

УДК 622.011.4

к.т.н. Князьков О. В.
 (ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, dmti_ot@mail.ru),
 д.т.н. Рябичев В. Д.
 (ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР),
 д.т.н. Спичак Ю. Н.,
 к.т.н. Палейчук Н. Н.
 (ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР)

О ВЛИЯНИИ ШИРИНЫ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА ЛАВЫ НА КОНВЕРГЕНЦИЮ ПОРОД В ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКЕ

Выполнено исследование конвергенции пород в подготовительной выработке, охраняемой целиками, при изменении ширины выработанного пространства. Установлен характер изменения относительных ширины и высоты выработки по замерным станциям во времени. Установлена зависимость относительной потери высоты и ширины уклона от ширины выработанного пространства.

Ключевые слова: выработка, уклон, конвергенция, замеры, относительные высота и ширина, ширина выработанного пространства, зависимость.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Обеспечение устойчивости выработок в зоне влияния лавы является актуальной научно-практической задачей, решение которой будет способствовать повышению технико-экономической эффективности работы выемочного участка путем снижения затрат на поддержание и ремонт выработок, а соответственно — участковой себестоимости угля. Выработанное пространство лав оказывает существенное влияние на эксплуатационное состояние повторно используемых охраняемых выработок, однако степень влияния является стохастической величиной в силу большого разнообразия горно-геологических условий, истории предварительного нагружения и многих случайных факторов [1–7].

Постановка задачи. Исследование геомеханических процессов является главной задачей геомеханики. Прогнозирование геомеханических параметров в настоящее время выполняется с использованием аналитических методов при решении задачи в упругопластической постановке и численными методами — конечных (МКЭ) и граничных (МГЭ) элементов. Однако ни

один из приведенных методов не дает точных результатов при определении, например, смещений пород на контуре выработки, поскольку упрощение исходной расчетной численной схемы не позволяет учесть все факторы, оказывающие влияние на степень и характер протекания геомеханических процессов, особенно в таких сложных условиях, как влияние лавы.

В связи с этим **целью** настоящей работы явилось эмпирическое исследование влияния ширины выработанного пространства лавы на конвергенцию пород в подготовительной выработке.

Объект исследования — геомеханические процессы в окрестности горной выработки, подверженной влиянию очистных работ.

Предмет исследования — закономерности деформирования пород в окрестности горной выработки, подверженной влиянию очистных работ.

Задачей настоящего исследования является определение характера влияния ширины выработанного пространства лавы на эксплуатационное состояние повторно используемой охраняемой подготовительной выработки — уклона № 5 восточного

крыла пласта h_{11} шахты 81 «Киевская» СП «Ровенькиантрацит».

Методика исследования. Проанализированы условия проведения, поддержания и охраны выработки. Выполнены натурные исследования изменения ширины и высоты выработки в уклоне № 5 пласта h_{11} шахты 81 «Киевская» СП «Ровенькиантрацит» на замерных станциях. Зафиксированы различия в значениях конвергенции пород на замерных станциях при различной ширине выработанного пространства. Методами математической статистики установлена зависимость потери относительных высоты и ширины выработки от ширины выработанного пространства.

Изложение материала и его результаты. Глубина заложения уклона № 5 составляет 600–680 м. Протяженность — 1500 м. Способ охраны выработки — оставление угольных целиков шириной по 30 м с обеих сторон уклона. Через каждые 100 м в охранных целиках на всем протяжении уклона проводились вентиляционные печи. Выработка была оборудована шестью замерными станциями, рассредоточенными по всей длине уклона с расстоянием между ними 100 и 200 м. Уклон сопряжен с 11-м конвейерным штреком пласта h_{11} и откаточным восточным штреком горизонта 560 м. На выработку оказывают влияние выработанные пространства и горные работы в лавах №№ 13^B и 16^B, оборудованных механизированными комплексами ЗМКД-90 с очистным узкозахватным комбайном РКУ-10. Монтажные камеры лав пройдены на отметке длины уклона 1460 м с охраной целиками угля шириной 60 м со стороны 11-го конвейерного штрека пласта h_{11} . Выработанное пространство и лава № 13^B имеют постоянную ширину по всей длине выемочного столба. Длина лавы № 13^B составляет 240 м, а лавы № 16^B — 200 м до длины 700 м по ходу с 11-го конвейерного штрека пласта h_{11} и уменьшается до 40 м на расстоянии 500 м от откаточного восточного штрека горизонта 560 м пласта h_{11} .

Изменение длины лавы, а соответственно, и длины выработанного пространства связано с влиянием горно-геологического нарушения. Уклон № 5 проведен буровзрывным способом с верхней подрывкой до 1,5 м, закреплен рамной металлической крепью АП-3 с шагом установки рам 1,0 м, сечением в свету 11,2 м².

В кровле выработки залегает сланец песчаный мощностью 0,2–0,3 м и песчаник мелкозернистый мощностью 0,7–1,2 м. Средняя прочность вмещающих пород 40–50 МПа. Угол напластования пород в исследуемой зоне 2–5°. В почве залегает сланец песчаный мощностью 0,9–1,1 м и песчаник крупнозернистый мощностью 3,6 м. Прочность пород почвы составляет 60 и 140 МПа соответственно.

При отработке лавы с восточной стороны 5-го уклона смещения пород в выработке не наблюдалось. При отработке лавы с западной стороны смещения начали проявляться еще при отходе от монтажного ходка на расстояние 60 м и продолжались еще 10 месяцев после ее отработки. Замеры смещений проводились на протяжении 24 месяцев. Точность измерений составила 0,001 м.

Максимальные смещения пород были зафиксированы с 60 по 40 ПК уклона № 5, где ширина выработанного пространства с обеих сторон составляла по 200 м. Потеря сечения на этом участке составила до 40 %. Максимальное значение потери площади поперечного сечения уклона № 5 в зоне снижения ширины выработанного пространства с 200 м до 50 м составило 24 %.

На протяжении периода исследований было выполнено шесть серий измерений с интервалом в три месяца.

На рисунке 1 представлены результаты замеров ширины и высоты выработки в относительных к проектному значению величинах на протяжении периода исследований по всем замерным станциям.

Исходное значение ширины составляло 4520 мм, а на момент окончания исследований — 3760 мм. Абсолютная потеря ши-

рины выработки составила 760 мм. Относительная потеря ширины в уклоне № 5 превысила в среднем 12 %.

На замерной станции № 1 при ширине выработанного пространства 40 м на последнем этапе замеров ширина выработки составляла 4300 мм, что соответствует 95 % проектного значения.

В месте установки замерной станции № 2 ширина выработанного пространства составила 90 м. Ширина выработки уменьшилась до 4150 мм по последнему замеру, что составляет 92 % проектного значения.

Ширина уклона № 5 в месте заложения замерной станции № 3 уменьшилась до 4002 мм, что составило 88,5 % от проектного значения при ширине выработанного пространства 145 м.

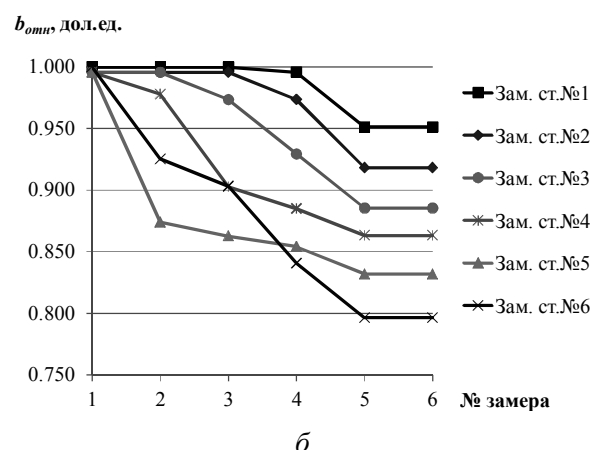
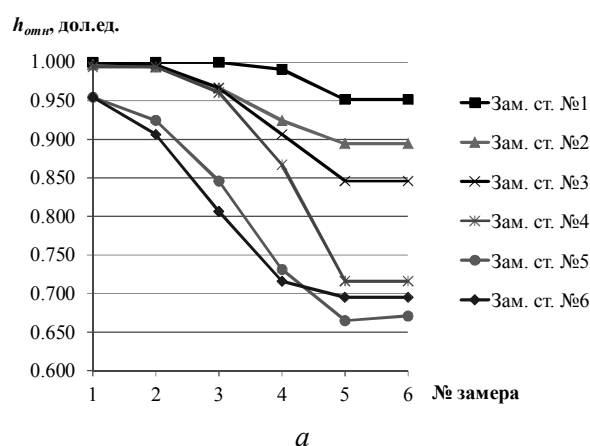


Рисунок 1 Относительная потеря высоты (а) и ширины (б) уклона № 5 восточного крыла пласта h_{11} шахты 81 «Киевская» Филиала № 2 ЗАО «Внешторгсервис» СП «Ровенькиантрацит»

Замер ширины выработки в месте заложения замерных станций №№4, 5 и 6 при ширине выработанного пространства 200 м показал значения 3902 мм, 3600 мм и 3760 мм, что составило соответственно 86 %, 79 % и 83 % от проектного значения. Средняя потеря ширины по всем станциям замера на всем протяжении уклона № 5 составляла 0,30 %, 3,90 %, 6,00 %, 8,77 %, 13,6 % и 13,6 % за 1-е, 2-е, 3-е, 4-е, 5-е и 6-е измерения соответственно.

Исходное значение высоты уклона № 5 составляло 3310 мм, а на момент окончания исследований — 2300 мм. Абсолютная потеря высоты выработки составила 1010 мм. Среднее значение относительной потери высоты по длине уклона № 5 составило 20,44 %.

На замерной станции № 1 при ширине выработанного пространства 40 м на последнем этапе замеров ширина выработки составляла 3150 мм, что соответствует 95 % проектного значения.

В месте установки замерной станции № 2 при ширине выработанного пространства 90 м ширина выработки уменьшилась до 2960 мм по последнему замеру, что составляет 89 % проектного значения.

Ширина уклона № 5 в месте заложения замерной станции № 3 уменьшилась до 2800 мм, что соответствует 85 % от проектного значения при ширине выработанного пространства 145 м.

Замер высоты выработки в месте заложения замерных станций №№4, 5 и 6 при ширине выработанного пространства 200 м показал значения 2370 мм, 2220 мм и 2300 мм, что составило соответственно 72 %, 67 % и 69 % от проектного значения. Средняя потеря высоты по всем станциям замера на всем протяжении уклона № 5 составляла 1,27 %, 3,10 %, 7,60 %, 14,4 %, 19,5 % и 19,5 % за 1-е, 2-е, 3-е, 4-е, 5-е и 6-е измерения соответственно.

Обработка материалов исследований методом математической статистики, в частности с использованием корреляционно-регрессионного анализа, позволила уста-

новить зависимость относительной потери высоты и ширины выработки от ширины выработанного пространства лав. Графически полученные зависимости представлены на рисунке 2.

Полученные зависимости с наибольшей точностью ($r^2=0,92$ и $r^2=0,95$) аппроксимируются степенными зависимостями вида

$$\Delta h_{отн} = 0,004 \cdot l_{в.п}^{1,559}, \quad (1)$$

$$\Delta b_{отн} = 0,0001 \cdot l_{в.п}^{2,139}, \quad (2)$$

где $\Delta h_{отн}$ — относительная потеря высоты подготовительной выработки, %; $\Delta b_{отн}$ — относительная потеря ширины подготовительной выработки, %; $l_{в.п}$ — ширина выработанного пространства, м.

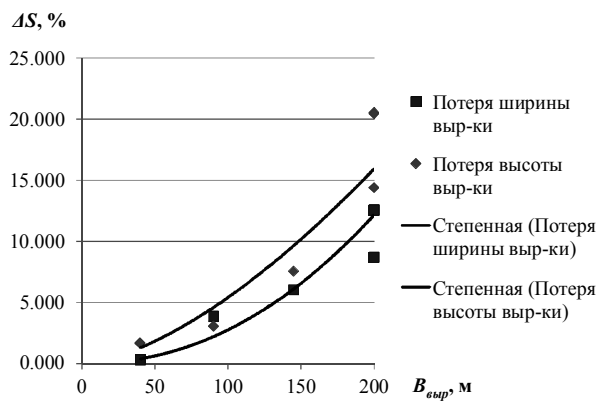


Рисунок 2 Зависимость относительной потери высоты и ширины уступа № 5 от ширины выработанного пространства

Библиографический список

1. Должиков, П. Н. Устойчивость выработок в интенсивно трещиноватых породах глубоких шахт [Текст] : монография / П. Н. Должиков, А. Э. Кипко, Н. Н. Палейчук. — Донецк : Світ книги, 2012. — 220 с.
2. Булат, А. Ф. Напряженно-деформированное состояние анизотропного породного массива при отработке угольных пластов [Текст] / А. Ф. Булат, О. В. Витушко, О. Г. Гоман. — Днепрпетровск : Полиграфист, 2000. — 216 с.
3. Колоколов, О. В. Влияние главенствующей трещиноватости горного массива на состояние очистного забоя [Текст] / О. В. Колоколов, А. А. Гайдай // Украинско-польский форум горняков — 2004 : материалы междунар. научно-практ. конф. — Днепрпетровск : НГУ, 2004. — С. 32–37.
4. Борзых, А. Ф. Содержание, ремонт и ликвидация выработок угольных шахт [Текст] : монография / А. Ф. Борзых, Ю. Е. Зюков, С. Н. Княжев. — Алчевск : ДонГТУ, 2004. — 614 с.
5. Фадеев, А. Б. Метод конечных элементов в геомеханике [Текст] / А. Б. Фадеев. — М. : Недра, 1987. — 221 с.

Полученные зависимости справедливы при следующих значениях входящих в них параметров: $l_{в.п}=40\dots 200$ м, $h=2300\dots 3310$ мм, $b=3760\dots 4520$ мм, где h и b — соответственно высота и ширина выработки, м.

Таким образом, переход от абсолютных к относительным единицам при натурных замерах позволяет сопоставлять и анализировать результаты замеров в выработках различного размера поперечного сечения.

Выводы и направление дальнейших исследований. Вышеизложенное позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Абсолютная потеря ширины и высоты выработки при натурных замерах составила соответственно 760 и 1010 мм.

2. Относительная средняя по длине уступа потеря ширины и высоты выработки составила соответственно 12 % и 20,44 %.

3. Установлена зависимость относительной потери высоты и ширины выработки от ширины выработанного пространства при натурных исследованиях. С наибольшей достоверностью полученная зависимость описывается степенной функцией.

К направлению дальнейших исследований относится расширение горно-геологических условий исследований и создание универсальной математической модели влияния ширины выработанного пространства лавы на конвергенцию пород в подготовительной выработке.

6. Dolzhikov, P. *About the influence of intense fracturing on the stability of horizontal workings of Eastern Donbass mines [Text]* / P. Dolzhikov, N. Paleychuk // *Technical and Geoinformational Systems in Mining : School of Underground Mining 2011.* — AK Leiden, The Netherlands : CRC Press/Balkema, 2011. — P. 157–162.

7. Пронский, Д. В. *О влиянии пространственной ориентации кливажа на напряженно-деформированное состояние призабойного массива [Текст]* / Д. В. Пронский, Н. Н. Палейчук, О. А. Рыжикова // *Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета.* — 2015. — Вып. 5 (45). — С. 29–35.

© Князьков О. В.

© Рябичев В. Д.

© Спичак Ю. Н.

© Палейчук Н. Н.

Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТИ Леоновым А. А., зам. дир. по проектированию ГУП ЛНР «ЛНИПКИУГЛЕОБОГАЩЕНИЕ» Герасько О. А.

Статья поступила в редакцию 15.03.2021.

PhD in Engineering Kniazkov O. V. (*DonSTI, Alchevsk, LPR, dmimi_ot@mail.ru*),

Doctor of Technical Sciences Riabichev V. D. (*LSU named after V. Dahl, Lugansk, LPR*),

Doctor of Technical Sciences Spichak Yu. N., Paleyichuk N. N. (*DonSTI, Alchevsk, LPR*)

INFLUENCE OF THE WORKED-OUT AREA OF LONG WALL FACE WIDTH ON ROCK CONVERGENCE IN PRELIMINARY DEVELOPMENT

Study of rock convergence in preliminary development protected by pillars while changing the width of worked-out area is performed. The nature of changing the relative width and height of development by measuring stations in time is determined. Dependence of relative loss of height and width of the slope on width of worked-out area is specified.

Key words: *development, slope, convergence, measurements, relative height and width, width of worked-out area, dependence.*