

ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ РЕСПУБЛИКА  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

ГОУ ВПО  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО  
«ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГОУ ВПО ЛНР  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Горный факультет  
Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**  
**кафедры разработки месторождений полезных ископаемых**

**№4 (2018)**

# **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

**по материалам международной научно-практической  
конференции молодых ученых, аспирантов и студентов**

**г. Донецк, 24 мая 2018 г.**

ДОНЕЦК  
2018

УДК 622.001.76 (082)

И 66

Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых: сб. науч. труд. Вып. 4. / редкол.: Н.Н. Касьян [и др.]. – Донецк: ДОННТУ, 2018. – 226 с.

Представлены материалы научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых, которые обсуждались на международной научно-практической конференции «Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых» в рамках проведения IV-го международного научного форума «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» Донецкой Народной Республики. Представленные материалы отражают широкий диапазон научных исследований по актуальным проблемам в области геотехнологии, геомеханики, геоинформатики и экологии при разработке месторождений полезных ископаемых.

Сборник предназначен для научных и инженерно-технических работников угольной промышленности, ученых, преподавателей, аспирантов и студентов горных специальностей.

Организатор конференции – кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых» (РМПИ) Горного факультета ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Соорганизаторы конференции:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет» (г. Тула, РФ);

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда, Республика Казахстан);

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» (г. Алчевск, ЛНР).

Организационный комитет:

Касьян Николай Николаевич – председатель конференции, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой РМПИ;

Новиков Александр Олегович – зам. председателя конференции, д-р техн. наук, профессор кафедры РМПИ;

Касьяненко Андрей Леонидович – секретарь конференции, канд. техн. наук, доцент кафедры РМПИ.

Конференция проведена на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» (г. Донецк) 24 мая 2018 г.

Члены организационного комитета:

Петренко Юрий Анатольевич – д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры РМПИ;

Стрельников Вадим Иванович – канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры РМПИ;

Шестопалов Иван Николаевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры РМПИ.

Редакционная коллегия:

Касьян Н. Н. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Новиков А. О. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Петренко Ю. А. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Саммаль А. С. – д-р техн. наук, проф., профессор кафедры механики материалов ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»;

Хуанган Нурбол – доктор Ph.D., заведующий кафедрой промышленного транспорта Карагандинского государственного технического университета;

Леонов А. А. – канд. техн. наук, доц., доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО ЛНР «Донбасский государственный технический университет»;

Стрельников В.И. – канд. техн. наук, проф., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ»;

Касьяненко А. Л. – канд. техн. наук, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Компьютерная верстка: Моисеенко Л.Н., ведущий инженер кафедры разработки месторождений полезных ископаемых ГОУ ВПО «ДОННТУ».

Статьи публикуются в авторской редакции, ответственность за научное качество материала возлагается на авторов.

Контактный адрес:

Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Артема, 58, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», 9-й учебный корпус, Горный факультет, кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых», каб. 9.505, тел.: +3(8062)300-2475, 301-0929, E-mail: [rpm@mine.donntu.org](mailto:rpm@mine.donntu.org), WWW: <http://krmpi.gf.donntu.org>

УДК 622.831

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ СПОСОБОВ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ГЛУБОКИХ ШАХТ ДОНБАССА

**Панин Ф.А., Панин А.А., Соловьев Г.И., Малышева Н.Н.\***

*Приведен анализ способов обеспечения устойчивости конвейерных штреков при отработке пласта с<sub>11</sub> шахты «Южнодонецкая №3», пласта h<sub>8</sub> шахты им. М. И. Калинина и пласта k<sub>3</sub> шахты «Коммунарская» ПАО «Шахтоуправление «Донец» при поддержании и охране их комбинированными способами. Показано, что применение продольно-балочной связи комплектов крепи по длине конвейерного штрека в сочетании с жесткой опорой на бровке лавы позволяет снизить величину вертикальных смещений боковых пород*

За последние годы был предложен целый ряд технологических решений по обеспечению устойчивости подготовительных выработок глубоких шахт, поддерживаемых в зоне влияния очистных работ [1 - 4]. Однако применение большинства из предложенных способов осложнялось отсутствием учета особенностей механизма совместной работы вмещающих пород с основной и усиливающей крепи выемочных выработок при использовании сплошных и комбинированных (на базе сплошных) систем разработки [2, 3].

Одним из способов, обеспечивающих устойчивость рам основной крепи подготовительных выработок, является продольно-балочная связь этих комплектов в продольно-поперечном направлении выработок. Данный способ, прошедший достаточно широкую проверку на ряде глубоких шахт Донбасса, позволил снизить вертикальные смещения пород кровли в среднем в 2,0 – 2,5 раза [5, 6]. Применение одинарных или двойных продольных балок для связи рам крепи позволяет снизить повышенную нагрузку на отдельные комплекты крепи за счет перераспределения ее между перегруженными и недогруженными комплектами. Кроме того, обеспечение продольно-поперечной устойчивости рам крепи позволяет сохранить податливый режим их работы на концевых участках лав, в том числе и за счет предотвращения изгибов и разворотов элементов крепи и разрыва ее замков.

Однако проведенные наблюдения за процессом деформирования боковых пород на контуре конвейерных штреков при использовании продольно-

---

\* Панин Ф.А., Панин А.А. – студенты гр. РПМ-14

Соловьев Г.И. – к.т.н., доц. (научный руководитель)

Малышева Н.Н. – ассистент (научный руководитель)

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

балочной крепи усиления (ПБКУ) позволили установить, что данная крепь усиления успешно выполняет свою работу лишь при наличии жесткой опорной полосы на бровке лавы. При отсутствии достаточно жесткой опоры после выемки угля сразу происходит проседание пород кровли со стороны лавы и создается осесимметричная нагрузка на рамы крепи. Это приводит к перекосу рам, заклиниванию замков крепи со стороны выработанного пространства с последующим их разрывом и разрушением элементов крепи.

В данной работе представлены результаты наблюдений за смещениями боковых пород при использовании комбинированных способов охраны и поддержания конвейерных штреков глубоких шахт, поддерживаемых в зоне влияния очистных работ.

1. На шахте «Южнодонбасская №3» с 1998 по 1999 г.г. в вентиляционном ходке 4-й восточной лавы пласта  $c_{11}$  впервые была применена жесткая продольная связь комплектов арочной крепи по длине подготовительной выработки при ее поддержании в различных зонах проявления горного давления [5, 6]. (рис. 1).

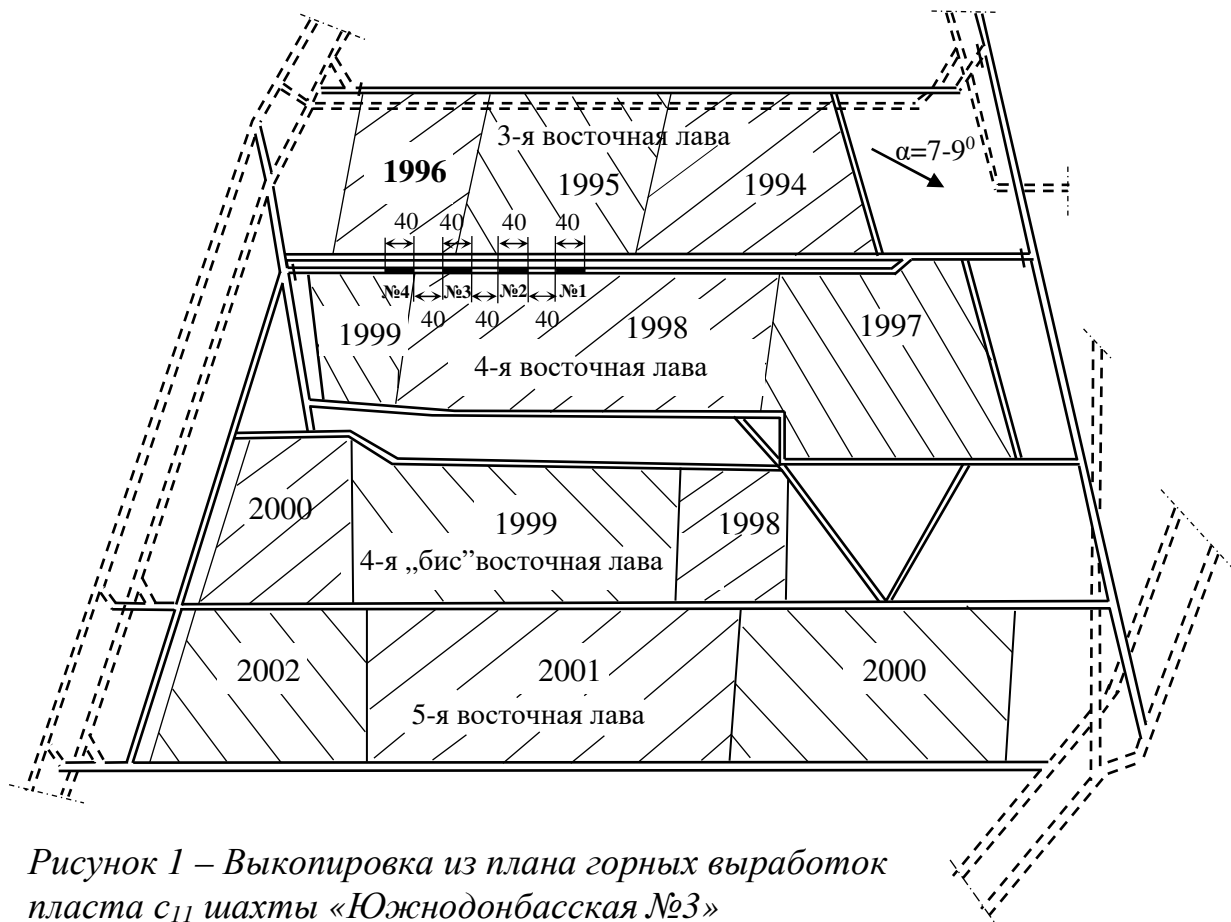


Рисунок 1 – Выкопировка из плана горных выработок пласта  $c_{11}$  шахты «Южнодонбасская №3»

Очистной забой работал по восстановлению пласта с применением комбинированной системы разработки. В качестве крепи усиления применялась жесткая продольная балка из двутавра №14.

Вентиляционный ходок, проведенный комбайном 4ПП-2М вприсечку к конвейерному ходу ранее отработанной 3-й восточной лавы с оставлением угольного целика шириной 4 м, охранялся 2-мя рядами выкладываемых вплотную деревянных буро-костров с размерами 2,0×2,0 м.

Общее состояние вентиляционного ходка без применения продольно-балочной крепи усиления показано на рис. 2. Из представленных на рис. 2 фотографий видно, что при поддержании выработки в зоне влияния выработанного пространства на одних участках происходит интенсивное выдавливание пород почвы по центру выработки (рис. 2, а) и для обеспечения свободного прохода горнорабочих здесь производилась подрывка почвы с образованием траншеи в ее средней части.

а)



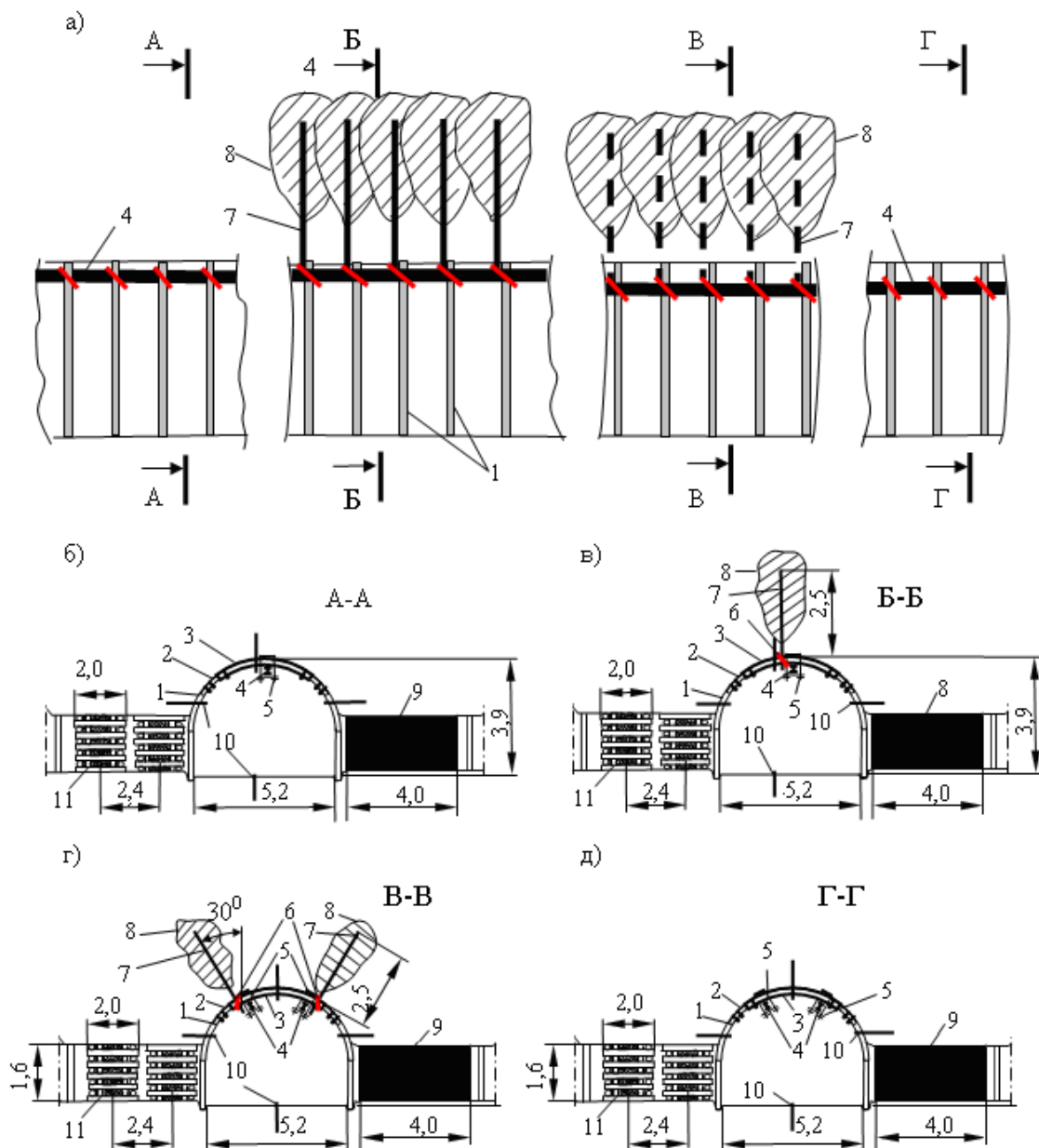
б)



Рисунок 2 – Общее состояние вентиляционного ходка 4-восточной лавы пласта с<sub>11</sub> без крепи усиления на расстоянии 60 м (а) и 120 м (б) вслед за лавой

Конструкция вариантов продольно-балочной крепи усиления, расположенных по длине вентиляционного ходка 4-й восточной лавы пласта с<sub>11</sub> на четырех экспериментальных участках представлена на рис. 3.

Крепь усиления устанавливалась в вентиляционном ходке на расстоянии 250 м перед лавой вне зоны влияния опорного давления лавы. Отрезки балки длиной по 4,5 м соединялись между собой внахлест на 0,5 м болтовыми соединениями. Для предотвращения искривления профиля верхняка основной крепи на всех экспериментальных участках между ним и балкой располагались криволинейные сегменты жесткости из спецпрофиля СВП-27 длиной 3,0 м, которые подвешивались к верхняку по своим концам двумя стандартными металлическими хомутами (рис. 3). Двойные продольные балки располагались симметрично относительно вертикальной оси поперечного сечения выработки на расстоянии 2 м друг от друга.



а – по длине выработки; б, в, г и д – соответственно на первом, втором, третьем и четвертом экспериментальных участках: 1 – стойка арочной крепи; 2 – верхняк арочной крепи; 3 – криволинейный сегмент жесткости из СВП-27; 4 – продольная балка из отрезков двутавра №14; 5 – элементы крепления балки к верхняку крепи; 6 – отрезок мс металлической цепи для соединения анкера и верхняка крепи; 7 – сталеполимерные анкера; 8 – зона распространения пенополиуретанового кристаллизующегося раствора в кровле выработки; 9 – присечной охранный целик угля; 10 – контурные реперы; 11 – два сплошных ряда бутокостров

Рисунок 3 – Конструкция вариантов продольно-балочной крепи усиления, расположенных по длине вентиляционного хода 4-й восточной лавы пласта с<sub>11</sub>

Сталеполимерные анкеры, применяемые на 2-м и 3-м экспериментальных участках в качестве дополнительного силового элемента, соединялись с верхняком каждой рамы и продольными балками отрезками конвейерной цепи.

На первом экспериментальном участке применялась одинарная продольная двутавровая балка, подвешиваемая по центру выработки к верхнякам каждого комплекта основной крепи на специальных крючьях с использованием планок и гаек (рис. 3, б).

На втором экспериментальной участке применялась аналогичная одинарная продольная балка с сегментом жесткости в сочетании со сталеполимерными вертикальными анкерами, один ряд которых располагался по центру выработки.

Каждый вертикальный сталеполимерный анкер длиной 2,5 м устанавливался возле стыка продольной балки с верхняком крепи и жестко соединялся с ними отрезком конвейерной цепи (рис. 3, в).

На третьем экспериментальном участке были установлены две параллельные продольные двутавровые балки с сегментом жесткости в сочетании с двумя рядами радиальных сталеполимерных анкеров длиной по 2,5 м. Анкеры устанавливались в поперечном сечении выработки с наклоном их донной части на  $30^\circ$  в обе стороны от вертикали. Они жестко соединялись отрезками конвейерной цепи с верхняками основной крепи, сегментом жесткости и продольной балкой (рис. 3, г).

На четвертом экспериментальном участке были установлены две параллельные продольные двутавровые балки с сегментом жесткости без сталеполимерных анкеров (рис. 3, д).

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.

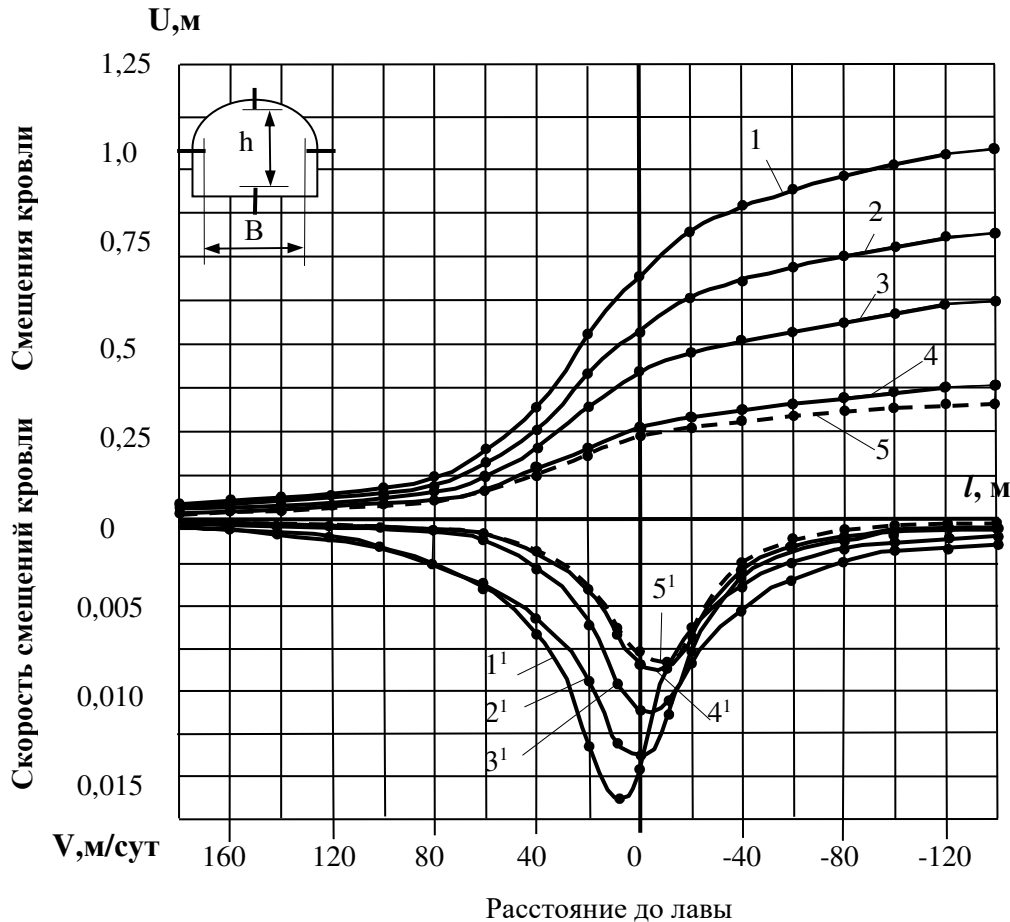
Применение продольно-жесткой крепи усиления позволило отказаться от применения на сопряжении 4-й восточной лавы с вентиляционным ходком агрегатной крепи сопряжения, т.к. функции этой крепи эффективно выполняла крепь усиления.

Применение продольно-балочной крепи усиления с использованием двутавровой балки №14 с жесткостью  $15 \cdot 10^6 \text{ Н}\cdot\text{м}^2$ , как видно из представленных на рис. 4 графиков, позволило уменьшить смещения контура кровли в зоне влияния очистных работ более чем в 2,75 раза.

2. Для определения рациональных параметров поддержания подготовительных выработок глубоких шахт в зоне влияния очистных работ



при сплошной системе разработки на шахте им. М.И.Калинина с середины 2002 г. до середины 2005 г. в конвейерном штреке 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  (рис. 5) была проведена проверка эффективности применения продольно-балочной крепи усиления [5, 6].



1 – на контрольном участке; 2 – на первом; 3 – на втором; 4 – на третьем; 5 – на четвертом экспериментальных участках

Рисунок 4 – Графики смещений (а) и скоростей смещений (б) контура кровли вентиляционного ходка от расстояния до лавы

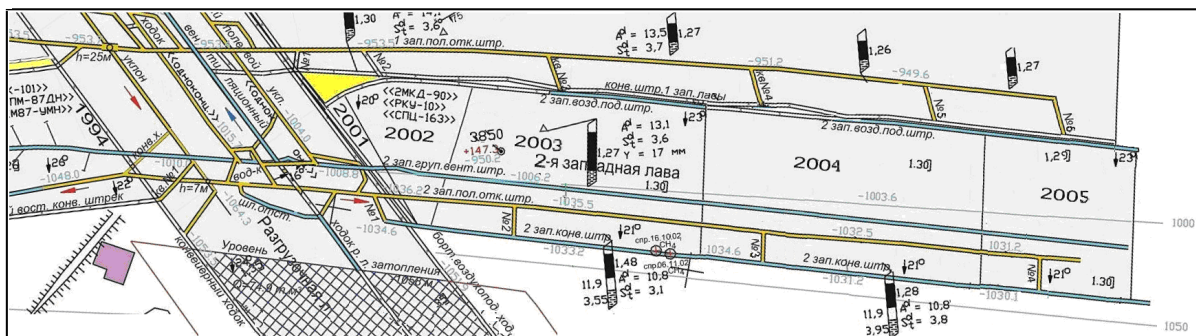


Рисунок 5 – Схема расположения 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  на плане горных выработок

Пласт  $h_{10}$  «Ливенский» мощностью 1,22 м, углом падения 19-21°. Глубина ведения работ составляла 1230 – 1265 м. Непосредственно над пластом залегала ложная кровля, представленная тонкослоистым глинистым сланцем мощностью 0,5 м и пределом прочности на одноосное сжатие 15 – 20 МПа.

Непосредственная кровля пласта была представлена аргиллитом мощностью 0,5 – 2,0 м и пределом прочности на одноосное сжатие 54 МПа, выше которого залегал глинистый сланец мощностью 3,5 – 5,0 м и прочностью 64,5 МПа. В основной кровле пласта залегал однородный слоистый глинистый сланец мощностью 5,15 м и прочностью 64,5 МПа и глинистый сланец мощностью 3,50 м и прочностью 57,6 МПа. Выше залегал песчаник мощностью 5,76 м и пределом прочности на одноосное сжатие 90,2 МПа. Непосредственная почва пласта была представлена песчано-глинистым сланцем мощностью 1,0 м и прочностью 69,5 МПа.

В основной почве пласта залегал мелкозернистый песчаник мощностью 12,0 м и прочностью 125 МПа.

Обработка 2-западной лавы осуществлялась по простиранию пласта с применением сплошной системы разработки со средним вентиляционным штреком. Верхний воздухоподающий и средний – вентиляционный штреки проводились вслед за лавой с отставанием до 8 м, а конвейерный штрек проводился с опережением лавы на первом этапе исследований равным 40 м и на втором этапе – 20 м.

Средняя скорость подвигания лавы составляла 57 м в месяц, общая длина выемочного поля – 1130 м. Очистной забой 2-й западной лавы был оснащен механизированной крепью 2МКД-90, узкозахватным комбайном РКУ-10 и скребковым конвейером СПЦ-163.

Проветривание лавы – возвратноточное: свежая струя подавалась в лаву по 2-му и 1-му западным полевым откаточным штрекам, затем по промежуточным квершлагам, 2-му западному конвейерному штреку и 2-му западному воздухоподающему штреку соответственно. Отвод исходящей струи на выработанное пространство осуществлялся по 2-му западному вентиляционному штреку (рис. 5).

По бровкам очистного забоя отбойными молотками вынимались две ниши. Длина верхней ниши составляла 6,5 – 9,0 м. В верхней нише вдоль оставляемого выше угольного целика сооружался запасной выход за счет установки по простиранию деревянных рамок с расстоянием между стойками по падению – 1,3 м. Каждая рамка состояла из верхняка (распил из 0,5 деревянной стойки диаметром 0,016 м) длиной 2,4 м и трех деревянных стоек диаметром 0,16 м и длиной 1,6 м.

Длина нижней ниши – 2,0 – 4,0 м. Нижняя ниша крепилась индивидуальной металлической крепью, состоящей из металлических верхняков из

СВП-27 длиной 3,0 м, устанавливаемых по простиранию в одну линию с нахлестом, и гидравлических стоек 11СУГ-30. По мере передвижки конвейера гидравлические стойки снимались и за конвейером вместо них устанавливались деревянные стойки. Вынесенная на конвейерный штрек приводная станция конвейера СПЦ-163 устанавливалась на постель секции КМ-87УМН с гидростойками и крепилась двумя составными упорными деревянными или металлическими стойками из СВП-33. Выемка угля и породы (над приводом скребкового конвейера в верхней нише и на бровке лавы у конвейерного штрека) производилась одним забоем на высоту 1,6 м.

При установке в нишах комплектов постоянной крепи на участках с легкообрушающимися породами кровли производилась затяжка кровли вразбежку деревянной доской-шилевкой длиной 1,2 м и толщиной 0,035 м.

Конвейерный штрек проводился буровзрывным способом и крепился пятизвенной арочной податливой крепью (АП-5/16,6) из спецпрофиля СВП-33 с шагом установки рам крепи 0,5 м.

Для обеспечения устойчивости интенсивно деформирующихся выработок (конвейерного и воздухоподающего штреков) применялось их группирование на полевые штреки, проводимые под выработанным пространством в прочных песчаниках почвы пласта с отставанием от лавы на 100 – 150 м и на расстоянии 20 м по нормали от пласта. Полевые штреки соединялись с пластовыми штреками наклонными промежуточными квершлагами, расстояние между которыми по простиранию составляло 200 – 250 м.

Охрана 2-го западного конвейерного штрека осуществлялась за счет:

- выкладки чураковой стенки на глине шириной 1,3 м с оставлением бермы шириной 0,7 м выше конвейерного штрека, заполняемой вручную дробленой породой от подрывки почвы выработки;

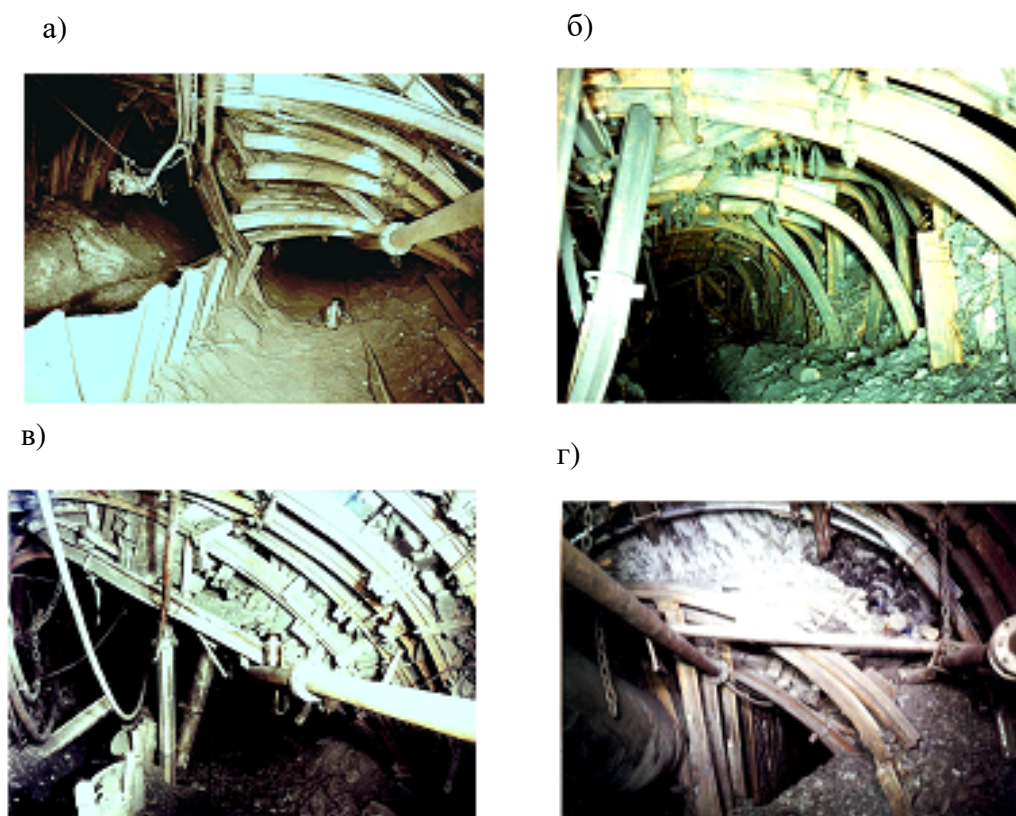
- возведения однорядной обрезной органной крепи вдоль линии обрушения пород непосредственной кровли. Органка из деревянных стоек диаметром 0,14 м устанавливалась с шагом 0,2 м под деревянный верхняк из половины стойки диаметром 0,16 м.

Сопряжения конвейерного штрека с запасными выходами из лавы крепились деревянным распилом длиной 1,0 – 1,5 м из половины деревянной стойки диаметром 0,16 м, который укладывался одним концом на желоб сегмента арки крепи штрека, а другой – опирался на верхняк крепи запасного выхода. Выше верхняков укладывалась деревянная затяжка сплошную. Основная крепь конвейерного штрека усиливалась одиночными металлическими стойками из спецпрофиля, устанавливаемыми через 1,5 м под верхняки арочной крепи. Для обеспечения устойчивости этих стоек на верхний ее конец под углом 90° был приварен отрезок из спецпрофиля СВП-33 длиной 0,3 м. В зависимости от высоты выработки

Т-образные металлические стойки изготавливались либо из одного отрезка, либо составными из двух отрезков спецпрофиля СВП-33, соединяемых между собой двумя стандартными скобами.

В зоне влияния опорного давления лавы наблюдалось интенсивное деформирование боковых пород. По этой причине в конвейерном штреке производилась двукратная подрывка пород почвы по всей длине выработки на глубину 1,0 м.

Неудовлетворительное состояние конвейерного штрека при традиционном его поддержании показано на фотографиях рис. 6.



*Рисунок 6 – Состояние конвейерного штрека без крепи усиления на расстоянии 60 м (а-в), 100 м (г) от лавы и при перекреплении выработки*

В результате анализа наблюдений за проявлениями горного давления в конвейерном штреке 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  было установлено, что в опережении штрека, на сопряжении с лавой и на участке длиной 30 – 40 м вслед за очистным забоем максимальные смещения породного контура происходили по напластованию пород кровли при значительных смещениях элементов крепи в замках со стороны массива. При этом интенсивный рост вертикальных смещений породного контура начинался на расстоянии 20 – 25 м перед лавой.

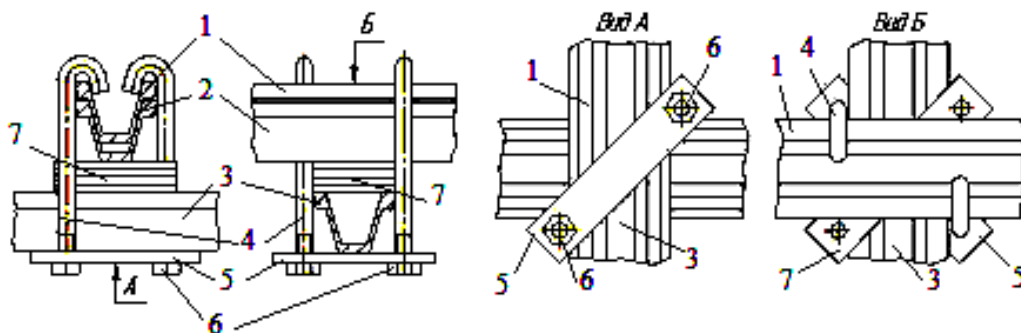
На сопряжении с лавой вертикальные смещения составляли в среднем около 2,5 м, из которых на долю кровли приходилось 75-80 %, а горизонтальные смещения равнялись 1,25 – 1,3 м. Вслед за лавой в зоне влияния выработанного пространства на участке длиной 60 – 80 м вертикальные смещения достигали 3 м, из которых смещения кровли составляли около 60 %. Таким образом, уже на расстоянии 100 м вслед за лавой необходимо было перекреплять конвейерный штрек из-за неудовлетворительного состояния крепи, что видно из фотографий, представленных на рис. 6.

Вслед за лавой на участке штрека длиной 30 – 40 м, происходил перекос комплектов крепи из-за асимметричной нагрузки рам. Вследствие этого большинство (около 80 %) замков со стороны выработанного пространства заклинивалось и разрывалось, что сопровождалось выдавливанием забойных стоек арочной крепи в полость выработки на величину 0,9 – 1,3 м (рис. 6, в).

На первом этапе опытно-промышленной проверки на двух участках конвейерного штрека длиной по 150 м комплекты арочной крепи были связаны по длине выработки одинарной продольно-балочной крепью усиления с симметричным (рис. 6, а) и асимметричным (рис. 6, б) расположением относительно вертикальной оси выработки.

Крепь усиления представляла собой продольную балку из отрезков спецпрофиля СВП-33 длиной по 4,5 м, которые соединялись на каждом стыке внахлест на 0,5 м двумя стандартными хомутами.

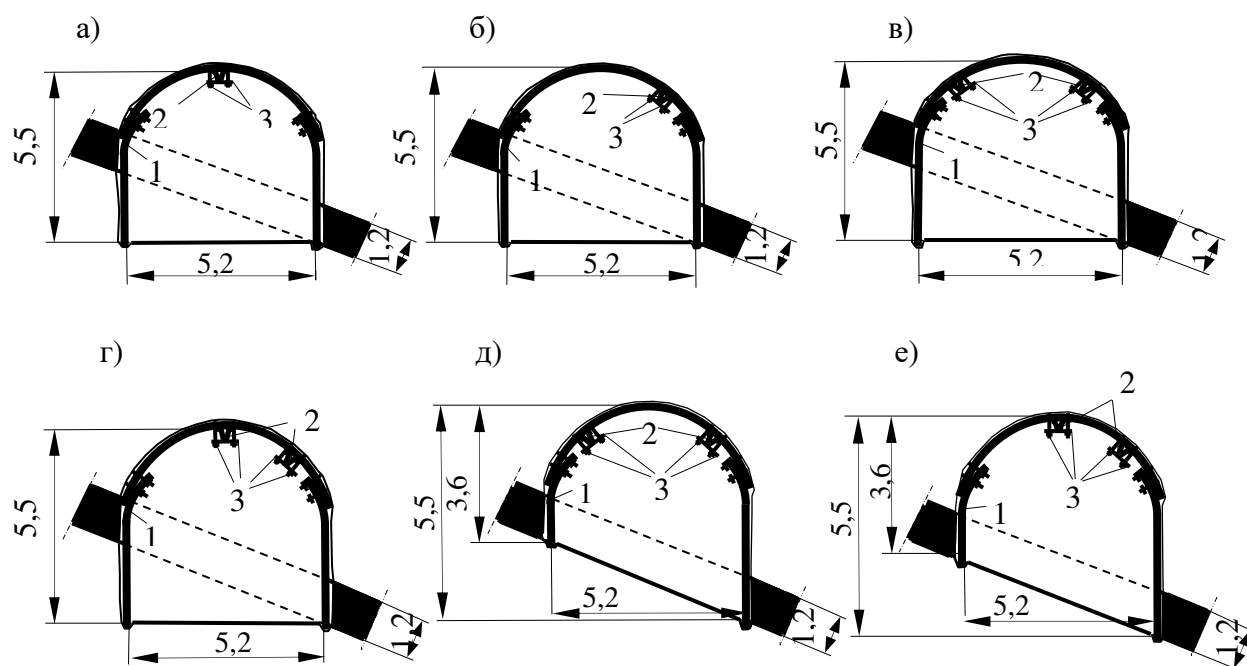
Балка подвешивалась в средней части верхняка каждой рамы крепи на 2-х металлических крючьях диаметром 0,024 м с помощью планок и гаек (рис. 7). Отставание продольно-балочной крепи от проходческого забоя конвейерного штрека не превышало 4 – 6 м.



1 – верхняк крепи; 2 – стойка крепи; 3 – отрезок продольно-балочной крепи усиления из СВП-33; металлические соответственно: 4 – болты-крючья; 5 – планки; 6 – гайки 7 – пластины-подкладки в зазоре

Рисунок 7 – Элементы крепления продольно-балочной крепи усиления к верхняку основной крепи

На втором этапе, для повышения жесткости крепи усиления и 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 2,0 м друг от друга по ширине выработки (рис. 8 в, д).



1 – арочная крепь; 2 – продольная балка;  
3 – элементы крепления балки к верхняку основной крепи

Рисунок 8 – Способы усиления арочной крепи конвейерного штрека 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  «Ливенский» шахты им. М.И.Калинина при: однобалочной (а, в) и двухбалочная (б, г, д) крепях усиления из спетрофиля СВП-33; при симметричном (а, в, д) и асимметричном (б, г, е) расположении балок по периметру крепи

Применение двухбалочной крепи усиления с симметричным расположением балок по верхняку крепи позволило повысить эффективность работы арочной крепи за счет пространственной консолидации ее комплектов и создания из них жесткой каркасной конструкции, препятствующей продольно-поперечным перемещениям рамам основной крепи.

На третьем этапе для повышения качества работы продольно-балочной крепи усиления, расположение балок по профилю верхняку было изменено таким образом, что одна балка была размещена по центру верхняку, а вторая – на 0,2 м выше замка арочной крепи – по линии действия максимальной нагрузки со стороны напластования пород кровли (рис. 8, е).

Такое симметричное расположение балок относительно напластования и вектора максимального давления на крепь позволило улучшить состояние арочной крепи за счет перераспределения повышенной и неравномерной нагрузки между перегруженными и недогруженными комплектами арочной крепи по длине выработки и локализовать вредное воздействие на элементы крепи больших изгибающих моментов.

Наличие жесткой продольно-балочной усиливающей связи, расположенной по линии воздействия максимальных нагрузок со стороны напластования пород кровли, создало предпосылки для образования в кровле пласта и в боку выработки локальных грузонесущих зон, препятствующих развитию процесса складкообразования, что в конечном итоге обеспечило сохранение устойчивости выработки (рис. 9).

а)



б)



в)



г)



Рисунок 9 – Состояние конвейерного штрека с продольно-балочной крепью усиления в проходческом забое (а) и вслед за лавой на расстоянии соответственно: б) – 60 м; в) – 80 м (при отсутствии крепи усиления на локальном участке); г) – 120 м за (при подрывке почвы)

На рис. 10 представлены результаты инструментальных наблюдений за смещениями и скоростями смещений боковых пород на контуре конвейерного штрека при использовании 3-х вариантов продольно-балочной крепи усиления (рис. 8).

Применение продольно-балочной крепи усиления позволило, при минимальных затратах сил и средств и без создания технологических помех выполнению рабочих процессов в конвейерном штреке на его сопряжении с лавой, снизить конвергенцию боковых пород на контуре выработки.

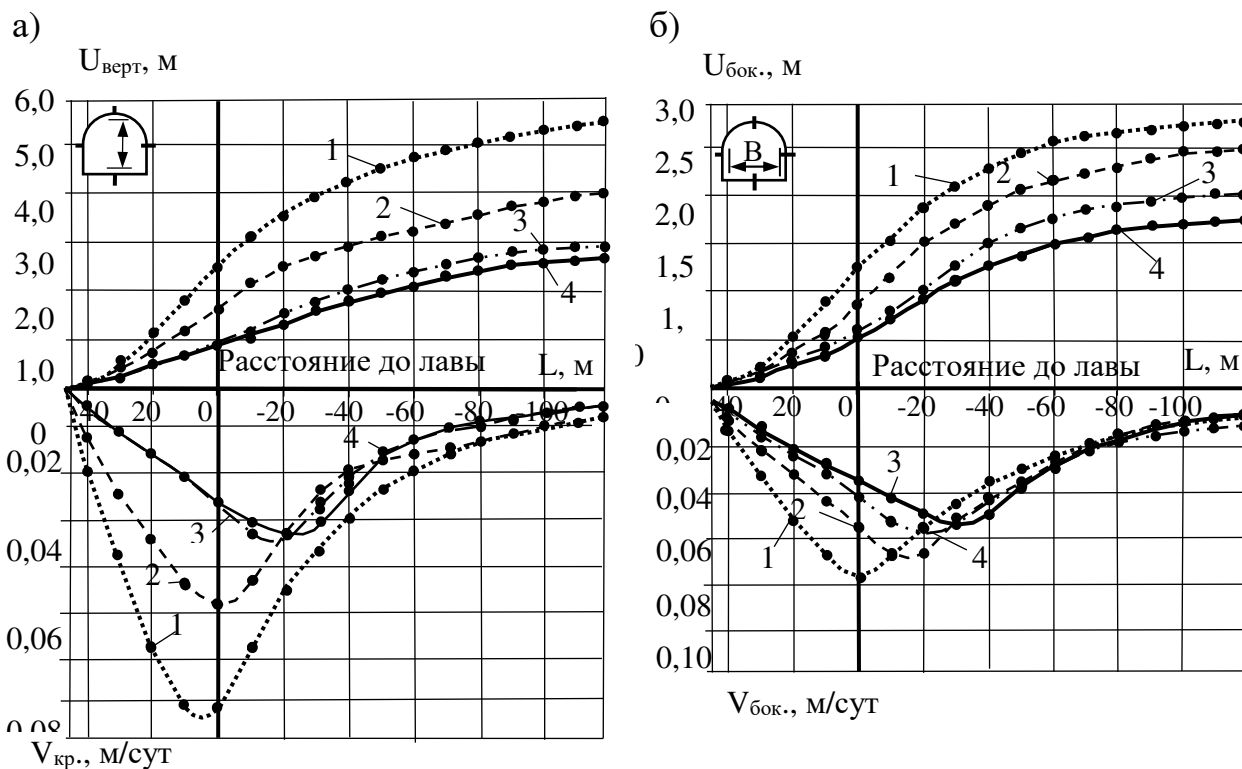


Рисунок 10 – Графики зависимости вертикальных (а) и горизонтальных (б) смещений и скоростей смещений породного контура конвейерного штрека 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  от расстояния до лавы: 1 – на контрольном участке без продольно-балочной крепи усиления; 2 – на первом экспериментальном участке при использовании одной центральной балки из СВП-33; 3 и 4 – на втором и третьем экспериментальных участках соответственно при двух симметричных и двух асимметричных балках и опережении лавы забоем конвейерного штрека на 45 м

При однобалочной крепи усиления величина вертикальных смещений была снижена на 0,9 м (в 1,6 раза) на сопряжении с лавой и на 1,5 м (или в 1,4 раза) на расстоянии 120 м за лавой. При использовании двух балок вертикальные смещения на сопряжении с лавой уменьшились в среднем на 1,6 м (в 2,78 раза), а на расстоянии 120 м за лавой они снизились на 2,6 м (в 1,9 раза) и 2,8 м (в 2,1 раза) соответственно при асимметричном и симметричном расположении балок по длине верхняка крепи. Горизонтальные смещения боков конвейерного штрека при использовании одной балки были снижены на 0,5 м (в 1,67 раза) на сопряжении с лавой и на 0,3 м (в 1,12 раза) на расстоянии 120 м за лавой.



Применение двухбалочной крепи усиления позволило снизить боковые смещения в створе с лавой в среднем на 0,65 м и 0,75 м (в 2,1 и 2,5 раза) соответственно при асимметричной и симметричной схемах расположения продольных балок. На расстоянии 120 м за лавой боковые смещения были снижены соответственно на 0,8 м и 1,1 м (в 1,4 и 1,65 раза).

Положительные результаты проверки эффективности продольно-балочной крепи усиления в условиях конвейерного штрека 2-й западной лавы пласта  $h_{10}$  шахты им. М.И.Калинина, полученные при использовании сплошной системы разработки и поддержании выработки в зоне влияния выработанного пространства, позволили сделать вывод о возможности управления процессом самоорганизации породных отдельностей на контуре выработки при продольно-жесткой связи рам основной крепи.

Таким образом, выполненные наблюдения за смещениями боковых пород на контуре выемочных выработок в условиях шахт «Южнодонецкая №3» и им. М.И. Калинина позволили установить, что применяемые на шахтах комбинированные способы поддержания и охраны выработок обеспечивают их устойчивое состояние на весь срок службы выработки.

### Библиографический список

1. **Каретников, В. Н.** Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. Справочник / В. Н. Каретников, В. Б. Клейменов, А. Г. Нуждихин // – М.: Недра, 1989. – 571с.
2. **Черняк, И. Л.** Повышение устойчивости подготовительных выработок / И. Л. Черняк. – М.: «Недра», 1993. – 256с.
3. **Черняк, И. Л.** Управление состоянием массива горных пород / И. Л. Черняк, С. А. Ярунин. – М.: Недра, 1995. – 395с.
4. **Литвинский, Г. Г.** Стальные рамные крепи горных выработок / Г. Г. Литвинский, Г. И. Гайко, М. И. Кулдыркаев. – К.: Техніка, 1999. – 216с.
5. О возможности перераспределения повышенной нагрузки между комплектами арочной крепи выемочных выработок глубоких шахт / Соловьёв Г. И. [и др.] // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2004. – №10. – С.48-52.
6. **Соловьёв, Г. И.** Особенности физической модели самоорганизации боковых пород на контуре выемочной выработки при продольно-жестком усилении арочной крепи / Г. И. Соловьёв // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2006.– №1. – С.11-18.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агарков А.В., Симонов А.М., Карнаух Н.В., Мавроди А.В., Захлебин В.В.</i> Поддержание подготовительных выработок в условиях шахты имени Челюскинцев .....	4
<i>Бабак Б.Н. (научный руководитель Касьян Н.Н.)</i> Совершенствование конструкции сооружения из рядовой породы, помещенной в оболочку, с целью улучшения его нагрузочно- деформационной характеристики .....	12
<i>Вережникова Е.А., Зозуля Я.Д. (научн. рук. Макеев А.Ю., Шестопалов И.Н.)</i> Методика расчета параметров комбинированной рамно-анкерной крепии .....	19
<i>Воронова И.Н. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Отработка пластов опасных по горным ударам.....	30
<i>Высоцкий С.А., Дрига И.В. (научн. рук. Выговский Д.Д., Выговская Д.Д.)</i> Особые требования при технологии ликвидации вертикального ствола угольной шахты.....	36
<i>Гречко П.А. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Изучение проявлений горного давления с помощью лазерных сканирующих систем .....	40
<i>Гнидаш М.Е., Иващенко Д.С. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Особенности поддержания конвейерных штреков при различных вариантах сплошной системы разработки в условиях шахты «Коммунарская» «ПАО Шахтоуправление «Донбасс».....	45
<i>Елистратов В.А. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i> Возможные направления использования геотермальной энергии угольных шахт .....	54
<i>Иванюгин А.А. (научный руководитель Стрельников В.И.)</i> Компьютерные технологии рецензирования проекта разработки угольного пласта .....	59
<i>Иващенко Д.С., Гнидаш М.Е. (научн. рук. Соловьев Г.И., Нефедов В.Е.)</i> Охрана подготовительных выработок глубоких шахт комбинированными опорными конструкциями .....	68
<i>Кириленко Ю.И. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> Исследование состава пород угольных пластов Донецко-Макеевского района Донбасса .....	79

<i>Корниенко И.М., Сидяченко О.А. (научный руководитель Скаженик В.Б.)</i>	
Компьютерная анимация горных работ на угольных шахтах .....	87
<i>Кукота М.В. (научный руководитель Гомаль И.И.)</i>	
Анализ существующих методов борьбы с внезапными выбросами в условиях ОП «Шахта Холодная Балка» ГП «Макеевуголь» и в мировой практике .....	91
<i>Манухин С.В., Склепович К.З.</i>	
Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород при анкероании почвы подготовительной выработки .....	99
<i>Нескреба Д.А., Поляков П.И.</i>	
Исследование физико-механических свойств и процессов развития нарушенности в несущих слоях горного массива .....	105
<i>Николаев И.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Касьян Н.Н., Дрипан П.С.)</i>	
Перспективные направления совершенствования технологии применения анкерной крепи .....	109
<i>Обедников Д.В. (научный руководитель Литвинский Г.Г.)</i>	
Разработка программы расчета на ЭВМ смещений пород в горных выработках .....	115
<i>Онокий Э. Ю. (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i>	
Анализ методик оценки устойчивости пород в горных выработках .....	123
<i>Павленко Ю.В. (научн. рук. Соловьев Г.И., Голембиевский П.П.)</i>	
Особенности применения анкерной крепи для поддержания конвейерных штреков в условиях глубоких шахт Донбасса .....	130
<i>Панин Ф.А., Панин А.А. (научн. рук. Соловьев Г.И., Малышева Н.Н.)</i>	
Особенности применения комбинированных способов поддержания подготовительных выработок глубоких шахт Донбасса .....	139
<i>Палейчук Н.Н., Санин Д.А. (научный руководитель Рябичев В.Д.)</i>	
Обоснование вида переправы Керченского пролива .....	153
<i>Палейчук Н.Н., Спичак Ю.Н.</i>	
Экономические аспекты геотехнологии на шахтах Восточного Донбасса .....	157
<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Горбунов И.Э.</i>	
Выбросоопасность пологих нарушенных угольных пластов Донбасса .....	163

---

---

<i>Радченко А.Г., Киселев Н.Н., Радченко А.А., Гетманец Л.В.</i> Комплекс факторов, оказывающих влияние на формирование газодинамической активности угольных пластов, при проведении подготовительных выработок.....	170
<i>Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> Анализ химических растворов, применяемых при упрочнении пород.....	187
<i>Резник А.В., Мазилин А.В. (научный руководитель Петренко Ю.А.)</i> Временная набрызгбетонная крепь основных выработок, сооружаемых буровзрывным способом.....	191
<i>Сивоконь М.А., Бабак Б.Н. (научн. рук. Выговская Д.Д., Выговский Д.Д.)</i> Определение комплекса социально-экономической информации при проектировании технологической схемы угольной шахты .....	193
<i>Степаненко Д.Ю. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Обоснование и выбор мероприятий по предотвращению газодинамических явлений при проведении участковых пластовых выработок в условиях пласта h <sub>6</sub> ОП «Шахта им. А.А. Скочинского» ГП «ДУЭК».....	196
<i>Терлецкий Ю.Н., (научный руководитель Касьяненко А.Л.)</i> О возможности переработки углей Донецкого бассейна в синтетическое жидкое топливо .....	200
<i>Холод А.Н. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> Анализ существующих технологических схем ремонта горных выработок .....	207
<i>Чулаков К.П. (научный руководитель Новиков А.О.)</i> О повышении устойчивости выработок в условиях НШУ «Яреганефть» ООО «Лукойл-Коми» .....	216
<i>Якубовский С.С. (научный руководитель Дрипан П.С.)</i> Обоснование и выбор способа охраны магистральных выработок при разработке запасов уклонного поля пласта h <sub>10</sub> <sup>B</sup> ОП «Шахта им. С.М. Кирова» ГП «Макеевуголь» .....	219

Сборник научных трудов кафедры разработки месторождений  
полезных ископаемых ГОУВПО «ДОННТУ»

# Инновационные технологии разработки месторождений полезных ископаемых

## № 4 (2018)

Статьи в сборнике представлены в редакции авторов