

УДК 622.28.044:622.261.2

А. О. Новиков, Ю. А. Петренко, И. Н. Шестопапов, А. В. Резник

*ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», Донецк, Украина*

## Обоснование предельных сроков применения дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости горных выработок

В статье описаны результаты шахтных наблюдений за деформированием породного массива, вмещающего выработки с рамным креплением

Ключевые слова: крепь, замерная станция, репер, зона разрушенных пород, смещения реперов во времени

### Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями

Угольная промышленность – одна из ведущих отраслей народного хозяйства, важнейшая задача, которой в условиях рыночной экономики состоит в повышении эффективности производства и снижении себестоимости продукции. Большим резервом повышения эффективности работы угольных шахт является своевременное применение способов охраны горных выработок, так как в себестоимости одной тонны угля до 45 % занимают затраты на поддержание.

Применяемая в настоящее время металлическая арочная крепь, которой закреплено до 90 % протяженности поддерживаемых горных выработок, практически исчерпала свои возможности и не обеспечивает устойчивое состояние выработок на больших глубинах, так как ее конструкция и параметры не соответствуют условиям нагружения. В настоящее время до 15 % поддерживаемых выработок ремонтируются с затратами на ремонт до 15000 грн./м. Существенно улучшить состояние выработок можно путем применения дополнительных мероприятий (нагнетание скрепляющих растворов, анкерование и др.), позволяющих управлять напряженно-деформированным состоянием массива и использовать его несущую способность. Вместе с тем, опыт применения таких мероприятий (в частности рамно-анкерной крепи) показывает, что технический эффект существенно зависит от своевременности их реализации. Как показывают проведенные исследования [1], выполнение локальных дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработок после образования зоны разрушенных пород на глубину более половины ширины выработки, технически неэффективно. Так, в настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по определению времени и места установки анкеров относительно проходческого забоя. В этой связи установление особенностей формирования вокруг выработок зоны разрушенных пород во времени является весьма актуальной задачей.

### Анализ исследований и публикаций

В научно-технической литературе представлено большое количество работ, посвященных изучению механизма формирования вокруг горных выработок зоне неупругих деформаций и прогнозированию проявлений горного давления. Это работы В.Т. Глушко, Л.М. Ерофеева, Ю.З. Заславского, А.Н. Зорина, К.В. Кошелева, Н.Н. Касьяна, И.Л. Черняка, А.Н. Шашенко, и др. В этих работах подробно изложены результаты шахтных инструментальных наблюдений за механизмом формирования вокруг выработок зоны неупругих деформаций, однако при этом в ней не выделяется зона разрушенных пород, отделившихся от массива. Вместе с тем размеры этой зоны и время ее формирования и определяют сроки выполнения дополнительных мероприятий по повышению устойчивости.

**Задачей данных исследований** являлось установление особенностей формирования зон разрушенных пород во времени, вокруг выработок с рамным креплением, для обоснования сроков выполнения дополнительных мероприятий, направленных на повышение устойчивости выработок (в том числе – сохранение природной прочности вмещающих пород).

### Основные результаты

Для решения поставленной задачи анализировались результаты шахтных инструментальных наблюдений по 13 глубинным замерным станциям, выполненных проф. И.Л. Черняком, проф. Ю.З. Заславским и авторами статьи. Характеристика горно-технических условий в местах заложения замерных станций представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика горно-технических условий в местах заложения замерных станций

№ замерной станции	Название выработки	Наименование вмещающих пород	Средняя прочность пород, МПа	Глубина заложения выработки, м	Сечение выработки в свету, м	Тип крепи	Критерий устойчивости пород, $\gamma H/\sigma_{сж}$ , ед.
1	2-й западный конвейерный штрек пл. $h_8$ шахты «Шахтерская Глубокая»	ПС	50	1050	13,5	КМП-А5	0,525
2	6-й восточный вентиляционный штрек пл. $l_4$ шахты им. Челюскинцев	ПС	46	720	7,0	КМП-А3	0,391
3	Восточный кор. полевой вентиляционный штрек шахты «Бутовская Глубокая»	ПС	34-42 (38)	1006	11,2	КМП-А3	0,662
4	Восточный парн. полевой вентиляционный штрек шахты «Щегловка Глубокая»	ГС	32	780	8,9	КМП-А3	0,609
5	Восточный полевой вентиляционный штрек шахты «Мушкетовская-Заперевальная №2»	ПС и П	48-55 (51)	700	11,2	КМП-А3	0,330
6	Транспортный ходок западного панельного уклона. №2 пл. $m_2$ шахты «Чекист»	ПС	45	780	10,0	КМП-А3	0,433
7	Восточный полевой штрек шахты «Бутовская-Глубокая»	П	71	1006	14,4	КМП-А3	0,354
8	9-й западный конвейерный штрек пл. $m_3$ шахты им. А.Ф. Засядько	ГС	32	950	13,8	КМП-А5	0,742
9	6-й южный бортовой ходок бл. №2 пл. $l_7$ шахты им. Стаханова	ПС	50	860	11,2	КМП-А3	0,430
10	4-й северный. бортовой. ходок пл. $l_3$ шахты им. Стаханова	ПС	50	950	14,4	КМП-А3	0,475
11	5-й откаточный штрек пл. $m_2$ шахты №10 «Чекист»	ПС	35	780	10,0	КМП-А3	0,557
12	5-й северный конвейерный штрек пл. $m_4^0$ шахты «Добропольская»	ГС	36	620	11,2	КМП-А3	0,417
13	5-й северный конвейерный штрек пл. $m_4^0$ шахты «Добропольская»	ГС	36	620	11,2	КМП-А3	0,417

Результаты наблюдений обрабатывались в виде графиков смещений глубинных реперов в скважинах, а также графиков изменения относительных деформаций пород на участках между реперами.

Размеры зоны разрушенных пород определялись по величине предельных относительных деформаций вмещающих пород. Породы, на участке скважины между глубинными реперами считались разрушенными, если величина относительных деформаций превышала предельное

значение. Согласно исследованиям, проведенным в МГТУ под руководством И.Л. Черняка [2] предельные относительные деформации для глинистого сланца составляют  $3 \times 10^{-2}$ , а для песчаного сланца  $2 \times 10^{-2}$ . Предельное значение относительных деформаций ( $\epsilon_{пр}$ ) определялось по формуле:

$$\epsilon_{пр} = \frac{U_1 - U_2}{b}, \quad (1)$$

где  $U_1$  и  $U_2$  – смещения соответствующих реперов, мм.

$b$  – расстояние между соседними реперами, мм.

Анализ графиков (рис. 1) показал, что характер смещений пород на всех замерных станциях существенно не отличается. В качестве примера рассмотрим результаты наблюдений на 9-й замерной станции.

Выработка площадью сечения в свету  $11,2 \text{ м}^2$  сооружалась на глубине 860 м комбайновым способом. Вмещающие породы – мелко-слоистый песчаный сланец мощностью 14 м, с пределом прочности на одноосное сжатие 50 МПа. Крепление ходка осуществлялось податливой крепью АП-3, с плотностью установки 2 рамы на 1 метр. В скважине, пробуренной в кровле выработки, было установлено 7 реперов. Расстояние от контурного до первого репера и между первым, вторым, третьим и четвертым реперами составляло 1,0 м, между четвертым и пятым – 3,0 м, а между пятым и шестым – 2,0 м. Графики смещений глубинных реперов во времени и изменения коэффициента разрыхления на участках скважины между реперами представлены на рис.1 и 2.

Как видно из представленных графиков (см. рис.2), зона разрушенных пород в кровле начала образовываться на десятые сутки наблюдений. Ее размер составил 2,5 м (значение коэффициента разрыхления составляет 1,13, а размер зоны не упругих деформаций в кровле – 7 м). К 120 суткам наблюдений размер зоны разрушенных пород в кровле выработки достигает 4,3 м (максимальное значение относительных деформаций 0,26 зафиксировано на участке скважины между контурным и вторым реперами), при этом размер зоны неупругих деформаций в кровле составил 9 м.

Аналогичные результаты были получены и на других замерных станциях. Для анализа результатов наблюдений были построены графики изменения размеров зоны разрушенных пород во времени (рис.3).

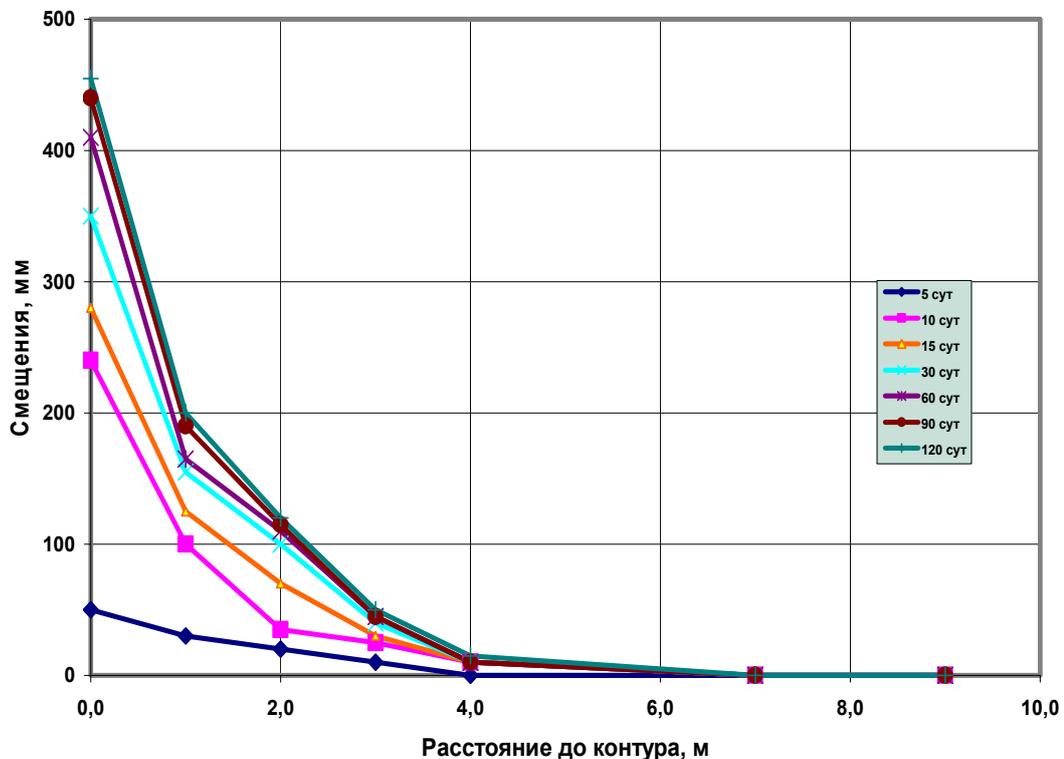


Рис. 1. Графики смещений глубинных реперов в кровле выработки во времени

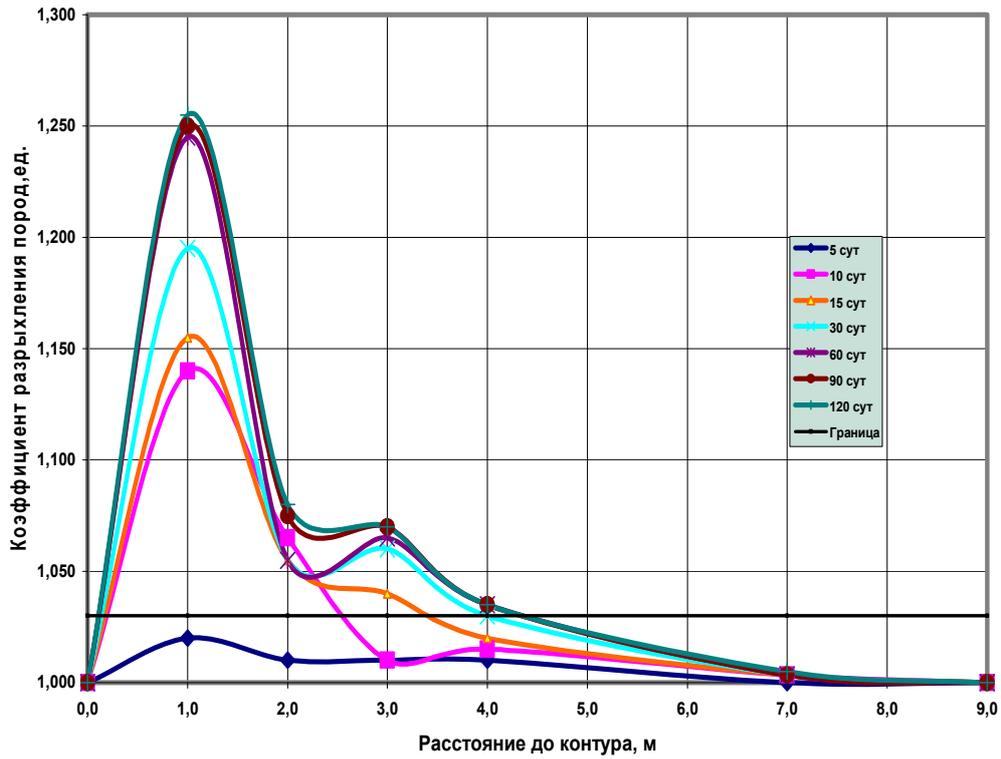


Рис.2. Графики изменения коэффициента разрыхления пород между глубинными реперами во времени

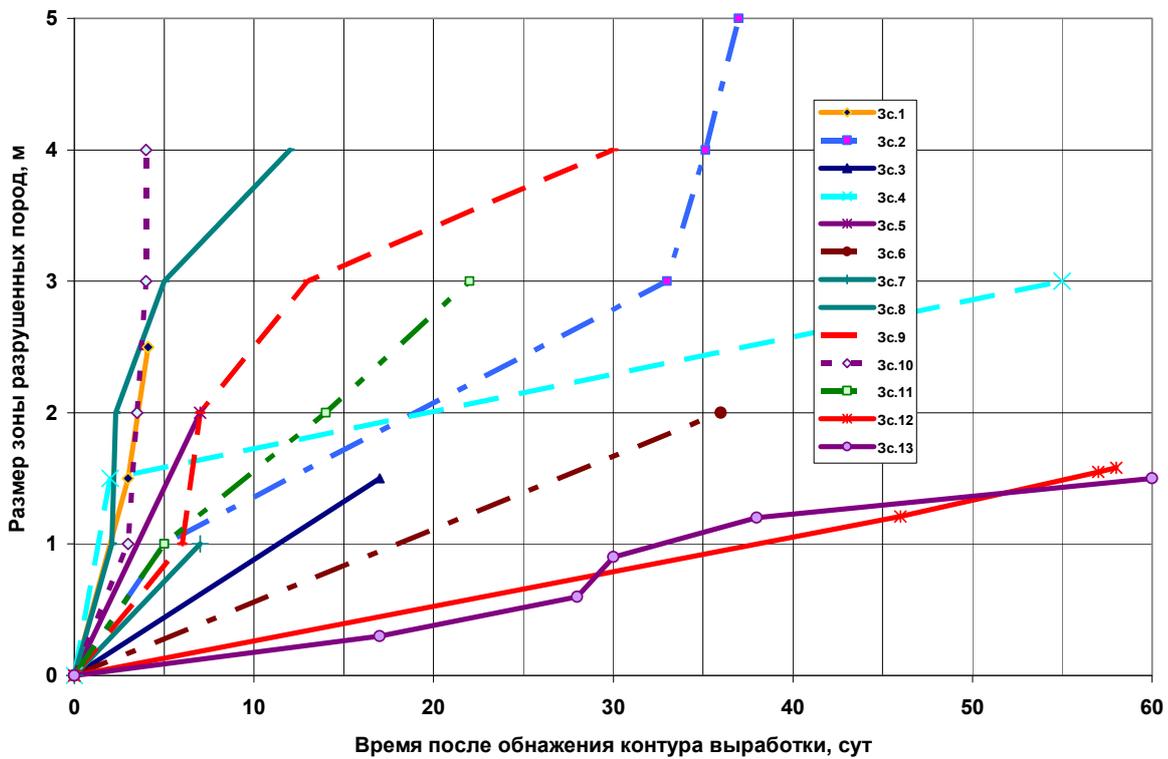


Рис.3. Графики изменения размера зоны разрушенных пород во времени на замерных станциях

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. В зависимости от горно-геологических условий зона разрушенных пород вокруг выработок начинает образовываться уже через 2-32 суток после проведения выработки, причем большая интенсивность ее образования характерна для глубины заложения более 900 м.
2. На глубину 2 м зона разрушенных пород образуется через 3-36 суток, что фактически ограничивает предельные сроки применения дополнительных мероприятий по повышению устойчивости выработок, направленных на сохранение природной прочности вмещающих пород.
3. С увеличением значения критерия устойчивости с 0,33 до 0,74 средняя скорость образования зоны разрушенных пород возрастает в 3-4 раза, достигая 0,5-0,8 м/сут.

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методики прогноза размеров зоны разрушенных пород во времени.

### Библиографический список

1. Новиков А.О. Развитие научных основ управления устойчивостью выработок с использованием анкерных систем. [Текст] : дис. ... докт. техн. наук: 05.15.02 : защищена 07.07.2011 / Новиков Александр Олегович — Донецк, 2011. — 479 с.
2. Черняк И.Л. Повышение устойчивости подготовительных выработок. – М.: Недра, 1993. – 256с.

Поступила в редакцию 17.12.11.

А. О. Новіков, Ю. А. Петренко, І. Н. Шестопалов, А. В. Резнік  
*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Донецьк, Україна*

#### Обгрунтування граничних термінів застосування додаткових засобів, що спрямовані на підвищення стійкості гірничих виробок

У статті описано результати шахтних спостережень за деформуванням порідного масиву, що вміщує виробки з рамним кріпленням.

Ключові слова: кріплення, вимірні станція, репер, зона зруйнованих порід, зміщення реперів у часі.

A. O. Novikov, Y. A. Petrenko, I. N. Shestopalov, A. V. Reznik  
*Donetsk national technical university, Donetsk, Ukraine*

#### Justification deadlines of additional measures aimed at improving the stability of mine workings

In article results of mine tool supervision over displacement of the rock massif containing mining with frame lining are described

Keywords: lining, metering station, a frame, the zone of damaged rock displacements in time frames.