

С.С. Гребенкин, д-р техн. наук (ДГУУ),

В.Д. Рябичев, д-р техн. наук (ВНУ им. Даля),

Б.А. Перепелица, горный инженер (ГП «Донбассантрацит»)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЙ

Розглянуто результати експериментальних досліджень геомеханічних параметрів вивалоутворень при проведенні та підтримці гірничих виробок для обґрунтування засобів підвищення їх стійкості

THE EXPERIMENTAL RESEARCH OF PROCESSES OF THROWING

The results of experimental research of geomechanical parameters of throwing during building and supporting of the underground structure for the basing of methods of it's strengthening are considered

Актуальность работы. Явление вывалообразования отрицательно сказывается на состоянии породного массива при проведении и эксплуатации горных выработок. Теоретически обоснованные способы предупреждения вывалообразований требуют экспериментального подтверждения в шахтных условиях, что обуславливает актуальность работы

Цель работы – экспериментальные исследования процессов вывалообразования путем инструментальных наблюдений в шахтных условиях.

Содержание работы. Рассмотрим характеристики замерных станций.

Подготавливающие и подготовительные выработки в основном поддерживаются металлической податливой крепью (до 70%) [1,2]. Учитывая объем применения податливой крепи, инструментальные исследования проводились в выработках, поддерживаемых металлической податливой крепью.

Замерные станции, состоящие из трех замерных пунктов (рис. 1), оборудовались глубинными (4) и контурными (5) реперами, насечкой (3) на элементах постоянной крепи и скважинами (7) для прибора РВП-4.

Глубинные реперы закладывались на расстоянии от породного контура в массив до 3 м, через 0,5 м. Устье скважины оборудовалось обсадными трубами (6). Глубинный репер состоит из закрепляющих анкеров (а) и струн (б), выходящих в выработку и снабженных номерными бирками. Изменение положений бирки относительно «базовой», соответствующей наиболее удаленному реперу (размер X , X_1 , X_2 и т.д), характеризовало начало и величину движения соответствующего закрепляющего анкера (смещения пород в глубине массива). Изменение положений насечек и контурных реперов проводилось маркшейдерской рулеткой ВНИМИ методом парных реперов и треугольника. Было оборудовано две комплексных замерных станции, шесть замерных станций оборудовались контурными реперами, скважинами и насечками на крепи, четыре – контурными реперами и насечками (табл. 1). Условия заложения замерных станций достаточно полно характеризуют горно-геологические и технические условия интенсивного ведения горных работ ($\sigma_{сж} = 32 \dots 80$ МПа; глубина – 640...1100 м).

Наблюдения имели периодичность: первый месяц – один раз в неделю, далее – от I раза в месяц до I раза в квартал.

Исследования, проведенные в работе, имели цель установить последовательность геомеханических процессов, определяющих возможность вывалообразования, и оценить их количественные значения.

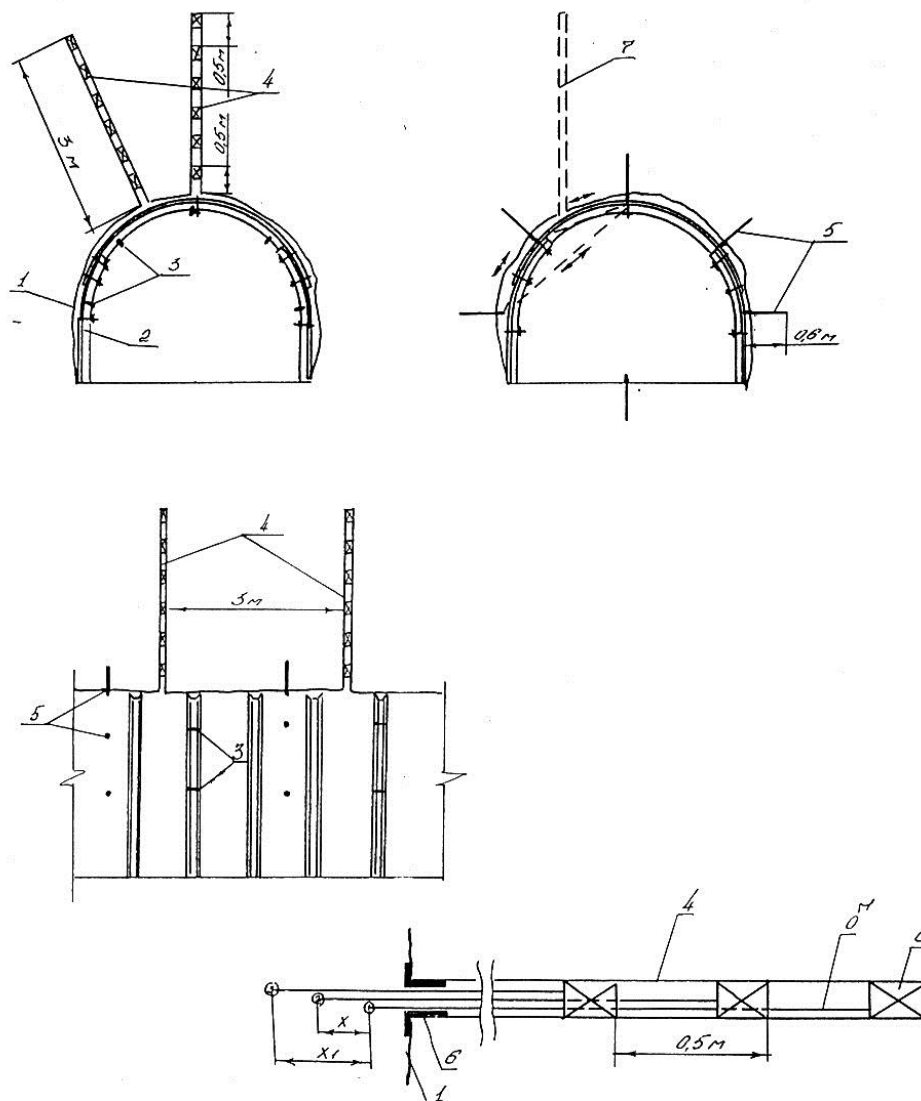


Рис. 1. – Схема комплексной замерной станции
 1 – породный контур выработки; 2 – постоянная крепь;
 3 – насечки на элементах крепи; 4 – глубинные реперы;
 5- контурные реперы; 6 – обсадная труба; 7 – скважина для РВП

Наблюдения, проведенные в полевом штреке гор. 960 м шахты «Комсомолец», характеризуют начало геомеханических процессов, как смещения породных обнажений без расслоений и радиальных трещинообразований. При смещениях 120...140 мм (кровля) было отмечено расслоение пород в глубину от контура 0,75...1,0 м. При смещениях 200...250 мм участок расслоения пород составил 1,5...2,0 м. При этом четко прослеживался прогиб пород и частичное появление радиальных трещин. При расширении выработки (в том числе под-

дирка почвы и замена отдельных арок крепи) выпуск породы не производился (120 суток наблюдений). При «смещениях» (суммарных) 300...350 мм наблюдалось интенсивное развитие радиальных трещин, наличие которых в сочетании с трещинами расслоения (0) привело к вывалообразованию ($h_1 = 2.8\text{ м}$; $v_1 = 3,1\text{ м}$) и необходимости восстановления выработки.

Таблица 1

№ п/п	Место установки, выработка, гор., шахта, ПО	Вмещающие породы, $\sigma_{сж}$, МПа	Оборудование за- мерной станции
1	Полевой штрек гор. 960м «Комсомолец»	ПГС; 32...44	КР, скв., насечки
2	Штрек гор. 502м «Новодзержинская»	ПС; 48...54	ГР, КР, насечки, динамометры
3	Откаточный штрек I ₅ гор. 810м «Торецкая»	ПК; ПС; 65...70	КР, насечки
4	Штрек гор. 580м «Новодзержинская»	ПС; 45	ГР, КР, насечки, динамометры
5	Полевой штрек гор. 710м «Торецкая»	ПГС; 48...52	КР, скв., насечки
6	Квершлаг гор. 850 м «Комсомолец»	ПГС; 48...52	КР, скв., насечки
7	Зап. квершлаг гор. 710м «Торецкая»	ПК; 58...80	КР, скв., насечки
8	Квершлаг гор. 810м «Торецкая»	ПК; ПС; 48...60	КР, насечки
9	Квершлаг гор. 710м «Торецкая»	ПС; ПГС; 42...58	КР, скв., насечки
10	Штрек гор. 960м «Комсомолец»	ПС; ПГС; 42...50	КР, насечки

Обозначения: ГР – глубинные реперы; КР – контурные реперы; скв. – скважины для прибора РВП-4; ПК – песчаник; ПС – песчанистый сланец; ПГС – песчано-глинистый сланец

Исследования процесса расслоения крепких пород с помощью РВП-4 (6 скважин глубиной 3,0 м) проводилось в квершлаг гор. 990 м шахты им. Стаханова ПО "Красноармейскуголь", сооруженном в слоистых песчаниках ($\sigma_{сж} = 58...80\text{ МПа}$ –2 скважины) и однородных песчаниках ($\sigma_{сж} = 58...83\text{ МПа}$ – 4 скважины). При смещениях породного контура выработки 90...100 мм (рис. 2) в слоистых песчаниках наблюдалось расслоение без прогиба и радиальных трещин. При смещениях 120...140 мм расслоение развивалось в глубину массива (1,8...2,0 м), отмечено появление радиальных трещин и прогибов отдельных слоев. При смещениях 100 мм и более наблюдалось интенсивное радиальное трещинообразование с раскрытием трещин 3...5 мм (в отдельных случаях 10...12 мм).

В однородных песчаниках процесс расслоения зафиксирован на 30 сутки наблюдений при смещениях до 110 мм, при смещениях до 100 мм расслоения не зафиксировано (4 пункта наблюдений). При смещениях породного контура 120...140 мм трещина расслоения (на расстоянии от контура 1,4...1,5 м) имела толщину 5...10 мм на 40 сутки наблюдений, а на 60 сутки наблюдений при смещениях 160 мм раскрытие трещины составило 23...30 мм и отмечено появление радиальных трещин.

На участке наблюдений было проведено укрепление пород и смещения стабилизировались (рис. 2, кривая 1).

На рисунке: l - длина ремонтируемого участка; 1 – юж. квершлаг гор. 710 м шахты «Торецкая», песчаники $\sigma_{сж} = 58...80$ МПа; 2 – вост. квершлаг гор. 710 м шахты «Торецкая», песчаники, песчаные сланцы $\sigma_{сж} = 52-62$ МПа; 3 – полевой штрек гор. 960 м шахты «Комсомолец», песчано-глинистые сланцы $\sigma_{сж} = 32...44$ МПа; 4 – полевой штрек гор. 810 м шахты «Торецкая», песчано-глинистые сланцы $\sigma_{сж} = 48...52$ МПа; 5 – штрек пласта l_4 гор. 530 м шахта «Новодзержинская», песчано-глинистые сланцы $\sigma_{сж} = 40...52$ МПа

На рис. 3 представлены результаты инструментальных замеров, характеризующие процесс развития вывалообразований.

На рисунке: 1 – полевой штрек гор. 710 м, шахта «Торецкая», ПГС, $\sigma_{сж} = 48...52$ МПа; 2 – полевой штрек гор. 960 м шахты «Комсомолец», ПГС, песчаники, $\sigma_{сж} = 32...44$ МПа; 3 – штрек гор. 530 м шахты «Новодзержинская», ПС, $\sigma_{сж} = 45$ МПа; 4 – штрек гор. 502 м шахты «Новодзержинская», ПС, $\sigma_{сж} = 48...54$ МПа; 5 – откаточный штрек пласта l_5 гор. 810 м шахты «Торецкая», ПК, $\sigma_{сж} = 65...70$ МПа.

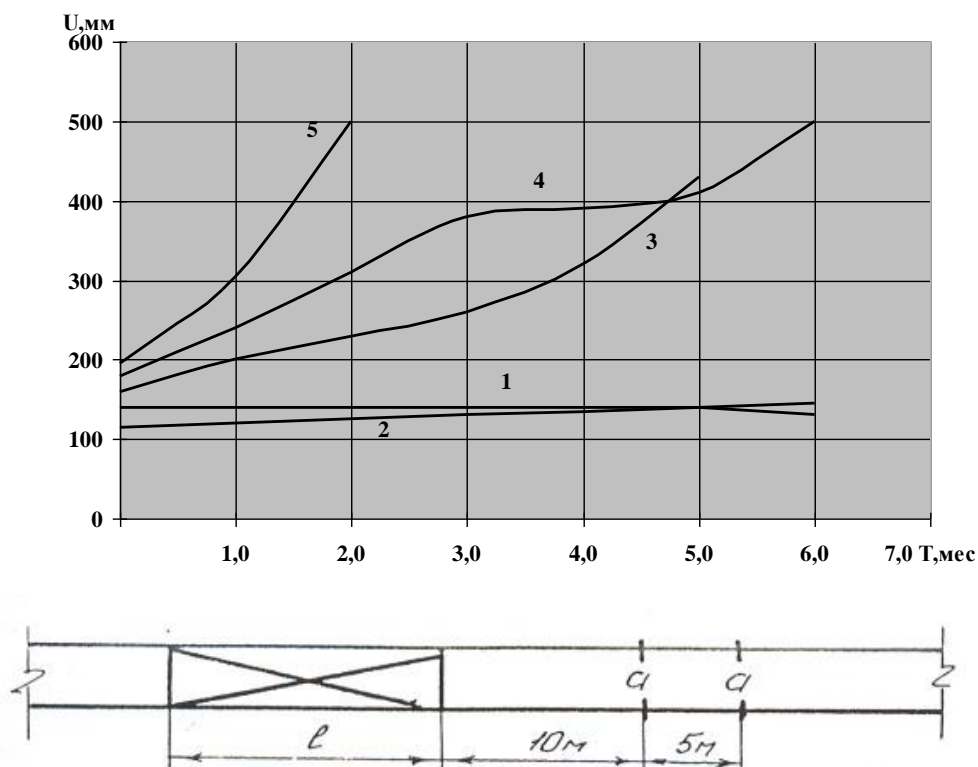


Рис. 2. Графики смещений пород на смежных с ремонтируемыми участками выработки

На основании проведенных исследований характер формирования вывалообразований представлен последовательностью следующих геомеханических процессов:

а – смещения породного контура (110...170 мм) без расслоений и радиального трещинообразования, изменение степени нарушенности массива при этом не отмечается;

б – смещения породного контура (до 175...270 мм) с интенсивным расслоением и началом развития радиальных трещин (наблюдается прогиб отдельных слоев независимо от начального состояния массива); расслоение характерно как

для слоистого, так и для однородного массива: при слоистом массиве толщина слоев характеризуется расстояниями между контактами напластований 0,6...1,3 м (до 15%), как исключение до 2,2 м, при однородном массиве толщина образуемых слоев непосредственно зависит от прочности пород и находится в пределах 0,25...1,5 м (табл. 2); при этом наблюдается дополнительное расслоение на отдельных участках слоев при увеличении смещений и проявлении их прогибов, а начальное развитие трещин практического значения не имеет, так как глубина их развития не превышает 0,3 м, а раскрытие – 0,5 мм;

в – смещения породного контура (до 250...450 мм) с прогибом слоев и развитием радиальных трещин; фиксируемое распространение радиальных трещин в глубину массива составляет 0,3...1,0 м, а на участках системы выработок (сопряжения, пересечения) – 1,5...2 м; в одиночной выработке радиальные трещины распределяются относительно равномерно по периметру (кроме почвы) в количестве 2–3 на 1 м периметра (в сечении) и направлены по ее длине (75...83%), отклонение от направления продольной оси (до 10%) имеет 15...25% трещин.

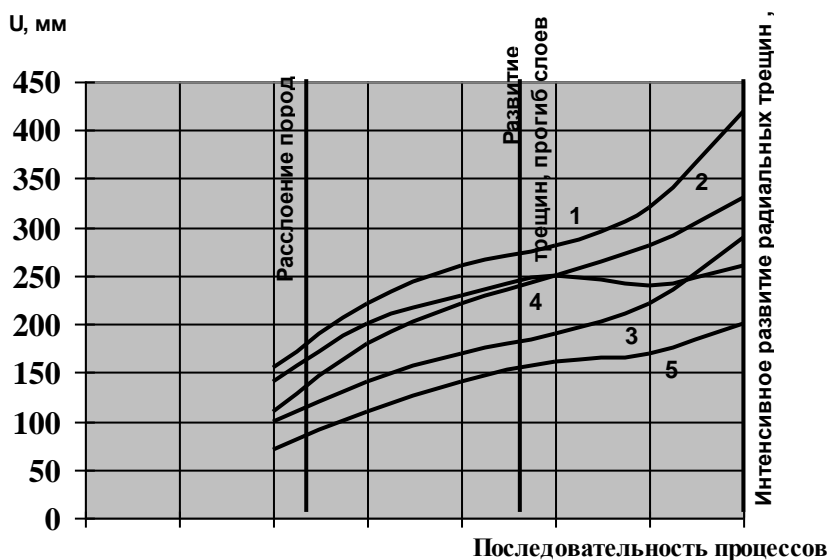


Рис. 3. Смещения породных обнажений, характеризующие последовательность геомеханических процессов в массиве

Таблица 2

Наименование пород	Прочность на сжатие, МПа	Толщина слоев, м
Глинистые сланцы	до 40	0,25...0,5
Песчано-глинистые сланцы	40 – 45	0,5...0,75
Песчанистые сланцы	45 – 55	0,75...1,0
Песчаники	60 и более	1,25...1,5

Обобщенные результаты инструментальных наблюдений за геомеханическими процессами во вмещающей выработке представлены в табл. 3, где:

а – смещения породных обнажений выработки без расслоения;

б – расслоение;

в – прогиб слоев и развитие радиальных трещин, вывал.

Выводы. В слоистых породах интенсивность геомеханических процессов, предшествующих вывалообразованию, на 47% выше, чем в однородных. Независимо от строения массива, прочностная характеристика пород оказывает непосредственное влияние на критические (соответствующие определенному процессу) смещения в пределах 12...53%. В более крепких породах критические смещения меньше.

Таблица 3

№ п/п	Строение массива, прочность пород, МПа	Характеристика процесса	Смещения, мм	
			min	max
Однородное				
1	до 40	а	110	130
		б	140	200
		в	170	270
		г	230	430
2	40 – 60	а	100	120
		б	120	160
		в	140	175
		г	175	250
3	60 и более	а	90	110
		б	110	140
		в	140	175
		г	175	230
Слоистое				
4	до 60	а	100	120
		б	120	140
		в	130	150
		г	150	200
5	60 и более	а	90	110
		б	100	120
		в	120	150
		г	140	175

В однородных крепких породах (песчаник с прочностью на сжатие 80 МПа и более), наблюдаемые деформационные процессы имеют менее выраженный характер, трещинообразования развиваются в глубину массива до 0,5 м (в том числе и технологические при качественном ведении горных работ) и практически не пересекаются, вывалообразований не наблюдается.

В этой связи степень нарушенности породного массива, причиной которой может быть и качество ведения горных работ, будет непосредственно влиять на развитие вывалообразований и должно учитываться при его прогнозе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М. Геомеханика охраны выработок в слабометаморфизованных породах / Б.М. Усаченко, Е.П. Чердниченко, И.Е. Головчанский - Киев: Наукова думка, 1990. - 144с.
2. Зорин А.Н. Предупредительное укрепление неустойчивых пород при ремонте выработок / А.Н. Зорин, Ю.В. Денисов, А.Д. Углов // Уголь Украины.–1988.– № 9. – С. 3–6.