

УДК 622.451+622.831.3

*к.т.н. Палейчук Н.Н.,  
к.т.н. Пронский Д.В.,  
Рыжикова О.А.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЕНТИЛЯЦИИ ГЛУБОКИХ АНТРАЦИТОВЫХ ШАХТ ДОНБАССА

*В статье приведены результаты шахтных исследований устойчивости воздухоподающих выработок выемочного участка и параметров их вентиляции. Приведена зависимость изменения во времени относительного расхода воздуха в воздухоподающих выработках. Установлена закономерность изменения расхода воздуха и депрессии от показателей устойчивости выработок.*

**Ключевые слова:** шахта, устойчивость, выработки, параметры вентиляции, расход воздуха, депрессия, закономерности.

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Состояние каждой горной выработки, как элемента структуры шахтной вентиляционной сети, во многом определяет устойчивость проветривания и сложность управления вентиляционным режимом, как вентиляционного участка, так и шахты в целом. В связи с тем, что многие отечественные угледобывающие предприятия освоили глубину ведения горных работ в 1000 м и более, идентифицировался новый класс задач в области геомеханики и шахтной аэрологии, связанный с ухудшением состояния подготовительных и капитальных выработок. Если состояние выработок с точки зрения геомеханики определяет, в основном, экономический и финансовый аспект: ухудшение состояния выработок влечет за собой материальные затраты на поддержание таких выработок то, с точки зрения вентиляции шахт – устойчивость проветривания и безопасность работающих людей. Существующие нормативные документы [1-3] хотя и предусматривают пересмотр проекта вентиляции шахты или его части через определенные промежутки времени, но не учитывают изменение параметров вентиляции при изменении состояния выработок.

В настоящее время проводятся исследования, направленные на обоснование рациональных аэродинамических параметров выработок выемочного участка [4], изучается влияние параметров крепления на аэродинамические характеристики выработок [5] и т.д. Однако, помимо, собственно, аэродинамического старения выработок, на параметры их вентиляции оказывает влияние и устойчивость.

В связи с этим, является актуальным проведение исследования параметров вентиляции выработок и влияния на них устойчивости последних в условиях глубоких антрацитовых шахт Донбасса.

**Постановка задачи.** Задачей данной работы является исследование влияния устойчивости горных выработок глубокой антрацитовой шахты Донбасса на фактические значения расхода воздуха и депрессии.

### **Основной материал исследования.**

В качестве объекта исследований были выбраны 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 – наклон-

ный квершлаг, 11 – 18-й западный откаточный штрек.

Устойчивость выработок оценивалась показателем  $\omega_S$ , определяемым, как отношение фактической минимальной площади поперечного сечения выработки к проектной, а также при помощи показателя  $\omega_N$ , рассчитываемого как отношение количества работоспособных рам металлокрепки к общему их числу [6].

Результаты исследования устойчивости выработок во времени приведены в работе [7], где отмечено, что во всех исследуемых выработках шахты наблюдается уменьшение показателей устойчивости с течением времени. Показатель  $\omega_N$  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  $\omega_S$  – 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 [7].

Замеры скорости движения воздуха в точках производились при помощи переносного рудничного электронного анемометра АПР-2 инженерно-техническим персоналом участка вентиляции и техники безопасности шахты.

Для удобства анализа результатов шахтных измерений воспользуемся относительной величиной расхода воздуха, т.е. отношением фактического его количества  $Q_f$  к проектному  $Q_p$ . Поскольку период исследования составляет один месяц, а замеры выполнялись ежесуточно, относительный расход воздуха рассчитывался как среднее арифметическое за месяц. В выработках с несколькими точками замеров количество воздуха определялось как среднее геометрическое из расходов в начале и конце выработки для учета рассредоточенных утечек.

Результаты шахтных измерений относительного расхода воздуха в исследуемых выработках на протяжении года представлены на рисунке 1.

На начальном этапе относительный расход воздуха во всех исследуемых выработках превышает единицу, т.е. фактическое количество воздуха превышает проектное.

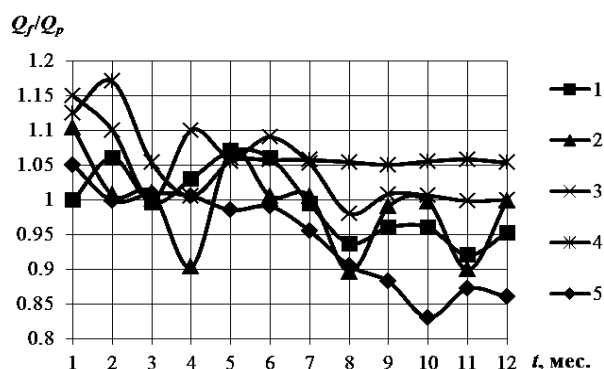


Рисунок 1 – Изменение во времени относительного расхода воздуха в выработках:

1 – 18-м восточном откаточном штреке, 2 – вспомогательном уклоне, 3 – ступенчатом уклоне № 2, 4 – восточной вентиляционной сбойке, 5 – 204-м промежуточном штреке

Данное явление обусловлено тем, что вентилятор главного проветривания имеет резерв производительности, а все исследуемые выработки являются воздухоподающими. Колебания расхода воздуха в течение года обусловлено, во-первых – колебаниями атмосферного давления, во-вторых – изменением аэродинамического сопротивления выработок, поскольку

$$Q = \sqrt{\frac{h}{R}}, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход воздуха, м<sup>3</sup>/мин;  $h$  – депрессия выработки, даПа, которая зависит от перепадов атмосферного давления;  $R$  – аэродинамическое сопротивление выработки, кц, зависящее от состояния выработок.

Также колебания количества воздуха зависят от внешних и внутренних утечек и погрешности измерений.

К основной задаче исследования относится определение закономерности изменения относительного расхода воздуха от показателей устойчивости выработок. Для определения наличия и вида данной закономерности использовались методы матема-

тической статистики, в частности – корреляционный и нелинейный регрессионный анализ. Применение вышеуказанных методов, реализованных в программе Microsoft® Excel, позволило установить полиномиальную зависимость относительного расхода воздуха  $Q_f/Q_p$  от показателей устойчивости воздухоподающих выработок выемочного участка, которая представлена на рисунке 2.

С наибольшей достоверностью полученные зависимости аппроксимируются полиномами второй степени вида

$$Q_f/Q_p = a + b \cdot \omega_i + c \cdot \omega_i^2, \quad (2)$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коэффициенты при  $i$ -ом члене полинома;  $\omega_i$  – показатель устойчиво-

сти: для закономерностей на рисунке 4 (а) –  $\omega_N$ , а для зависимостей на рисунке 4 (б) –  $\omega_S$ .

Данные регрессионной статистики для зависимостей рисунка 2 приведены в таблице 1.

Как следует из таблицы, наибольшие значения показателя достоверности  $R^2$  при аппроксимации полиномами второй степени наблюдаются у зависимостей  $Q_f/Q_p = f(\omega_S)$ . Данный факт наглядно демонстрирует влияние местного сопротивления в наименьшем поперечном сечении выработки, поскольку расход воздуха можно выразить через депрессию и все виды аэродинамических сопротивлений [7].

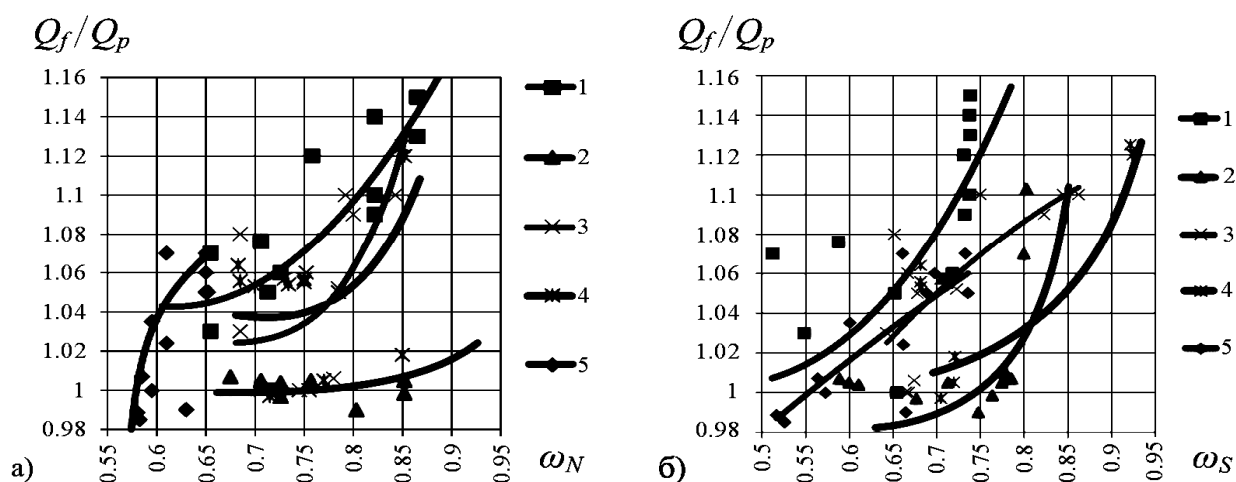


Рисунок 2 – Зависимость относительного расхода воздуха от: а – показателя устойчивости  $\omega_N$ ; б – показателя  $\omega_S$  в выработках: 1 – 18-м восточном откаточном штреке, 2 – вспомогательном уклоне, 3 – ступенчатом уклоне № 2, 4 – восточной вентиляционной сбойке, 5 – 204-м промежуточном штреке

Таблица 1 – Данные регрессионной статистики зависимости относительного расхода воздуха от показателей устойчивости выработок

№ выработки	$Q_f/Q_p = f(\omega_N)$				$Q_f/Q_p = f(\omega_S)$			
	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
3	5,48	-12,11	8,24	0,47	0,49	1,15	-0,45	0,63
4	3,43	-6,85	4,92	0,48	4,30	-8,46	5,43	0,75
5	-2,14	9,48	-7,04	0,58	0,76	0,51	-0,14	0,62

Следовательно, устойчивость воздухоподающих выработок выемочного участка 204-й западной лавы, которая оценивается соответствующими показателями  $\omega_N$  и  $\omega_S$ , оказывает непосредственное влияние на расход воздуха. Исходя из физической природы, на сопротивление трения наибольшее влияние оказывает показатель устойчивости  $\omega_N$ , а на местные сопротивления – показатель  $\omega_S$ . На расход воздуха оказывает влияние также загроможденность выработки машинами и механизмами [2, 7].

Кроме того, анализ материалов депрессионных съемок, выполненных на шахте «Партизанская» позволил установить влияние устойчивости выработок на их депрессию. Для удобства анализа результатов депрессионных съемок воспользуемся, как и в случае с расходом воздуха, относительной величиной депрессии, т.е. отношением фактического перепада давлений  $h_f$  к проектному  $h_p$ . Результаты исследования влияния устойчивости на депрессию выработок представлены на рисунке 3.

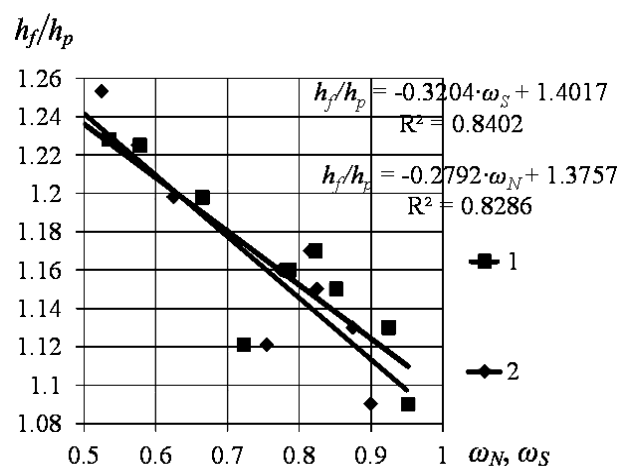


Рисунок 3 – Зависимость относительной депрессии от показателей устойчивости выработок: 1 – показателя  $\omega_S$ ; 2 – показателя  $\omega_N$

Как следует из рисунка 3, при значениях показателей устойчивости более 0.8, отклонение фактического значения величины депрессии от расчетного составляет 9-17%.

При значениях показателей  $\omega_N$  и  $\omega_S$  менее 0.8 депрессия в исследуемых выработках увеличивается на 12-25%. Следует учесть, что исследуемые выработки являются воздухоподающими и увеличение депрессии в них меньше, чем в других выработках шахты. 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.

Таким образом, для минимизации влияния устойчивости на параметры вентиляции каждой отдельно взятой выработки необходимо обеспечить по всей ее длине проектное значение площади поперечного сечения на протяжении всего срока эксплуатации. Тогда колебания количества воздуха в капитальных и участковых выработках, не подверженных непосредственному влиянию очистных работ, будут определяться загроможденностью поперечного сечения, а изменение депрессии будет зависеть от перепадов атмосферного давления.

### Выводы и направление дальнейших исследований.

Анализ результатов шахтных исследований показал следующее:

1. Установлено, что отклонения фактического расхода воздуха от проектного в воздухоподающих выработках выемочного участка составили 15%, что с точки зрения математической статистики укладывается в допустимую погрешность.

2. Фактическая депрессия в исследуемых воздухоподающих выработках превышает расчетную на 9-25% при соответствующих значениях показателей устойчивости 0,95-0,52.

3. 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.

**Библиографический список**

1. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10 / Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. — Офіц. вид. — К.: Друк. ДП «Редакція журналу Охорона праці», 2010. — 430 с.: табл. — (Нормативно-правовий акт з охорони праці).
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: ДНАОТ 1.1.30-6.09.93 / Государственный комитет Украины по надзору за охраной труда. — Офіц. изд. — К.: Пресса Украины, 1994. — 312 с.: илюстр., табл. — (Государственный нормативный акт об охране труда).
3. Правила технічної експлуатації вугільних шахт: СОУ 10.1-00185790-002-2005 / Державне підприємство "Донецький науково-дослідний вугільний інститут" (ДП "ДОНВУГІ"), Державний Макіївський науково-дослідний інститут з безпеки робіт у гірничій промисловості (МакНДІ) та ін. — Офіц. вид. — Донецьк : ДП "Донецький науково-дослідний вугільний інститут", 2006. — 354 с. — (Стандарт Мінвуглепрому України).
4. Баймухаметов С. Управление газовыделением и выбор рациональных аэродинамических параметров выработок выемочных участков при разработке мощных и средней мощности угольных пластов: дис. канд. техн. наук: 05.26.01. — Техника безопасности и противопожарная техника / Сергазы Баймухаметов. — Караганда, 1984. — 188 с.
5. Макишанкин Д. Н. Обоснование крепления горных выработок металлической крепью из шахтного профиля: автор. дис. канд. техн. наук: 25.00.25. Геотехнология (подземная, открытая и строительная) / Макишанкин Денис Николаевич. — Кемерово, 2012. — 18 с.
6. 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.
7. 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. Dolzhiikov // Mining of Mineral Deposits. — AK Leiden, The Netherlands: CRC Press/Balkema, 2013. — P.277-283.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Борzych А.Ф.,  
д.т.н., проф. ЛУ им. В. Даля Гребенкиным С.С.*

**к.т.н. Палейчук М.М., к.т.н. Пронський Д.В., Рижикова О.О.**

(ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВЕНТИЛЯЦІЇ ГЛИБОКИХ АНТРАЦИТОВИХ ШАХТ ДОНБАСУ**

*У статті приведені результати досліджень стійкості виробок виїмкової ділянки, що подають повітря та параметрів їх вентиляції. Приведено залежність зміни у часі відносної витрати повітря у виробках, що подають повітря. Встановлена закономірність зміни витрати повітря і депресії від показників стійкості виробок.*

**Ключові слова:** шахта, стійкість, виробки, параметри вентиляції, витрата повітря, депресія, закономірності.

**PhD Paleichuk M.M., PhD Pronskiy D.V., Ryzhykova O.O. (DonSTU, Alchevsk, LPR)**

**STUDYING THE VENTILATION PARAMETERS OF DEEP ANTRACITE MINES IN DONBASS AREA**

*In the paper the results of underground researches for stability of air headings of a block and parameters of their ventilation are given. A dependence of variations of air mass flow ratio over time in air headings is presented. Characteristics with specific variations of air consumption and depression depending on stability of headings is found out.*

**Key words:** mine, stability, headings, ventilation parameters, air flow rate, depression, regularities.