

УДК 622.831

**А.В. СОЛОДЯНКИН** (д-р техн. наук, проф.)

**И.В. ДУДКА** (аспирант)

ГВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТКАХ ОП «ШАХТА «Партизанская» ГП «Антрацит»**

В статье приведены результаты шахтных исследований деформационных процессов в выемочных выработках ОП «Шахта «Партизанская» ГП «Антрацит». Комплекс исследований включал визуальное обследование состояния выработок и инструментальные измерения деформаций металлической рамной крепи. Установлены основные факторы, которые определяют состояние выработок. Для разных этапов эксплуатации выработки получены зависимости изменения параметров сечения от расстояния до лавы.

**Ключевые слова:** подготовительная выработка, шахтные исследования, деформация крепи, лава.

Увеличение глубины разработки и интенсификация горных работ на шахтах требуют реализации комплекса мероприятий, направленных на повышение надежности и безопасности труда, а также на снижение стоимости и материалоемкости технологических средств. В этом плане повторное использование выработок при отработке угольных запасов позволит сократить затраты и время на подготовку новых добычных участков, что снизит себестоимость угля и повысит рентабельность предприятий.

Чрезвычайно актуальным является этот вопрос для шахт ГП «Антрацит».

Государственное предприятие «Антрацит» начало свою деятельность как производственное объединение по добыче антрацита с 1981 г. Промышленные запасы угля на 01.2012 – 95,6 млн.т., проектная мощность – 2500 млн.т/год, производственная – 1670 млн.т/год. ГП «Антрацит» расположено на территории Антрацитовского района Луганской области. В состав государственного предприятия входит 9 обособленных подразделений, в том числе две действующие шахты – «Комсомольская» и «Партизанская».

ОП «Шахта Комсомольская» введена в эксплуатацию в 1980 г. Промышленные запасы угля составляют 77,34 млн.т., проектная мощность – 2100 тыс.т/год, производственная – 1400 тыс.т / год. Система разработки: столбовая, сплошная, комбинированная. Максимальная глубина разработки – 1080 м.

ОП «Шахта «Партизанская» введена в эксплуатацию в 1913 г. Последняя реконструкция шахты проводилась в 1967 г. Промышленные запасы угля составляют 21,82 млн.т, проектная мощность – 400 тыс.т / год, производственная – 270 тыс.т / год. Способ подготовки шахтного поля – панельный. Система разработки: столбовая, сплошная, комбинированная. Средняя длина лавы 250 м. Максимальная глубина разработки – 1183 м.

Дальнейшее развитие шахты «Партизанская» определяется положениями проекта «Вскрытие и подготовка к отработке запасов угля горизонта 20-х штреков пласта  $h_{10}$ », в соответствии с которым для освоения проектной мощности шахты 600 тыс.т/год, намечен комплекс работ по улучшению условий проветривания и кондиционирования шахтного воздуха на глубоких горизонтах, полная конвейеризация транспортировки угля от очистного забоя до ствола, проведение комплекса основных подготовительных выработок, решение вопросов механизированной доставки людей к очистным и подготовительным забоям и др. Достижение добычи угля в объеме 600 тыс. тонн в год возможно при отработке запасов шахтного поля двумя очистными забоями с суточной нагрузкой основной 207 западной лавы 1500 тонн в сутки, и резервно-действующей 206 верхней западной лавы – 500 тонн в сутки. Планируемый срок службы шахты – 32 года.

Шахта в последнее время работает нестабильно из-за несвоевременной подготовки линии очистных забоев вследствие большого физического износа горного оборудования, отсутствия средств на его замену и огромных затрат на поддержание выработок.

Традиционно для охраны подготовительных выработок шахты при отработке лав использовались угольные целики, что требовало выполнения дополнительных работ по проведению конвейерных штреков и ходков, по которым транспортируется горная масса из очистного забоя. В связи с повышенным горным давлением ширина охранных целиков угля достигала 30 м (202 пром.штрек). При этом потери угля при охране данной выработки на глубине 1040 м составили 58 618 тонн.

Для снижения потерь угля при отработке последующих лав (203, 204, 205 западные лавы пл.  $h_{10}$ ) ширина угольных целиков была уменьшена до 5...7 м. Однако, это привело к существенному ухудшению состояния выработок. Поддержание выработки после прохода первой лавы требует больших затрат на их ремонт и перекрепление. При подходе второго очистного забоя сечение выработки уже не соответствует требованиям технической эксплуатации.

В связи с этим на шахте планируется внедрение бесцеликовой отработки выемочных участков, с повторным использованием выработок и применением эффективных комбинированных рамно-анкерных крепей, что позволит уменьшить потери угля в целиках, увеличить темпы подвигания лав за счет сокращения времени на выполнение концевых операций в забоях, а также снизит металлоемкость крепи. Техническая реализация этих решений требует оценки характера работы крепи на всех этапах эксплуатации выработки с момента ее проведения, прохождения волны опорного давления от первой лавы и воздействия очистных работ при повторном использовании.

Таким образом, целью настоящих исследований являлось изучение деформационных процессов, происходящих в подготовительных выработках добычного участка под влиянием очистных работ.

Вопросы поддержания выработок при отработке угольных запасов рассматривались многими научными школами и организациями. В настоящее время имеется целый ряд решений, позволяющих, в отдельных случаях, надежно и эффективно проводить отработку угля с сохранением выработок в эксплуатационном состоянии [1-4 и др.]. Однако в каждом конкретном случае необходимо учитывать специфику горнотехнических факторов и горно-геологических условий, что предполагает проведение комплекса исследований для обоснования соответствующих параметров способа крепления и охраны.

На первом этапе, на основании анализа горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации, данных маркшейдерской службы, а также данных про объемы ремонтных работ, были установлены основные факторы, которые определяют состояние выработок на шахте «Партизанская», к которым следует отнести:

- наличие крепких слоистых вмещающих пород склонных к расслоению на значительную глубину от контура выработки.
- увеличение глубины разработки, провоцирующей ухудшение условий проведения и поддержания выработок;
- несоответствие применяемых в настоящее время видов крепи геомеханическим условиям их эксплуатации.

Шахтные исследования выполнялись в выработках действующей 205 западной лавы пл.  $h_{10}$  и включали их визуальное обследование и инструментальные измерения.

Очистной забой 205 западной лавы отрабатывался прямым ходом по простиранию, система разработки – комбинированная. Угольный пласт  $h_{10}$  имеет двухпачечное строение. Мощность пласта  $m = 1,35...1,69$  м.

Вмещающие породы. Основная кровля – сланец песчаный,  $m = 18...23$  м, крепостью  $f = 7...9$ . Непосредственная кровля – сланец песчано-глинистый,  $m = 2,9...8,3$  м, крепостью  $f = 6...7$ , темно-серый, слоистый, трещиноватый с большим количеством слюдистого материала по наслоению. Ложная кровля – сланец глинистый  $m = 0...0,3$  м, крепостью  $f = 3...4$ . Непосредственная почва – сланец песчаный, тонкослоистый, прилегающий к пласту слой комковатой структуры «кучерявчик»  $m = 1,06...4,0$  м.

В качестве объектов исследований были приняты (рис. 1):

- пром. штрек 204-й западной лавы пл.  $h_{10}$ , который эксплуатировался повторно и служил вентиляционным штреком 205 зап. лавы при отработке подготовленного участка прямым

ходом. В результате этого, 204 пром. штрек погасался сразу после прохода очистного забоя без возможности извлечения крепи;

– пром. штрек 205-й западной лавы пл.  $h_{10}$ , предназначенный для транспортирования угля. Проводился с некоторым опережением линии очистного забоя.

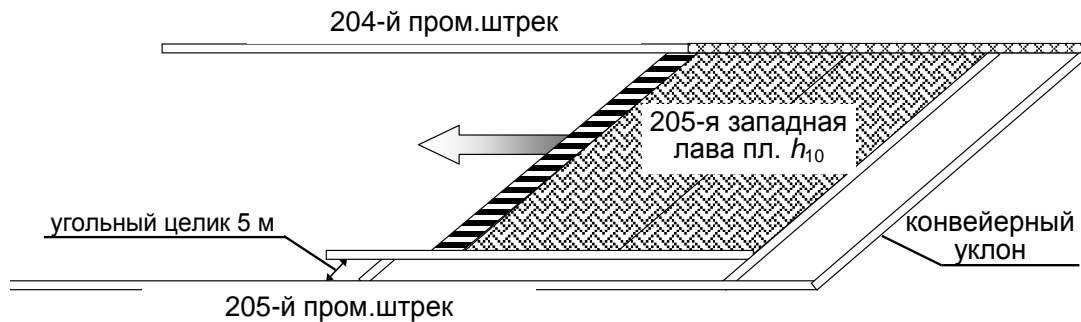


Рис. 1. Схема отработки 205-й западной лавы пласта  $h_{10}$

Пром. штрек 204 западной лавы проводился по пласту угля с верхней подрывкой пород. Крепление выработки – металлическая арочная крепь КМП-А3/11,2 из СВП-22 с деревянной затяжкой. Площадь сечения  $S_{пр} = 12,9 \text{ м}^2$ ,  $S_{св} = 10,4 \text{ м}^2$ . Ширина выработки в проходке  $B_{пр} = 4,5 \text{ м}$ , высота  $H_{пр} = 3,36 \text{ м}$ . Выработка проводилась на глубине 1143 м. Исследованный участок повторно используемой выработки составлял 285 м.

Визуальные обследования выработки показало следующее. Хорошее состояние крепи отмечено лишь вначале наблюдаемого участка (до ПК3). По мере приближения лавы состояние выработки ухудшается. С ПК4 форма выработки изменяется, поперечное сечение уменьшается, отсутствуют межрамные стяжки и рамы завалены к устью.

На отрезке ПК8+7 – ПК8+17 наблюдаются вывалы пород кровли и боков. С ПК10 сечение пром. штрека значительно уменьшается с разрушением замков и верхних частей стоек (рис. 2). С отметки ПК13 и до окна лавы под каждую нижнюю стойку крепи для сохранения минимальной высоты выработки устанавливаются ремонтины.

Рабочая печь находится на ПК14, и уже с ПК13+17 сечение выработки составляет не более  $3 \text{ м}^2$ . На расстоянии 3 м от печи вследствие повышения горного давления со стороны очистного забоя начинают разрушаться несущие элементы крепи.

В ходе обследования было установлено, что устройство контурных реперов в выработке, невозможен. Причиной послужили большие переборы по контуру выработки при ее проведении и последующие расслоения пород на значительную глубину.

В связи с этим замерная станция для проведения измерений представляет собой несколько контрольных точек, нанесенных краской на раму крепи (рис. 3). Пучения или вдавливания ножек в почву выработки в ходе визуального обследования не замечено. Поэтому количественно оценка состояния выработки по ее длине производилась путем замеров высоты  $H$  и ширины  $B$  сечения на замерных рамах через определенные расстояния по всей длине выработки (по возможности, в пределах каждого пикета). По полученным значениям определялась примерная площадь поперечного сечения выработки. Также контролировалась величина нахлеста профилей в замках податливости крепи  $Z_n$  и  $Z_{n-1}$ .

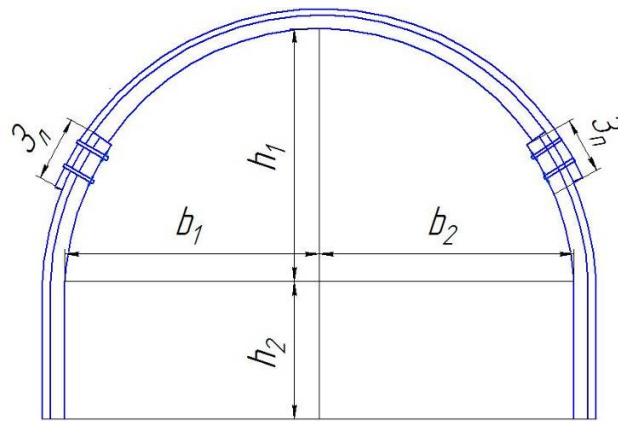
Основной причиной плохого состояния выработки является то, что принятые в проекте параметры крепления и охраны штрека, не соответствуют геомеханическим условиям эксплуатации выработки. Другим, не менее важным фактором следует считать систематическое нарушение паспорта крепления выработки в части комплектации крепи, а также низкое качество работ по возведению крепи. Это приводит к расслоению вмещающего выработку массива пород, быстрому ее нагружению, чрезмерному уменьшению сечения из-за низкой сопротивляемости узлов податливости, большому смещению профилей в узлах податливости, разрыву хомутов, профиля стойки, что, в конечном счете, приводит к необходимости ремонта и перекрепления выработки.



а)

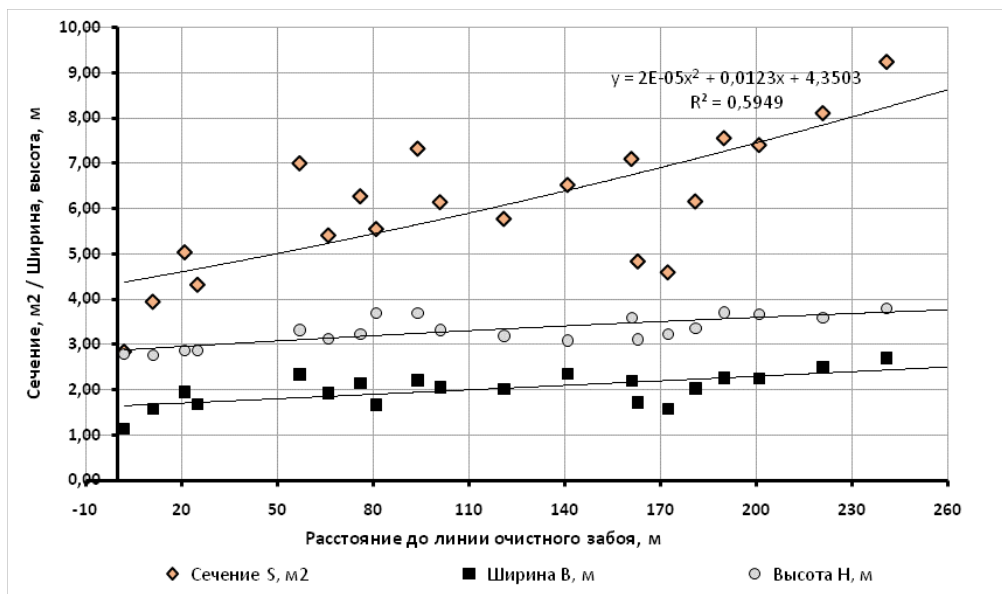
б)

**Рис. 2.** Состояние 204 пром. штрека в зоне влияния лавы: а – разрушение замков податливости и стоек, б – установка ремонтин под стойки крепи



**Рис. 3.** Измеряемые параметры поперечного сечения выработки (рамной крепи)

Результаты шахтных измерений деформаций крепи представлены на рис. 4.



**Рис. 4.** Изменение ширины, высоты и сечения пром. штрека 204-й западной лавы по мере подхода линии очистного забоя

Пром. штрек 205-й западной лавы проводится по пласту  $h_{10}$  с подрывкой пород кровли и почвы. Выработка предназначена для транспортирования угля при отработке 205 западной лавы. Предполагается сохранение выработки для повторного использования в качестве вентиляционной при работе планируемой нижерасположенной лавы.

Способ проведения выработки – буровзрывной. Уборка породы и бурение шпуров осуществляется буропогрузочной машиной 2ПНБ-2Б. Транспортировка горной массы от забоя осуществляется скребковым СП-202 и ленточным 1Л-1000Д конвейерами.

Сечение выработки  $S_{св} = 13,4 \text{ м}^2$ ,  $S_{вч} = 15,6 \text{ м}^2$ ; высота выработки  $H_{св} = 3,62 \text{ м}$ ,  $H_{вч} = 3,84 \text{ м}$ . Применяемая крепь – КМП-АЗРЗ-13,4, затяжка – дерево. Замки М-24 без упорных хомутов. Шаг крепи – 0,8 м.

Отметка проведения пром. штрека 205 западной лавы составляет – 1193,0 м.

В результате визуального обследования выработки установлено следующее.

В начале выработки крепь установлена с шагом 0,5 м и имеет хорошее состояние, этому способствует наличие целика для охраны конвейерного уклона.

После разрезной печи состояние выработки резко ухудшается. Комплектность металлической крепи не соответствует паспорту крепления: расстрельных и крепежных хомутов не хватает. На ряде рам штрека в замках податливости устанавливается только по одному хомуту. Хомуты применяются разных типов. Затяжка во многих местах отсутствует. Это приводит к быстрой деформации и разрушению и крепи.

Усиление крепи ремонтными по линии лавы делается нерегулярно и является недостаточным, о чем свидетельствует поломка ремонтин, значительные деформации металлической крепи, разрывы хомутов и спецпрофиля стойки в узлах податливости.

Комплекс исследований в выработке проводился по двум методикам. Первая предполагала измерения параметров сечения крепи на замерных пунктах через определённые расстояния по всей длине выработки.

По второй методике выполнялась оценка изменений параметров сечения крепи от влияния очистных работ с установкой замерных станций впереди очистного забоя.

Как было показано в работах И.Н. Поповича [5], выполненных для схожих условий ОП «Шахта «Комсомольская» ГП «Антрацит», целесообразность повторного использования подготовительных выработок определяется требуемым остаточным сечением выработки, которое, помимо применения рациональных способов крепления и охраны выработки, можно обеспечить за счет проведения ремонтных работ, направленных на восстановление сечения (перекрепление, подрывка почвы выработки).

Выполним оценку степени снижения площади поперечного сечения выработки на разных этапах ее эксплуатации при отработке выемочного участка (рис. 5).

По результатам выполненных исследований установлено, что активизация смещений пород, деформаций крепи и снижение площади поперечного сечения выработки начинается за 70...80 м до подхода очистного забоя. Таким образом, средства усиления крепи и упрочнения массива целесообразно вводить не ближе указанного расстояния.

На протяжении этого участка выработки и до сопряжения его с линией очистного забоя, сечение выемочного штрека уменьшается по степенной зависимости вида:

$$S_{св} = 0,0005L^2 + 0,028L + 9,66, \quad (2)$$

где  $L$  – расстояние от замерной точки до линии очистного забоя, м.

При этом сечение выработки снижается от  $S_{св} = 13,6$  до  $S_{св} = 7,1 \text{ м}^2$ , что на сопряжении с лавой составляет 52,2% от первоначального сечения.

За лавой, на протяжении почти 800 м, сечение выработки практически не уменьшается (всего на  $0,5 \text{ м}^2$ ). Тем не менее, остаточное сечение пром. штрека после прохода первой лавы является недостаточным, поскольку, как было показано выше, влияние второй лавы приведет к снижению этого сечения еще на 50%. Необходимо также учесть, что потеря сечения выработки в зоне влияния первой лавы происходит неравномерно.

В зоне влияния движущейся лавы ширина выработки снижается от  $B = 4,44$  до  $B = 3,66$  м, что составляет 83,2% от первоначальной ширины (рис. 6). За лавой на протяжении 800 м ширина выработки уменьшается до значения  $B = 3,58$  м, т.е. еще на 2%.

Высота выработки до подхода лавы уменьшается от  $H = 3,85$  до  $H = 2,4$  м, что составляет 62,4% от первоначальной высоты. За лавой высота выработки уменьшается до значения  $H = 2,32$  м – всего на 2%.

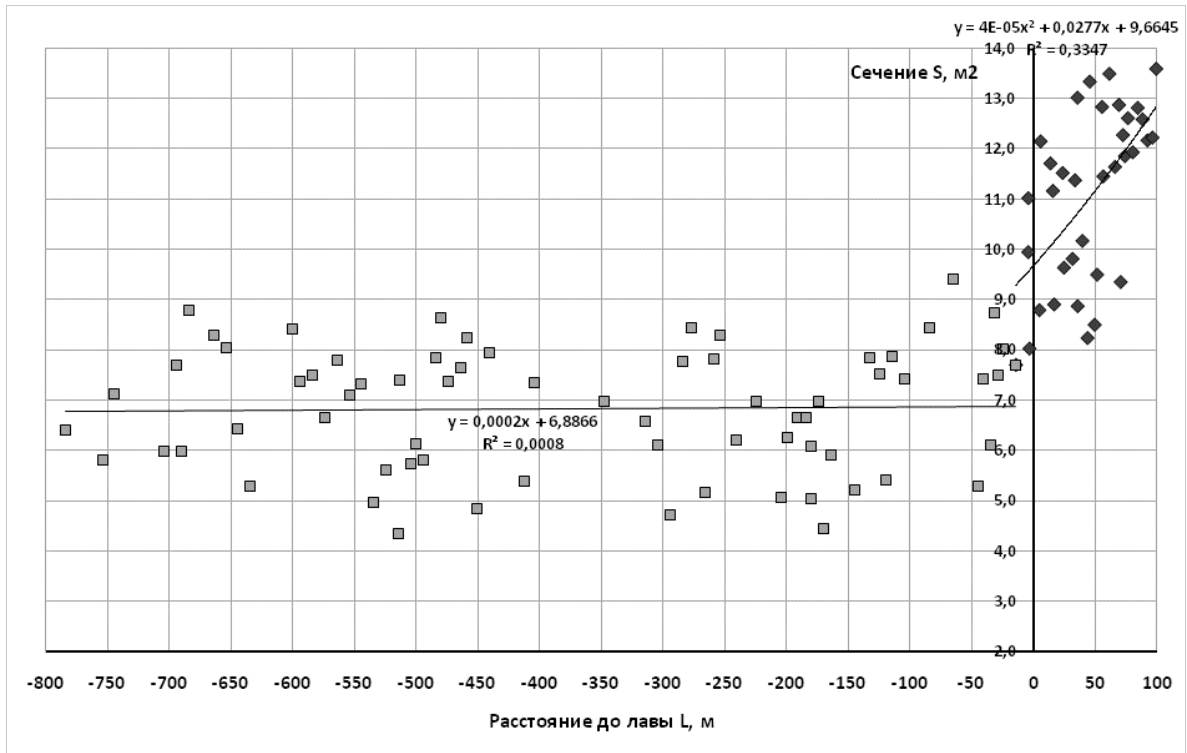


Рис. 5. Изменение сечения выработки по мере приближения очистного забоя

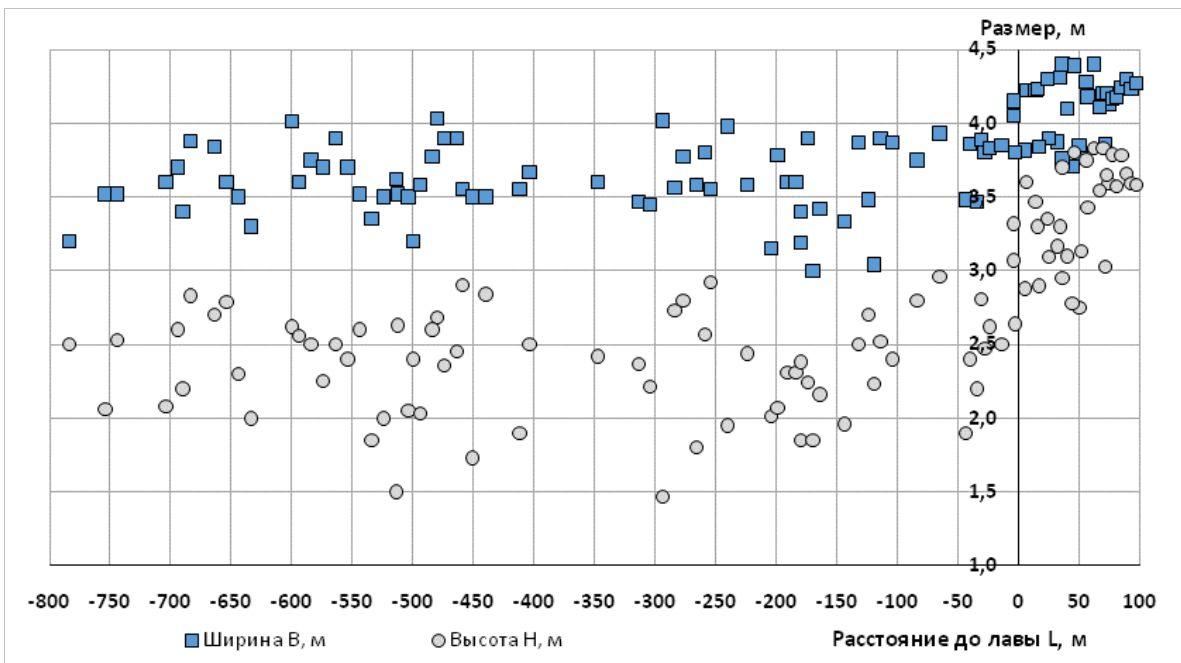


Рис. 6. Изменение размеров выработки по мере приближения очистного забоя

### Выводы

1. Установлено, что одной из основных причин плохого состояния обследованных штреков является несоблюдение паспорта проведения и крепления выработки. Это существенно уменьшает несущую способность крепи, провоцирует расслаивание приконтурных пород, зна-

чительно увеличивая нагрузку на крепь. Вследствие этого, рамная крепь выработки теряет работоспособность и требует перекрепления после прохода лавы.

2. В результате исследований, выполненных в выемочных выработках на разных этапах ее эксплуатации, установлено, что при подходе первой лавы и в зоне влияния второй лавы, изменение поперечного сечения пром. штрека подчиняется степенной зависимости. При этом влияние движущегося очистного забоя заметно на расстоянии 70...80 м, а конечная площадь сечения составляет 50% от его первоначальной величины.

3. В большей степени поперечное сечение уменьшается за счет смещений кровли, что предопределяет выбор конструктивных средств повышения устойчивости выработки, направленных на предупреждение деформаций пород кровли. Выполнение всех мероприятий по повышению устойчивости выработки целесообразно до влияния первой лавы.

4. Полученные в ходе шахтных исследований результаты являются исходными данными для численного моделирования поведения системы «подготовительная выработка-лава» на различных стадиях ведения горных работ при разных способах охраны объекта.

### Библіографічний список

1. Скипочка С.И., Усаченко Б.М., Куклин В.Ю. Элементы геомеханики углепородного массива при высоких скоростях подвигания лав. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2006. – 248 с.
2. Байсаров Л.В. Новые условия хозяйствования требуют новых технологических решений // Уголь Украины. – 2007. – № 7. – С. 3-6.
3. Ильяшов М.А. Перспективы использования комбинированного способа охраны сопряжений лав // Уголь Украины. – 2008. – № 4. – С. 8-11.
4. Солодянкин А.В., Машурка С.В., Дудка И.В. К вопросу об эффективности повторного использования выработок в сложных геомеханических условиях // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2015. – № 2 (16). – С. 99-109.
5. Попович І.М. Обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості підготовчих виробок глибоких шахт, що використовують повторно. Автореферат дис... к.т.н. НГУ, Дніпропетровськ. – 18 с.

Надійшла до редакції 18.04.2016

**О.В. Солодянкин, І.В. Дудка**

ДВНЗ «Національний гірничий університет», м Дніпропетровськ

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИЙМАЛЬНИХ ВИРОБКАХ ОП «Шахта «Партизанська» ДП «Антрацит»

У статті наведені результати шахтних досліджень деформаційних процесів у виїмкових виробках ОП «Шахта Партизанська» ДП «Антрацит». Комплекс досліджень включав візуальне обстеження стану виробок та інструментальні вимірювання деформацій металевого рамного кріплення. Встановлені основні фактори, які визначають стан виробок. Для різних етапів експлуатації виробки отримані залежності зміни параметрів площі перетину від відстані до лави.

**Ключові слова:** підготовча виробка, шахтні дослідження, деформація кріплення, лава.

**A.V. Solodyankin, I.V. Dudka**

State Higher Education Institution «National Mining University», Dnipropetrovsk

INVESTIGATION OF DEFORMATION PROCESSES IN EXTRACTION WORKINGS OF "Mine "Partizanskaya" SE "Anthracite"

The results of mining research of deformation processes in the extraction workings of "Mine "Partizanskaya" SE "Anthracite" are shown. Research complex include a visual examination of state developments and instrumental measurements of deformation of the metal frame support. The basic factors that determine the state of developments are set. For different stages of exploitation of workings dependences change sectional area parameters of the distance from the longwall.

**Keywords:** Preparatory development, mining studies, lining deformation, longwall.