

УДК 622.831.3+622.45

*Палейчук Н.Н., доцент, к.т.н., Пунтус В.Ф., ст. пр.,
Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Украина*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТОК НА ПАРАМЕТРЫ ИХ ВЕНТИЛЯЦИИ

Шахтная вентиляционная сеть представляет собой сложную, изменяющуюся во времени и пространстве, структуру. Состояние каждой горной выработки, как элемента структуры, во многом определяет устойчивость проветривания и сложность управления вентиляционным режимом. В связи с тем, что многие угледобывающие предприятия освоили глубину ведения горных работ 1000 м и более, идентифицировался новый класс задач в области геомеханики и шахтной аэрологии, связанный с динамичным ухудшением состояния подготовительных и капитальных выработок. В связи с этим является актуальным проведение исследования влияния устойчивости выработок на параметры их вентиляции в условиях глубоких антрацитовых шахт.

В качестве объекта исследований были выбраны капитальные и подготовительные выработки шахты «Партизанская» ГП «Антрацит»: 1 – восточная вентиляционная сбойка, 2 – ступенчатый уклон № 2, 3 – квершлаг №8, 4 – 18-й восточный откаточный штрек, 5 – вспомогательный уклон, 6 – 203-й промежуточный штрек, 7 – 204-й промежуточный штрек, 8 – 204-я западная лава, 9 – конвейерный уклон, 10 – наклонный квершлаг, 11 – 18-й западный откаточный штрек.

Устойчивость выработок оценивалась показателем ω_S , определяемым, как отношение фактической минимальной площади поперечного сечения выработки к проектной, а также при помощи показателя ω_N , рассчитываемого как отношение количества работоспособных рам металлокрепки к общему их числу [1].

Результаты исследования устойчивости выработок во времени приведены в работе [2], где отмечено, что во всех исследуемых выработках шахты наблюдается уменьшение показателей устойчивости с течением времени. Показатель ω_N в воздухоподающих выработках выемочного участка 204-й западной лавы пласта h_{10} в течение года изменился с 0,65-0,95 до 0,56-0,67, а показатель ω_S – с 0,77-0,92 до 0,52-0,67. Это повлекло за собой осложнения в работе транспорта, изменение параметров вентиляции и снижение фактической нагрузки на очистной забой [2].

Для удобства анализа результатов шахтных измерений воспользуемся относительной величиной расхода воздуха, т.е. отношением фактического его количества Q_f к проектному Q_p . Результаты шахтных измерений относительного расхода воздуха на протяжении года представлены в работе [3],

где было установлено, что в течение года средние колебания расхода воздуха в воздухоподающих выработках выемочного участка превышают 15%. С учетом аэродинамических потерь это влечет за собой уменьшение расхода воздуха в лаве более чем на 40%.

Ключевой задачей исследования является определение закономерности изменения относительного расхода воздуха от показателей устойчивости выработок. Для определения наличия и вида данной закономерности использовались методы математической статистики, в частности – корреляционный и нелинейный регрессионный анализ. Применение вышеуказанных методов позволило установить полиномиальную зависимость относительного расхода воздуха Q_f / Q_p от показателей устойчивости воздухоподающих выработок выемочного участка в виде

$$Q_f / Q_p = a + b \cdot \omega_i + c \cdot \omega_i^2$$

где a, b, c – коэффициенты при i -ом члене полинома; ω_i – показатель устойчивости выработки.

Данные регрессионной статистики приведены в табл. 1.

Таблица 1

Данные регрессионной статистики зависимости относительного расхода воздуха от показателей устойчивости воздухоподающих выработок

№ выра- ботки	$Q_f / Q_p = f(\omega_N)$				$Q_f / Q_p = f(\omega_S)$			
	Коэффициенты			R ²	Коэффициенты			R ²
	a	b	c		a	b	c	
1	1,66	-1,99	1,62	0,60	3,07	-6,73	5,54	0,67
2	2,03	-2,66	1,71	0,69	3,01	-7,25	6,12	0,72
4	5,48	-12,11	8,24	0,47	0,49	1,15	-0,45	0,63
5	3,43	-6,85	4,92	0,48	4,30	-8,46	5,43	0,75
7	-2,14	9,48	-7,04	0,58	0,76	0,51	-0,14	0,62

Наибольшие значения показателя R² наблюдаются у зависимостей $Q_f / Q_p = f(\omega_S)$. Данный факт демонстрирует влияние местного сопротивления, поскольку расход воздуха можно выразить через депрессию и все виды аэродинамических сопротивлений при помощи выражения

$$Q = \sqrt{\frac{h}{\left(\frac{\alpha Pl}{S^3} + \frac{\xi}{2gS^2} + k_s \frac{\gamma S_{mid}}{S(S - S_{mid})^2} \right)}} \cdot k_1 \quad (1)$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления трения горной выработки; P – периметр выработки, м; l – длина выработки, м; ξ – коэффициент местного сопротивления; g – ускорение свободного падения, м/с²; k_s – коэффициент лобового сопротивления; γ – объемный вес воздуха, кг/м³; S_{mid} – площадь миделева сечения, м²; k_1 – коэффициент, учитывающий резерв вентиляционных установок и сети.

Следовательно, устойчивость воздухоподающих выработок выемочного участка, которая оценивается показателями ω_N и ω_S , оказывает непосредственное влияние на расход воздуха. Исходя из физической природы на сопротивление трения, которое описывается первым слагаемым знаменателя в выражении (1), наибольшее влияние оказывает показатель устойчивости ω_N , а на местные сопротивления, описываемые вторым слагаемым знаменателя – показатель ω_S . На расход воздуха оказывает влияние также загроможденность выработки машинами и механизмами, что описывается третьим слагаемым знаменателя в уравнении (1).

Кроме того, анализ материалов депрессионных съемок, выполненных на шахте «Партизанская», позволил установить влияние устойчивости выработок на их депрессию. Для удобства воспользуемся, как и в случае с расходом воздуха, относительной величиной депрессии, т.е. отношением фактического перепада давлений h_f к расчетному h_p . Результаты исследования представлены на рис. 1, из которого следует, что при значениях

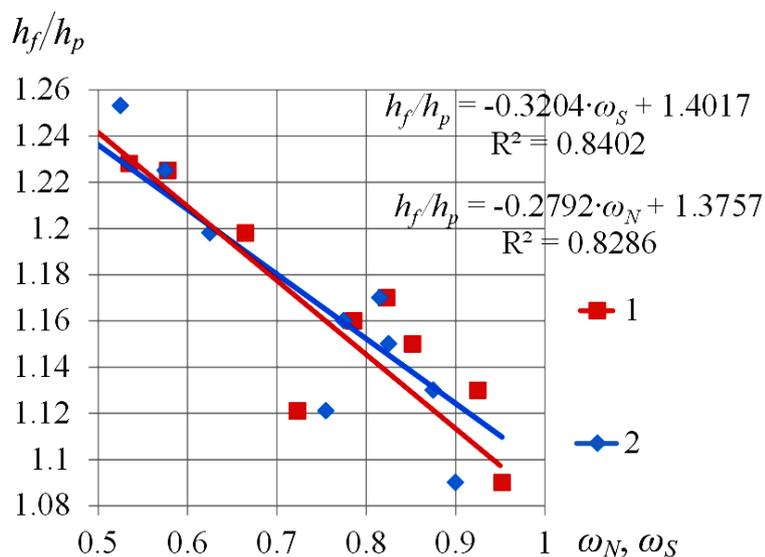


Рис. 1 – Зависимость относительной депрессии от показателей устойчивости выработок:
1 – показателя ω_S ; 2 – показателя ω_N .

показателей устойчивости более 0,8, отклонение фактического значения величины депрессии от расчетного составляет 9-17%. При значениях показателей ω_N и ω_S менее 0,8 депрессия в исследуемых выработках увеличивается на 12-25%.

В целом по шахте фактическая депрессия превышала плановую на 43-46%, т.е. для обеспечения всех выработок шахты требуемым количеством воздуха вентилятору необходимо преодолеть

перепад давлений на 46% больше проектного.

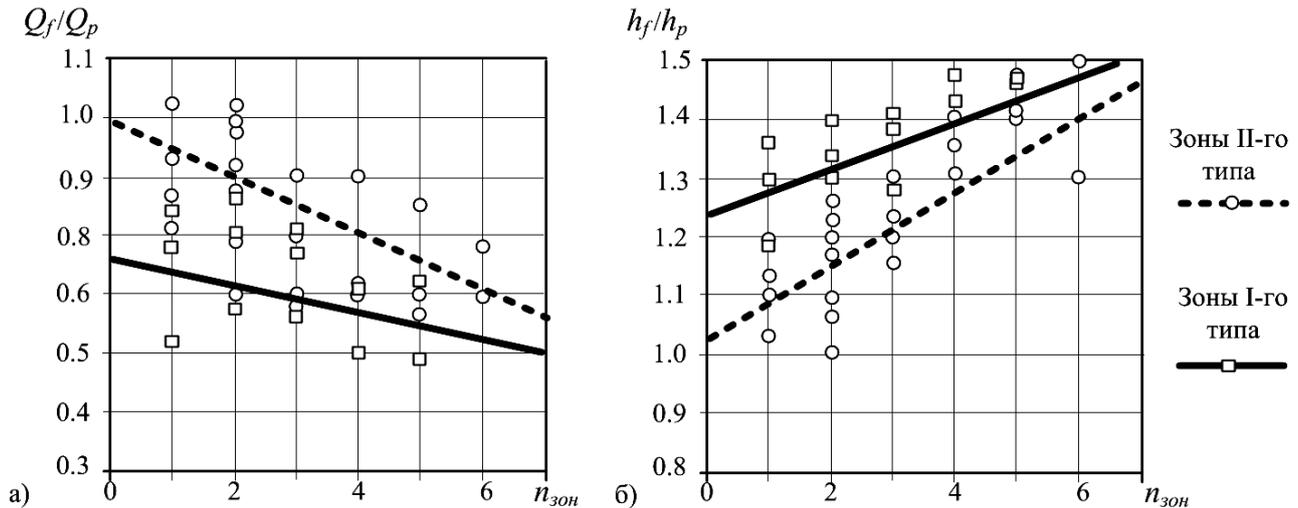


Рис. 2 – Зависимость относительного расхода воздуха (а) и депрессии (б) от количества зон II-го и I-го типа в выработках.

Представляет практический интерес исследование изменения величин расхода воздуха и депрессии в выработках, где резкие изменения показателей устойчивости наблюдаются локально, например, в зонах пликативных и дизъюнктивных геологических нарушений. В работе [2] зоны выработок со значением $\omega_S < 0,73$ классифицированы как зоны II-го типа, а участки с $\omega_S < 0,63$ как зоны I-го типа с вероятностью вывалообразований соответственно 50 и 87%. В этой связи было проанализировано более 20 выработок с наличием таких зон. Результаты исследования изменения параметров вентиляции при изменении количества зон II-го и I-го типа в выработках приведены на рис. 2.

Из приведенных результатов следует, что при увеличении числа зон II-го типа в одной выработке до 6, количество проходящего по ней воздуха уменьшается на 40% при увеличении относительной депрессии до 1,5. Возрастание количества зон I-го типа от 1 до 5 способствует снижению расхода воздуха на 20-50% при увеличении относительной депрессии на 10-50%.

Выводы. 1. Установлено, что при уменьшении показателей устойчивости выработки количество проходящего через нее воздуха нелинейно снижается, а депрессия линейно увеличивается, что является следствием влияния местных аэродинамических сопротивлений и сопротивления трения.

2. Депрессия выработок прямо пропорциональна числу зон II-го и I-го типа, а количество воздуха – обратно пропорционально.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сдвижкова Е.А. Статистическая модель устойчивости протяженной горной выработки / Е.А. Сдвижкова, Д.В. Бабец, С.П. Лозовский. // Форум горняков – 2005: материалы междунар. конф. (12-14 октября 2005 г.; Днепропетровск). – Днепропетровск: НГУ, 2005. – С.68-74.

2. Должиков П.Н. Устойчивость выработок в интенсивно трещиноватых породах глубоких шахт : монография. / П.Н. Должиков, А.Э. Кипко, Н.Н. Палейчук. – Донецк: Світ книги, 2012. – 220 с.

3. Dolzhikov P. About the influence of stability of workings on the parameters of their ventilation in terms of anthracitic Donbass mines / P. Dolzhikov, A. Kipko, N. Paleychuk, Yu. Dolzhikov // Mining of Mineral Deposits. – AK Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. – P.277-283.