілля”.

## **ABOUT OUTCOMES OF TRIAL CHECKOUT OF LONGITUDINAL-RIGID MODE BEEFING-UP PERFORMANCE OF ARCH SUPPORT OF DEEP MINES EXTRACTION WORKS**

There represented the results of the new strengthening timbering experimental industrial checks' performed in conditions of deep mines within the state holding company "Donetskugol".

Увеличение глубины разработки сопровождается интенсификацией вредных проявлений горного давления, обусловленных несоответствием применяемых способов и средств противодействия давлению толщи пород изменяющемуся с глубиной характеру реализации потенциальной энергии подработанного массива.

Эффективная работа высокопроизводительных механизированных комплексов во многом предопределяется устойчивостью выемочных выработок, поддерживаемых в зоне влияния очистных работ. За последние годы было предложено значительное количество разнообразных технологических решений по обеспечению устойчивости выемочных выработок [1-2]. Однако в силу существенной изменчивости горно-геологических условий эксплуатации на больших глубинах разработки и несоответствия параметров применяемых способов поддержания выработок условиям ведения горных работ, большинство из предложенных способов не получили широкого распространения.

Сотрудниками кафедры разработки месторождений полезных ископаемых Донецкого национального технического университета был разработан новый способ сохранения устойчивости выемочных выработок за счет пространственно-жесткостного согласования работы арочной крепи посредством использования жесткости балки в качестве компенсатора разноскоростного деформирования соседних комплексов крепи. На шахтах производственного объединения «Донецк-уголь» («Южно-донбасская №3», им. М.И. Калинина и им А.А. Скочинского) была проведена опытно-промышленная проверка эффективности нового способа продольно-жесткого усиления арочной крепи выемочных выработок в зоне влияния очистных работ (рис. 1), которая подтвердила достаточно высокую его эффективность [3-4].

С 1998 по 1999 г.г. на шахте «Южнодонбасская №3» в условиях 4-й восточной лавы пласта с<sub>11</sub>, отработывавшей выемочный столб по восстанию пласта с применением комбинированной системы разработки (рис. 2), в качестве усиливающей крепи использовалась жесткая продольная балка из двутавра №14 (рис. 3).

Вентиляционный ходок, проведенный комбайном вприсечку с оставлением угольного целика шириной 4 м, охранялся выкладываемыми всплошную 2-мя

рядами деревянных бутокостров шириной по 1,5 м.

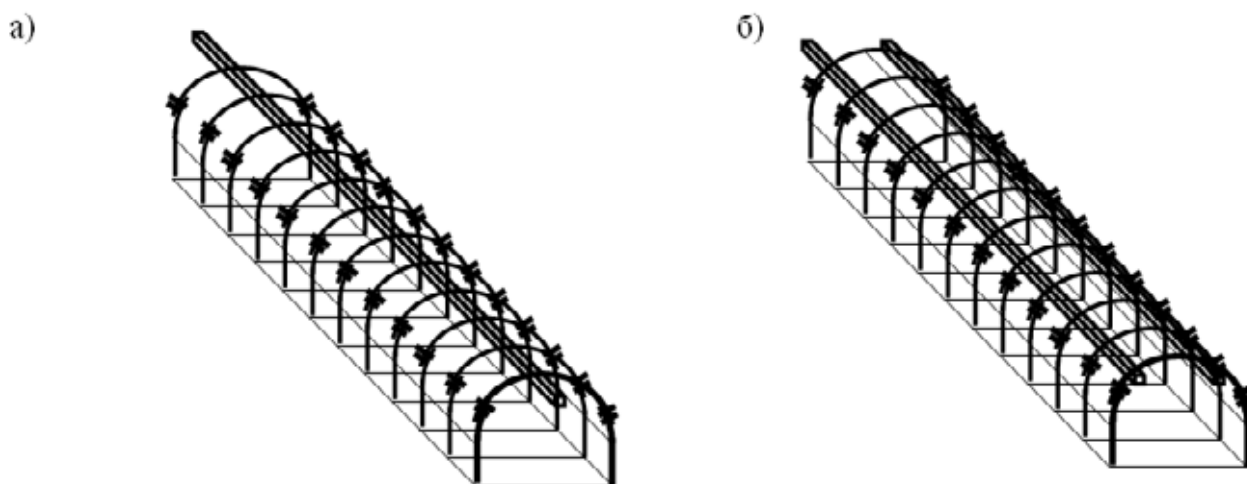


Рис. 1 – Способ пространственной консолидации комплектов арочной крепи при использовании одинарной (а) и двойной (б) продольно-балочной крепи усиления выемочной выработки

Крепь усиления подвешивались к верхнякам арочной крепи на расстоянии 250 м перед очистным забоем до входа экспериментального участка выработки в зону влияния опорного давления лавы.

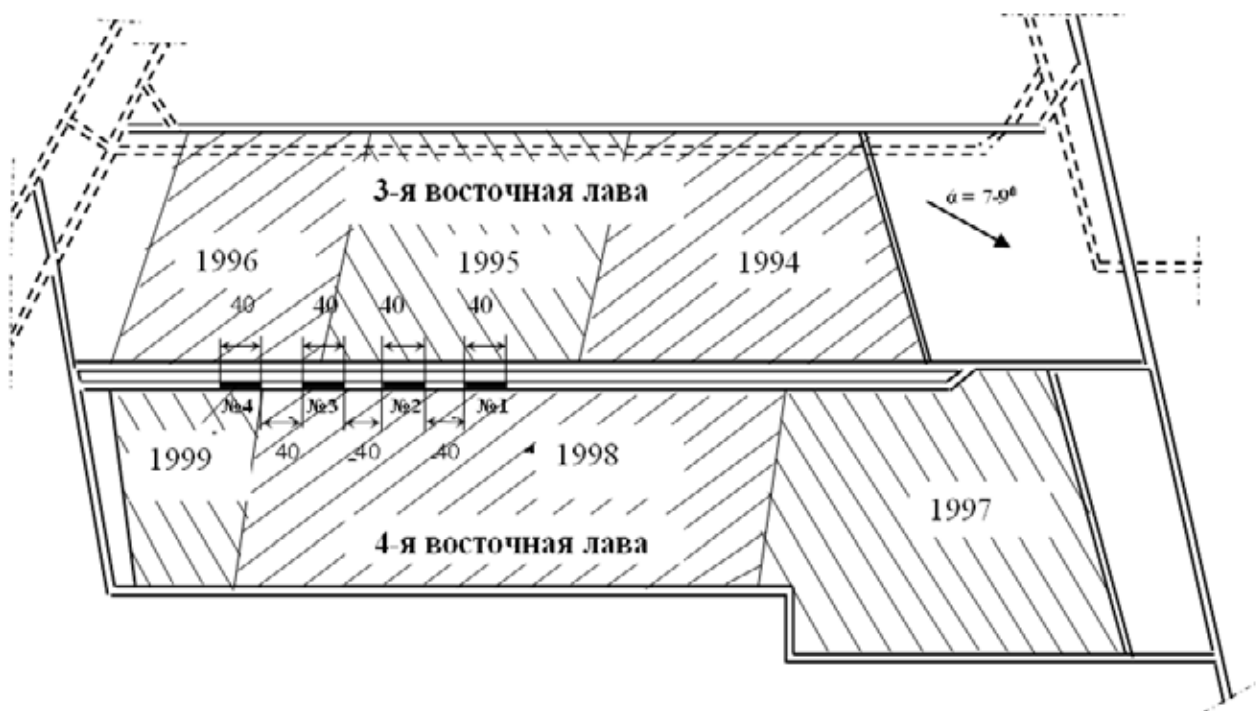
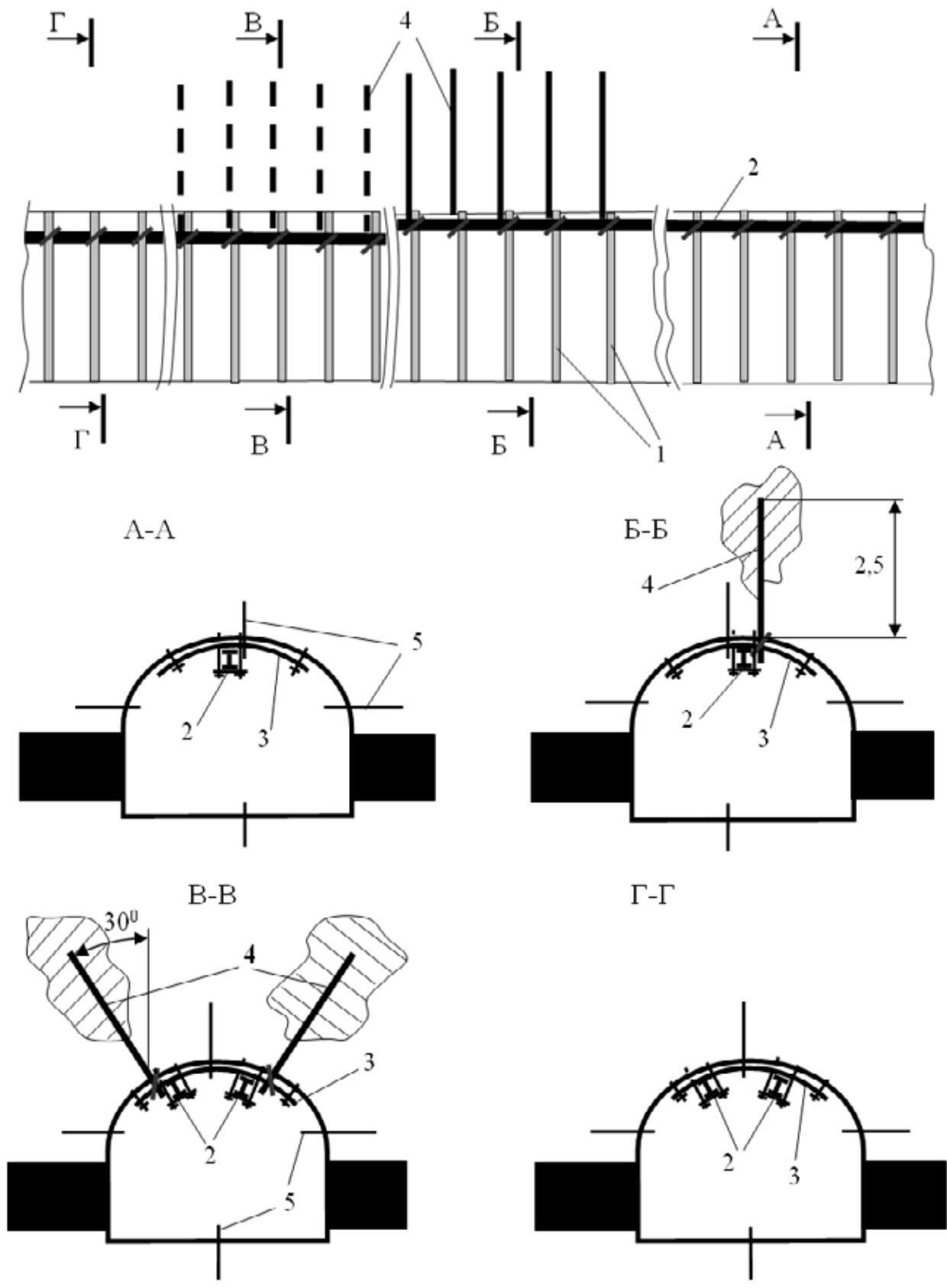


Рис. 2 – Схема расположения экспериментальных участков в вентиляционном ходе 4-й восточной лавы пласта с<sub>11</sub> шахты «Южнодонецкая №3»

Балка состояла из отдельных звеньев длиной по 4 м, которые соединялись между собой внахлест на 0,5 м болтовыми соединениями.



1 – комплекты арочной крепи; 2 – продольная двутавровая балка; 3 – сегмент жесткости;  
 4 – химические анкеры; 5 – контурные реперы

Рис. 3 – Конструкция продольно-жесткой каркасной крепи на четырех экспериментальных участках вентиляционного ходка 4-й восточной лавы пласта с<sub>11</sub>

Для предотвращения искривления профиля верхняка между ним и балкой располагались криволинейные сегменты жесткости из спецпрофиля, подвешиваемые к верхняку по своим концам металлическими хомутами (рис. 3).

Всего было испытано четыре варианта усиливающей крепи (рис. 4): одинарная двутавровая балка с дополнительным сегментом жесткости; две параллельные двутавровые балки с сегментом жесткости; одинарная двутавровая балка с сегментом жесткости и усилением каждого комплекта арочной крепи вертикальным центрально расположенным химическим анкером длиной 2,5 м и две параллельные двутавровые балки с сегментом жесткости и установкой на каждой раме крепи двух химических анкеров длиной по 2,5 м с наклоном их донной части на  $30^\circ$  в обе стороны от вертикали.

На рис. 4 представлены результаты инструментальных наблюдений за смещениями и скоростями смещений контура кровли выработки на контрольном и 4-х экспериментальных участках при применении 4-х вариантов усиливающей крепи.

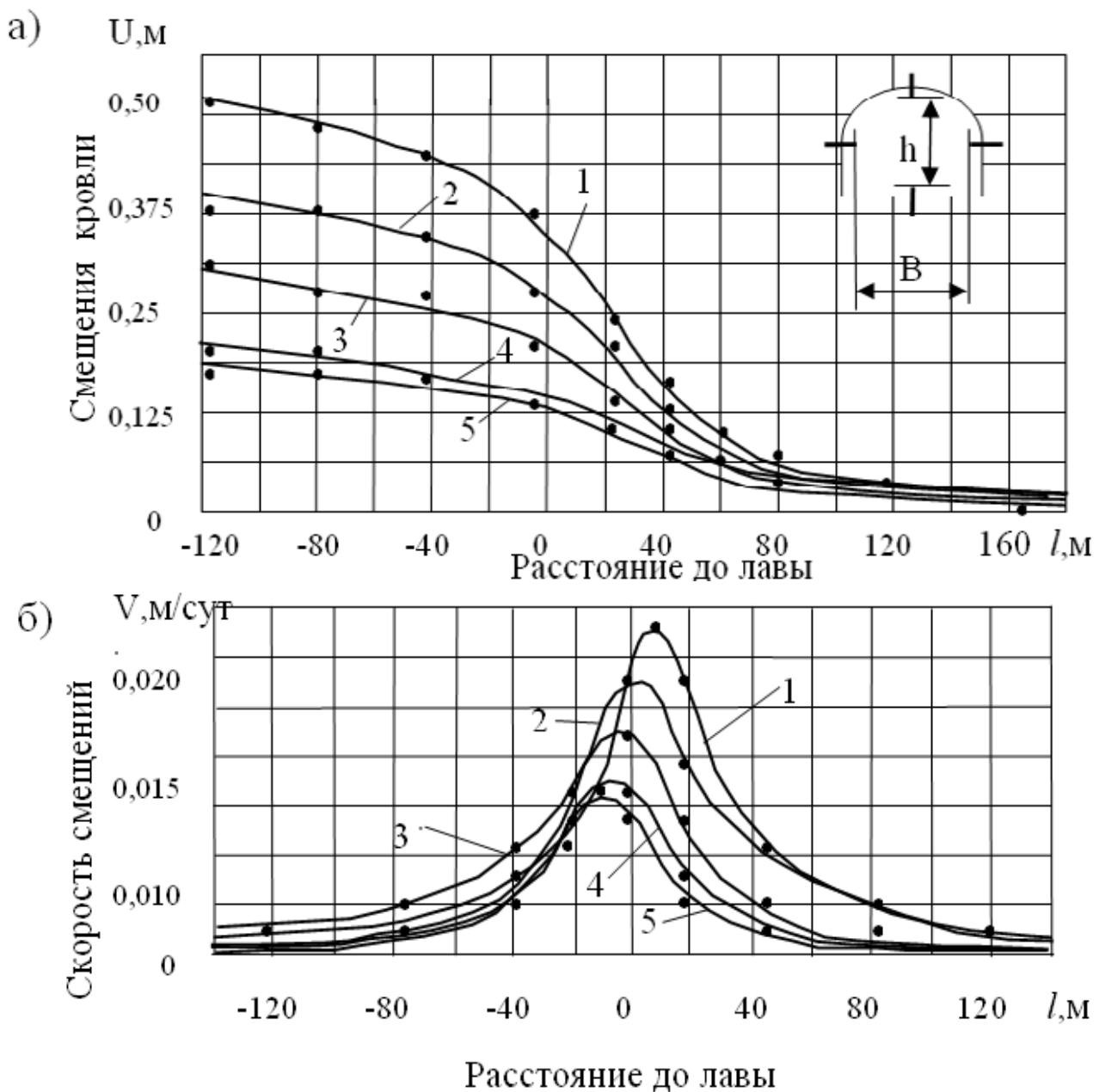
Применение продольно-жесткой крепи усиления позволило отказаться от применения на сопряжении 4-й восточной лавы с вентиляционным ходком агрегатной крепи сопряжения, т.к. функции этой крепи эффективно выполняла крепь усиления. Использование продольно-жесткой связи с жесткостью  $15 \cdot 10^6 \text{ Нм}^2$ , как видно из представленных на рис. 4 графиков, позволило уменьшить смещения контура кровли в зоне влияния очистных работ более чем в два раза.

Для определения рациональных параметров поддержания выемочных выработок глубоких шахт в зоне влияния очистных работ при сплошной системе разработки на шахте им. М.И.Калинина со второй половины 2002 г. в конвейерном штреке 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  проводилась опытно-промышленная проверка продольно-жесткой крепи усиления (рис 5). Пласт  $h_{10}$  «Ливенский» мощностью 1,14–1,3 м и углом падения  $20\text{--}23^\circ$  отрабатывался на глубине 1180 – 1260 м. Конвейерный штрек, проходил буровзрывным способом с опережением лавы и группировался через 250 – 300 м промежуточными наклонными квершлагами на полевой штрек, проводимый в почве на расстоянии 15 м ниже пласта. Штрек охранялся деревянной чураковой стенкой шириной 1,3 м.

Арочная податливая крепь конвейерного штрека (АП-5/13,8 из спецпрофиля СВП-27 с шагом установки рам крепи 0,5 м) была усилена однобалочной продольно-жесткой крепью, в качестве которой применялась длинная балка из отрезков прямолинейного спецпрофиля СВП-27 длиной по 4 м, которые соединялись на каждом стыке внахлест на 0,5 м двумя хомутами. Балка подвешивалась на 2-х специальных крючьях с планками и гайками по центру каждого верхняка крепи.

На первом этапе опытно-промышленной проверки при величине опережения лавы конвейерным штреком на 40 м применялась однобалочная крепь продольно-жесткого усиления на участке штрека длиной 300 м (рис. 5 а и б).

На втором этапе для предотвращения интенсивных боковых смещений контура выработки со стороны напластования пород в штреке была установлена двухбалочная усиливающая крепь с симметричным расположением балок по верхняку на расстоянии 1,8 м друг от друга по ширине выработки (рис. 5 в). Опережение штрека составляло 15–20 м.

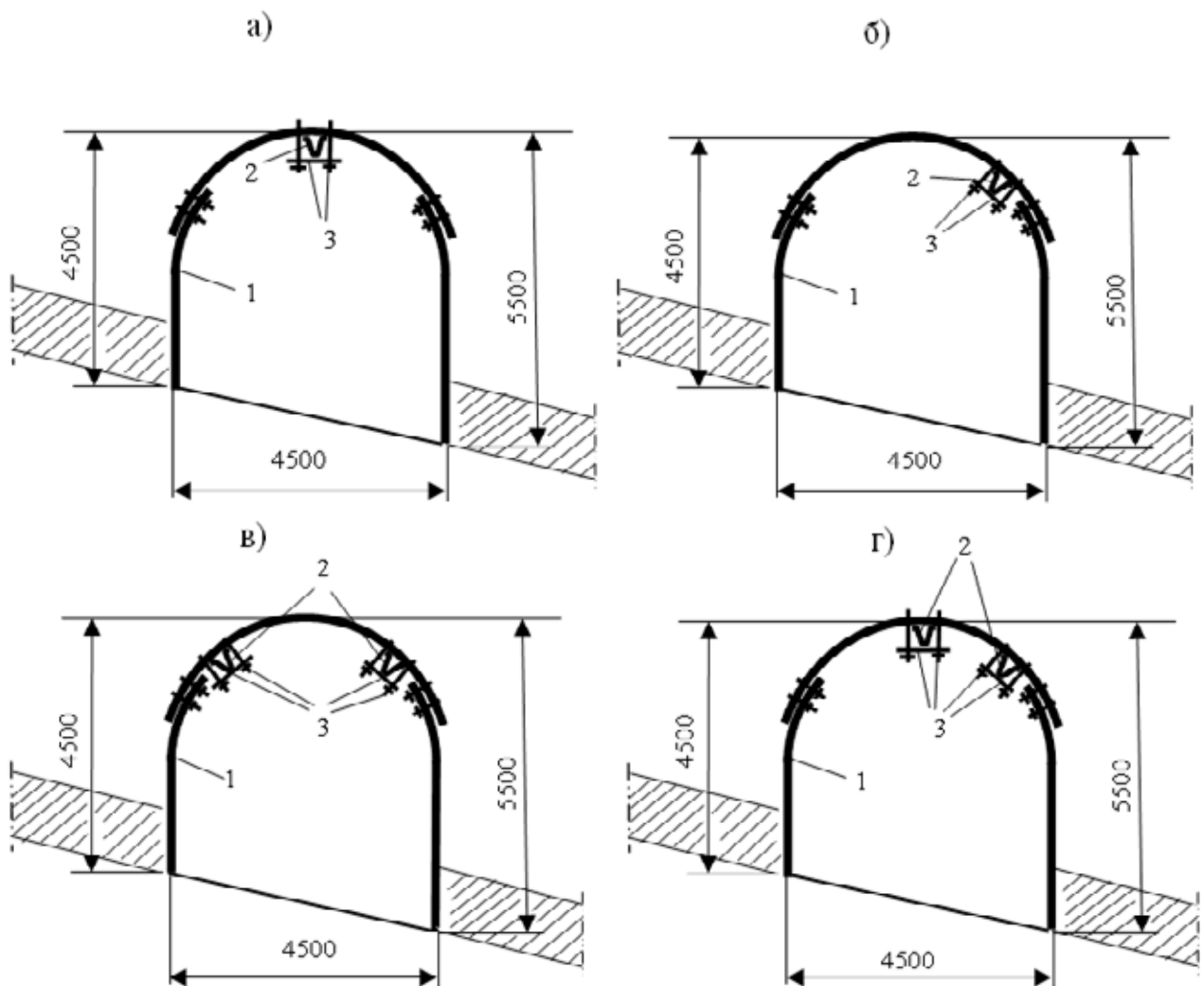


1 – контрольный, 2 – первый, 3 – второй; 4 – третий  
и 5 – четвертый экспериментальный участки

Рис. 4 – График смещений (а) и скоростей смещений (б) контура кровли вентиляционного ходка от расстояния до лавы

Применение двухбалочной усиливающей крепи позволило повысить эффективность работы арочной крепи за счет пространственной консолидации ее комплектов и создания жесткой каркасной конструкции.

В результате анализа визуальных и инструментальных наблюдений было установлено, что максимальные проявления горного давления наблюдаются по напластованию пород кровли (рис. 6 а). При этом со стороны массива происходило образование локальных зон давления, в которых из-за фокусирования повышенных нагрузок на отдельные элементы крепи образовывались породные складки.



а) при одной центральной балке; б) при одной балке по напластованию пород; в) при двух симметричных балках; г) при двух асимметричных балках;  
 1 – комплект арочной крепи; 2 – продольные балки из спецпрофиля СВП-27;  
 3 – металлические планка и крепежные крючья с гайками

Рис. 5 – Схема расположения продольно-жесткой крепи усиления в поперечном сечении выработки

Поэтому на третьем этапе исследований, для повышения эффективности работы продольно-жесткой крепи усиления, расположение балок по профилю верхняка было изменено таким образом, что одна балка была размещена по центру верхняка, а вторая – на 0,2 м выше замка арочной крепи – по линии действия максимальной нагрузки со стороны напластования пород кровли (рис. 5 г). Такое расположение балок позволило существенно улучшить состояние арочной крепи за счет перераспределения повышенной и неравномерной нагрузки между перегруженными и недогруженными комплектами арочной крепи по длине выработки.

При этом наличие жестко-продольной усиливающей связи создало предпосылки для образования в кровле пласта и в боку выработки локальных грузонесущих зон, препятствующих развитию процесса складкообразования.

На рис. 7 представлены результаты инструментальных наблюдений за смеще-

ниями боковых пород без применения и при наличии крепи усиления. Из приведенных графиков видно, что применение одинарной продольно-жесткой усиливающей крепи позволяет снизить в 1,7-1,8 раза смещения пород кровли и 1,3-1,4 раза уменьшает смещения боков выработки. Кроме того, при опережении лавы транспортным штреком на 45-50 м в подготовительной выработке перед очистным забоем формируется зона опорного давления, наличие которой приводит к интенсивным смещениям породного контура, причем вертикальные смещения без крепи усиления в створе с лавой составляют 2,3 м, а горизонтальные – 1,7 м.



Рис. 6 – Состояние конвейерного штрека без крепи усиления (а) при перекреплении на расстоянии 220 м за забоем 2-й западной лавы; и с продольно-жесткой крепью усиления на расстоянии 120 м (б) и при подрывке почвы в 230 м за очистным забоем (в)

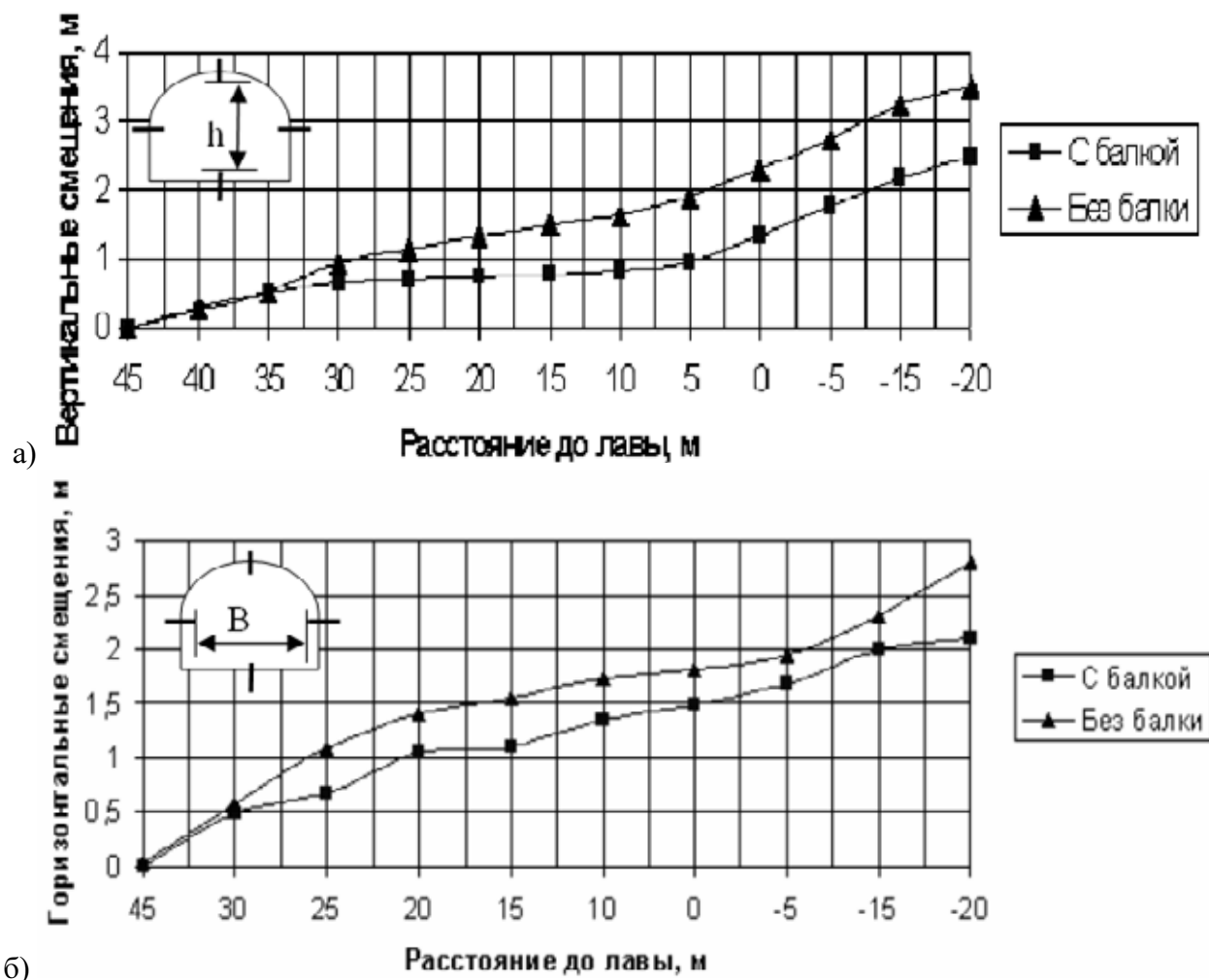


Рис. 7 – График зависимости вертикальных (а) и горизонтальных (б) смещений породного контура транспортного штрека 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  без и при использовании продольно-жесткой крепи усиления

Применение продольно-жесткой крепи усиления позволило при минимальных затратах сил и средств и без создания технологических помех основному процессу – ведению очистных работ в лаве снизить на сопряжении лавы с выработкой на 1 м вертикальные смещения и на 0,4 м – горизонтальные.

Таким образом, продольно-жесткая консолидация комплектов арочной крепи по длине выработки позволяет изменить механизм взаимодействия породных отдельностей за счет образования и сохранения устойчивых грузонесущих сводов на контуре боковых пород.

Для определения рациональных параметров продольно-жесткой крепи усиления, обеспечивающей сохранение устойчивости поддерживаемых в зоне влияния очистных работ выемочных выработок глубоких шахт, были выполнены аналитические исследования по определению сил взаимодействия между арочной и усиливающей крепями, представляющими собой статически неопределимую пространственную конструкцию [5-6]. Было рассмотрено взаимодействие шести комплектов арочной крепи и продольно-балочной крепи усиления





где  $\delta_{ik}$  – смещения балки от воздействия силы  $X_k = 1$  по направлению силы  $X_i = 1$ ;  $y_{ii}$  – смещения в верхнем сечении  $i$ -й арки от единичной силы  $X_i = 1$ ;  $y_{iq}$  – смещения в верхнем сегменте  $i$ -й арки от нагрузки  $q_i$  по направлению силы  $X_i = 1$ .

В результате решения уравнений метода сил были определены значения изгибающих моментов в спецпрофиле арочной крепи при различной длине усиливающего сегмента жесткости [6].

Как показали результаты опытно-промышленной проверки использования продольно-балочной крепи усиления, сегмент жесткости в качестве вертикально-поперечного стабилизатора обеспечивал эффективную работу верхняков арочной крепи. Он в значительной степени препятствовал развитию изгибно-крутильных деформаций профиля верхняка крепи, которые в комплексе со значительными вертикальными смещениями являются основными причинами потери устойчивости крепи.

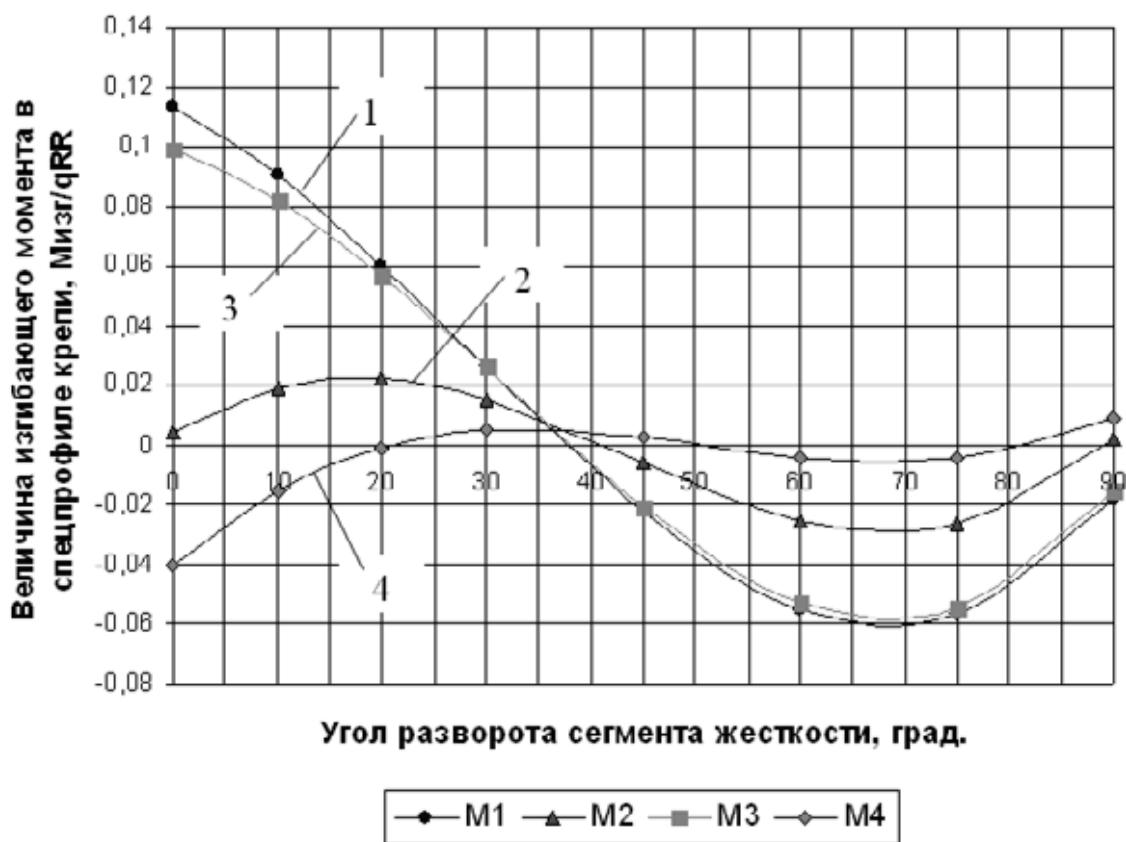


Рис. 9 – График зависимости изгибающих моментов от величины центрального угла сегмента жесткости в 4-х разнозагруженных соседних комплектах арочной крепи

На основании полученных зависимостей изгибающих моментов от величины центрального угла разворота сегмента жесткости, представленных на рис. 9, был определен размер сегмента жесткости, обеспечивающий образование минимальных изгибающих моментов в профиле крепи. При среднем угле разворота сегмента жесткости в  $37-50^\circ$ , рациональная его длина составила 2,6-3,5 м. Использование сегмента жесткости длиной 3,0 м в условиях вентиляционного хода пласта  $c_{11}$  шахты „Южнодонбасская №3” показало достаточно высокую

эффективность его применения

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г. Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 571 с.
2. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев М.И. Стальные рамные крепи горных выработок. – К.: Техніка, 1999. – 216 с.
3. Бондаренко Ю.В., Соловьев Г.И., Кублицкий Е.В., Мороз О.К. О влиянии жесткости каркасной крепи усиления на смещения пород кровли // Известия Донецкого горного института. 2001. № 1. – С. 59-61.
4. С.С. Гребенкин, Г.И.Соловьев, И.К.Демин, Ю.Н.Панфилов, Негрей С.Г., Нефедов В.Е., Малышева Н.Н. О сохранении устойчивости конвейерных штреков глубоких шахт / Вестник НГАУ, Днепропетровск, 2003. – №10. – С. 31-33.
5. Г.И.Соловьев, С.С. Гребенкин, Ю.Н.Панфилов, А.П.Ковшевный, Н.Н. Малышева, В.Е.Нефедов О возможности перераспределения повышенной нагрузки между комплектами арочной крепи выемочных выработок глубоких шахт / Вестник НГАУ, Днепропетровск, 2004. – №10. – С. 48-52.
6. Соловьев Г.И., Панфилов Ю.Н., Толкачев А.Ф., Малышева Н.Н. Определение рациональных параметров арочной крепи с усиливающим сегментом жесткости / Вісті Донецького гірн. інст., Донецьк, 2005, №1, С 39-46.
7. Шевченко Ф.Л. Изгиб стержневых систем. Донецк, ДПИ. – 1984.

УДК 622.794.3.001.5

В.П. Надутый, А.М. Эрперт,  
А.И. Шевченко

#### МЕТОД ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ШЛАМОВ ИЗ ИЛОНАКОПИТЕЛЕЙ

Наведено математичну модель, що дозволяє одержати якісну характеристику шламів шляхом встановлення середнього вмісту вугілля і золи у мулонакопичувачі на основі аналізу проб взятих у різних точках по його площі.

#### METHOD OF QUALITY ESTIMATION OF SLIMES FROM SLIME ACCUMULATORS

The mathematical sample piece permitting to receive the qualitative performance of slimes by an ascertaining of a mean content of coal and ashes in the accumulator of slime on the basis of analysis of samples taken in different dots on its floor space.

Недостаток ресурсов теплоносителей в Украине требует изыскания дополнительных источников топлива за счет вовлечения в топливный баланс страны забалансовых шламов и продуктов накопителей, образовавшихся в процессе эксплуатации фабрик.

По данным института УкрНИИуглеобогащение [1, 2] на фабриках Минуглепрома Украины хранится в отстойниках и илонакопителях 115 880 тыс. т шламовых продуктов различной зольности.

В том числе, тыс. т:

- |  |        |
|--|--------|
| – шламовые продукты зольностью до 45 %,    | 2150;  |
| – шламовые продукты зольностью 45-60 %,    | 40010; |
| – шламовые продукты зольностью свыше 60 %, | 73720. |

Наличие шламов, а также их различие по зольности, как показано выше, является результатом несовершенства существующей технологии обогащения угля.