



**А. Ф. БОРЗЫХ**, доктор техн. наук



**В. Н. СИДОВ**, магистр



**К. Е. СКРЫПНИК**, инж.



**Е. В. ТРОФИМОВ**, инж.



**Г. А. КОБЗАРЬ**, магистр

622.261.27:262.834

# Завалы выемочных выработок глубоких антрацитовых шахт

Рассмотрены особенности, причины и параметры завалов выемочных выработок, определены предпосылки их локализации в условиях глубоких антрацитовых шахт.

**Ключевые слова:** шахта, выработка, устойчивость, завал.

**Контактная информация:** vova\_sid@mail.ru

**Р**азработка угольных пластов сопровождается образованием в массиве пустотного пространства (подземной выработки), провоцирующего изменение исходного напряженно-деформированного состояния слагающих его пород, что вызывает потерю структурно-прочностных свойств, деформации и разрушения.

В выемочных выработках, даже в условиях высокометаморфизованных углевмещающих пород при отработке пластов, особенно на большой глубине, все чаще наблюдаются полные или частичные завалы, которые приводят к аварийным остановкам очистных работ и снижению нагрузки на лаву. Профилактические меры по устранению завалов в сопряженных с лавой выработках, а также прогнозирование их параметров в отраслевых нормативных рекомендациях не рассматриваются [1]. Таким образом, вопрос образования завалов вокруг выработок, подверженных непосредственному влиянию очистных работ, актуален как с точки зрения специфики формирования их параметрических характеристик, так и поиска предпосылок более надежных технологических решений по их восстановлению.

**Цель исследований** – на базе наблюдений выявить и обобщить параметрические характеристики завалов выемочных выработок в глубоких антрацитовых шахтах, установить механизм и причины их проявлений.

Как показывает практика, сложно обеспечить сохранность выемочных выработок во времени относительно линии очистного забоя, поскольку они находятся под воздействием интенсивных проявлений горного давления. При определенном сочетании взаимовлияющих факторов локальные вывалообразования кровли нередко приводят к частичным или полным завалам. Это прежде всего связано с трудностями прогнозирования исходных условий образования завалов и вытекающими отсюда предварительно принятыми неэффективными мерами по их локализации [2].

Завалы выработок следует рассматривать как локальное спонтанное отделение от массива обрушаемых породных слоев кровли в пределах контура, ограниченного образованием пустотной полости естественного равновесия. Специфика их проявлений заключается в накоплении потенциально разрушающей энергии, создающей вокруг выработок дефектные зоны в породах, с последующим внезапным самопроизвольным отделением от массива и резким приращением нагрузки на опорные конструкции, сопротивление которых гораздо меньше массы обрушающихся породных отдельностей.

Таблица 1

Шахта	Пласт		Категория массива кровли по обрушаемости	Выработка					Промежуток времени с момента прохода лавы, годы
	Индекс	Средняя мощность, м		Наименование	Глубина заложения, м	Шаг установки рам крепи, м	Остаточная высота, м	Поднятые подошвы, м	
«Красный партизан»	$k_5^1$	1,2	A <sub>2</sub>	Вентиляционный уклон № 57 зап.	710	0,8	1,2	0,3	1,0
«Должанская-Капитальная»	$l_6^H$	1,1	A <sub>2</sub>	Вентиляционный штрек лавы № 103	960	0,8	1,2	2,0	1,5
«Северная» шахтоуправления «Снежноеантрацит»	$h_2^{1-в}$	0,9	A <sub>4</sub>	4-й главный откаточный штрек	440	1,0	1,0	0,8	2,2
Им. Космонавтов	$h_8$	1,2	A <sub>3</sub>	Конвейерный штрек горизонта 970 м	1000	0,7	1,2	2,1	1,1

**Примечание.** Размеры указаны в допустимых пределах натуральных измерений.

Завалы, как правило, носят динамический характер. Основная причина – временное сохранение пустотностей в закрепном пространстве в виде недоуплотнения обрушенных пород, а также зазора между ними и временно зависшим очередным слоем кровли, что подтверждается натурными наблюдениями за образованием завалов [3]. Доминиру-

ющий совокупный параметр, отражающий наиболее вероятную предпосылку предзавального состояния, – остаточная высота выработки.

Предзавальное состояние некоторых выработок антрацитовых шахт с параметрическими характеристиками (табл. 1) представлено на рис. 1. Средняя остаточная высота этих выработок через



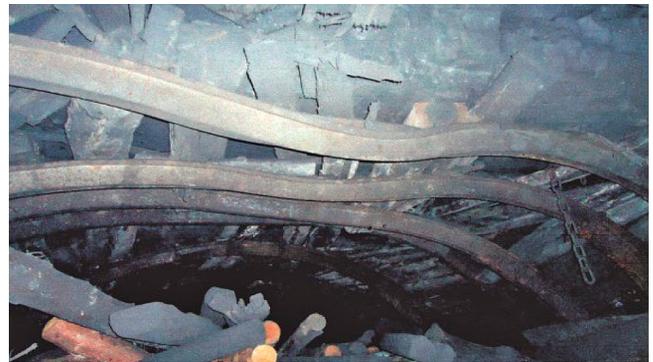
а



б

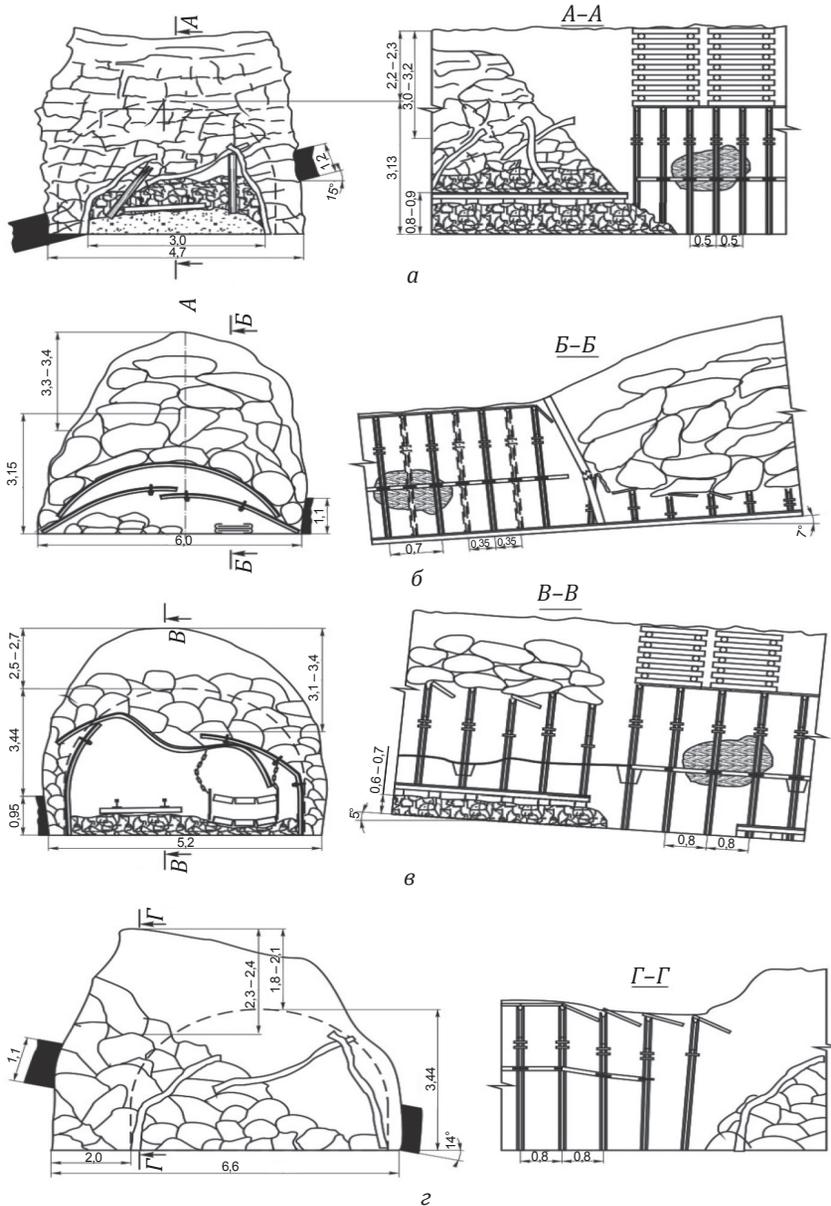


в



г

**Рис. 1.** Предзавальное состояние выемочных выработок антрацитовых шахт: а – вентиляционного уклона № 57 пласта  $k_5^1$  шахты «Красный партизан»; б – вентиляционного штрека лавы № 103 пласта  $l_6^H$  шахты «Должанская-Капитальная»; в – 4-го главного откаточного штрека пласта  $h_2^{1-в}$  шахты «Северная» шахтоуправления «Снежноеантрацит»; г – конвейерного штрека горизонта 970 м пласта  $h_8$  шахты им. Космонавтов.



**Рис. 2.** Натурные зарисовки некоторых выемочных выработок в местах их завалов: *а* – восточного 51-го конвейерного штрека пласта  $k_5^1$  шахты «Красный партизан»; *б* – центрального вспомогательного уклона № 9 пласта  $k_5^1$  шахты им. Я. М. Свердлова; *в* – конвейерного уклона пласта  $h_{10}$  шахты им. В. В. Вахрушева; *г* – конвейерного штрека № 3 пласта  $h_7$  шахты им. Ф. Э. Дзержинского. Размеры в метрах.

1,65 года после прохода и простоя лавы при выдавливании почвы на 1,33 м почти равна мощности пласта. Отметим, что высота обрушения кровли при перекреплении вентиляционного уклона № 57 пласта  $k_5^2$  шахты «Красный партизан» составила около 7 м с образованием зоны естественного равновесия до пласта  $k_5^2$  мощностью 0,35 м, удаленного от пласта  $k_5^1$  на 11 м.

горного давления вокруг сопряженных с лавой выработок, однако натурными наблюдениями выявлены некоторые специфические особенности механизма полного отказа системы адаптивного взаимодействия обнаженного очистной и выемочной выработками породугольного массива с комплексом опорных элементов.

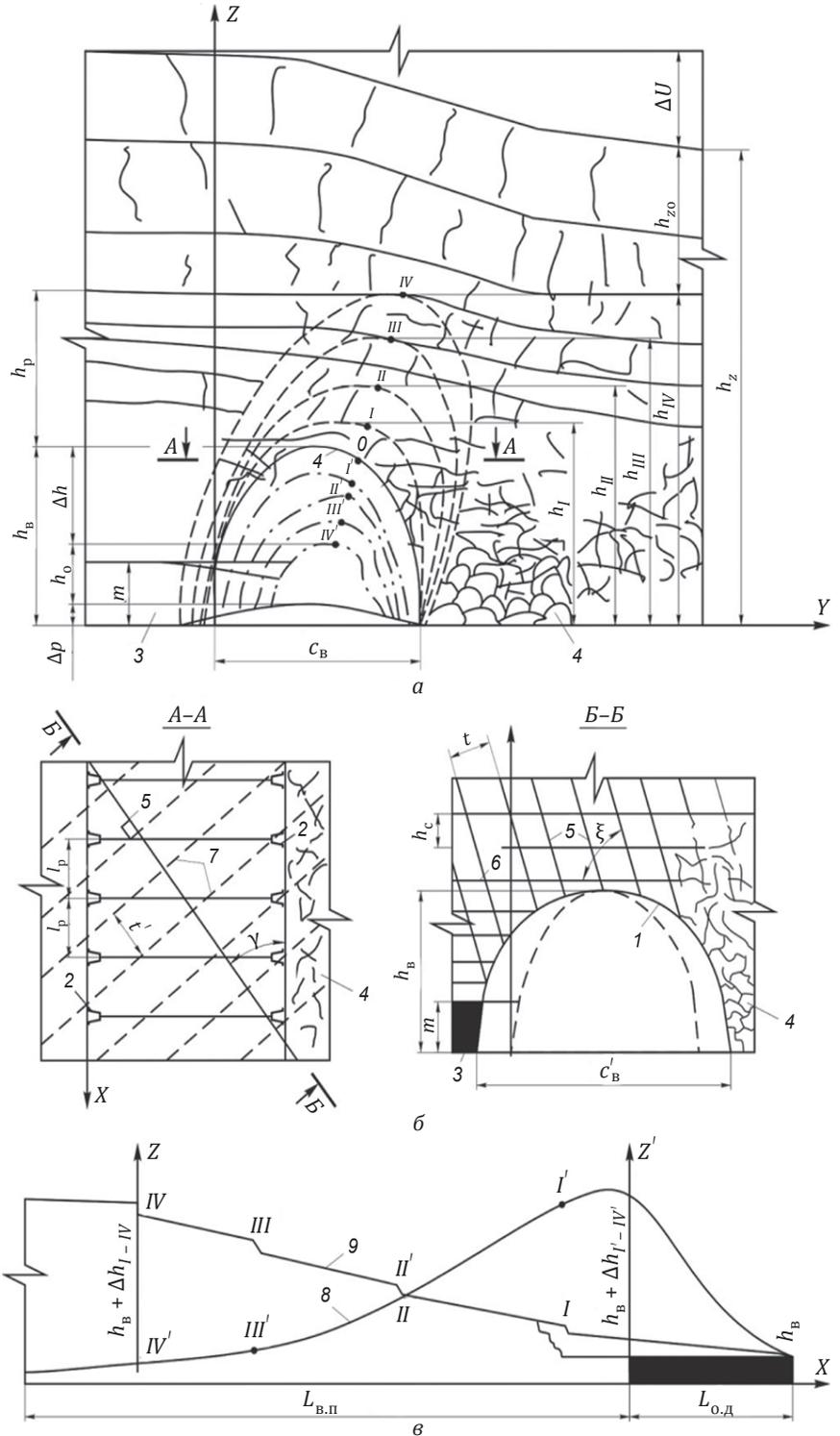
В случае восстановления выработок по длине завала обрушение пород в пределах контура обнажения несколько активизируется. Высота полости естественного разрушения кровли по длине завала на основании данных замеров, полученных авторами (табл. 2, рис. 2), при шаге установки арочной крепи 0,5–0,8 м в среднем составляет 3,1 м и примерно равна исходной высоте выработки свесу 3,13–3,44 м, при ширине заваленной выработки на уровне ее подошвы 5,6 м в 1,3–1,4 раза больше исходной вчерне.

Потенциальный дефект пород, влияющий на проявление завалов выработки, – степень раздробленности их слоев плоскостями основной системы природной трещиноватости, способствующей снижению прочности массива. Это происходит во время превышения пороговых значений напряжений, которые приводят к дискретному наращиванию образования техногенных взаимно пересекающихся трещин и к полной потере сцепления между блоками [3]. Выдавливаемая почва и обрушенные породы в определенной степени создают дополнительную реакцию опорным элементам, что способствует стабилизации смещений контура выработки.

По горно-геомеханической сущности завалы отражают закономерности проявлений

На рис. 3 представлен обобщенный вариант модели деформирования выработки во время завала. Здесь 1 – исходный контур выработки высотой  $h_B$  и шириной  $c_B$ ; 2 – рамная крепь с шагом установки  $l_p$ ; 3 – угольный пласт мощностью  $m$ ; 4 – выработанное пространство; I – IV – контуры обрушенных пород в площади поперечного сечения выработки на высоты  $h_I - h_{IV}$  соответственно; I' – IV' – контуры выработки; 5 – линия падения плоскостей основной системы природной трещиноватости кровли на плоскость напластования 6 слагающих ее пород; 7 – проекция линии пересечения плоскости падения трещиноватости и напластования пород;  $t$  и  $h_c$  – расстояния по нормали между плоскостями основной и слоистой трещиноватостями;  $t'$  – проекция  $t$  на плоскость пласта;  $\gamma$  – угол между осью выработки и проекцией линии падения плоскости трещиноватости;  $\xi$  – угол падения линии плоскости трещиноватости к горизонтальной плоскости; 8 и 9 – уменьшение вертикальных смещений налегающей толщи породного массива  $\Delta h$  и увеличение высоты обрушения кровли до предельного значения  $h_p$ ;  $L_{в.п}$  и  $L_{о.д}$  – длины зон выработанного пространства и опорного давления.

Первоначально из-за просадки крепи и прорыва мелкокусковых пород между ее рамами (рис. 4, а) на  $OI'$  (см. рис. 3, а) образуется аналогичный по размеру зазор между крепью и временно зависшим слоем кровли, в который обрушивается следующий слой разрушенных пород толщиной  $OI$ , вызывая после появления просадки крепи на I' II' новый зазор в об-



**Рис. 3.** Обобщенная вербальная модель формирования завала выработки: а – схема поочередной дезинтеграции слоистых пород над выработкой; б – ориентация исходных систем природной трещиноватости кровли относительно пластовой выработки; в – кривые изменения нормальных к плоскости пласта смещений и обрушений кровли.

Шахта	Пласт		Выработка	Завал, м						Угол, ...°, между	
	Индекс	Средняя мощность, м		Наименование	Глубина заложения, м	Шаг установок рам крепи, м	Высота обрушения кровли	Ширина	Поднятые подошвы выработки	Длина	продольной осью выработки и линией пересечения плоскостей трещиноватости
«Красный партизан»	$k_5^1$	1,2	Восточный 51-й конвейерный штрек	670	0,5	3,2	4,7	0,9	13	13	77
Им. Я. М. Свердлова	$k_5^1$	1,1	Центральный вспомогательный уклон № 9	1200	0,7	3,4	6,0	-	25	10	81
Им. В. В. Вахрушева	$h_{10}$	0,95	Конвейерный уклон	820	0,8	3,4	5,2	0,7	18	14	81
Им. Ф. Э. Дзержинского	$h_7$	1,1	Конвейерный штрек № 3	710	0,8	2,4	6,6	-	8	9	84

рушенных породах на высоту  $h_{II}$ . Так продолжается до просадки на минимальную высоту выработки  $h_0$  или завала при максимальном удалении  $h_p$  контура свода естественного равновесия (см. рис. 4, б), сформированного хаотически и упорядоченного обрушенными породами до конечной точки  $IV$  на высоте  $h_{IV}$  при смещении налегающей толщи массива  $\Delta h$  и прогиба псевдоупругих слоев мощностью  $h_{Z0}$ . Размеры блокообразующих породных отделностей в пределах высоты  $h_Z$ , начиная от почвы пласта, увеличиваются.

Необходимым условием обеспечения устойчивого взаимодействия трещиноватого слоя пород, контактирующего с крепью, прежде всего является соотношение параметров (см. рис. 3, б):

$$l_p \leq t / (\sin \xi \cdot \sin \gamma), \quad (1)$$

где  $l_p$  – расстояние между рамами, м.

С возрастанием потери высоты выработки на каждом временном этапе ее состояния увеличивается свод обрушенных пород до максимума  $h_p$  (рис. 3, в). При обрушении очередного слоя кров-



а



б

**Рис. 4.** Блочные обрушения кровли по высоте заваленной выработки: а – на краевой части завала по его длине; б – у границы зависших пород.

ли могут возникать динамические нагрузки на обрушенные породы, которые частично компенсируют силу ударов за счет их уплотнения.

Предел разрушающей нагрузки трещиноватых пород зависит от ее направления относительно плоскости их напластования [4]:

$$\sigma_{сж} = 0,01\xi \sigma_{сж}^* \quad (2)$$

где 0,01 – поправочный коэффициент;

$\xi$  – угол встречи между плоскостями трещиноватости и напластованием, ...°;

$\sigma_{сж}^*$  – предел прочности нетрещиноватых пород в массиве, МПа.

Прочность трещиновато-нарушенного породного массива существенно снижает его обводненность, что подтверждается исследованиями [5]. Так, при среднем водопритоке около 5 м<sup>3</sup>/ч на участке завала по длине дренажного штрека антрацитовой шахты «Комсомольская» на глубине 880 м через 15–30 сут после его проходки предел прочности аргиллита по сравнению с аналогичным параметром, равным в безводной среде 20–50 МПа, уменьшился в 1,3–2 раза, что при фактических размерах зоны неупругих деформаций увеличило высоту обрушения кровли на 6–11 м, вызвав завалы.

Для предотвращения завалов, сопровождается малоуправляемыми процессами обрушения, помимо прогнозирования дефектных зон породного массива, что затруднительно, необходимо использовать все существующие способы и средства локализации, совершенствовать как с точки зрения повышения экономической эффективности, так и создания безопасных условий ведения работ, в основу которых может быть положен информационный материал настоящей статьи.

**Выводы.** Завалы выработок как одно из малоуправляемых проявлений горного давления обусловлены комплексом взаимодействующих горно-геологических и горнотехнических факторов, что создает пока непреодолимую сложность аналитического обоснования и прогнозирования их параметрических характеристик. Однако обобщение опыта технологических решений по восстановлению завалов дает основание с допустимой для практического использования точностью сформировать представления о массивованных обрушениях кровли в выемочных выработках, вызывающих завалы. Этому способствуют приведенные натурные исследования, на базе которых можно находить более технически эффективные, малозатратные способы и средства предотвращения завалов выемочных выработок глубоких антрацитовых шахт.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Підготовчі виробки на пологіх пластах. Вибір кріплення, способів і засобів охорони:* СОУ 10.1.00185790.011:2007. – К.: Мінвуглепром України, 2007. – 113 с.
2. *Рязанцев А. Н. Условия возникновения вывалов в выработках ОП «Шахта «Стаханова» / А. Н. Рязанцев, М. А. Лященко, А. К. Носач // Проблемы гірничої технології: матеріали регіонал. наук.-практ. конф.; Красноармійський індустр. ін-т ДонНТУ, 30 лист. 2012 р. – Донецьк: Цифрова типографія, 2012. – С. 45–55.*
3. *Борзых А. Ф. Содержание, ремонт и ликвидация выработок угольных шахт: монография / А. Ф. Борзых, Ю. Е. Зюков, С. Н. Княжев. – Алчевск: Донбасский ГТУ, 2004. – 614 с.*
4. *Сдвижкова Е. А. Исследование влияния плоскостей ослабления на прочность структурных ослаблений элементов массива // Сб. науч. тр. НГА Украины. – № 13. – Т. 1. – 2002. – С. 26–31.*
5. *Кобзарь Ю. И. Влияние обводненности горных пород на устойчивость подготовительных выработок глубоких шахт // Наук. вісн. НГУ. – 2008. – № 10. – С. 9–14.*

#### Поправка

В № 7-8' 2015 г. в рубрике «По материалам журнала «Уголь Украины» прошлых лет» приведена информация из статей за 1974 г.