

Инженер И.А. Ященко (Минтопэнерго Украины),  
м.н.с. Н.В. Безкровный, инженер Ю.Д. Беликов  
(ИГТМ НАН Украины),

инженер В.А. Белый (АП "Шахта им. А.Ф. Засядько)

**МЕТОДЫ СБОРА, ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА  
ИЗМЕРЕНИЯ ДЕПРЕССИИ ЭЛЕМЕНТОВ  
ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СЕТЕЙ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

Викладені існуючі методи збору та обробки інформації про аеродинамічні параметри сучасних вугільних шахт і технічних способів їх реалізації

**TAX METHODS, DATA PROCESSING AND MEANS OF VENTILATING  
NETWORKS ELEMENTS DEPRESSION MEASUREMENT COLLIERIES**

There're stated existing tax methods and processing of the information about aerodynamic parameters of modern mines of Ukraine and means of their realization

Вентиляционные системы современных угольных шахт представляют собой сложные технологические комплексы, управление которыми сводится к решению задач обеспечения доставки и перераспределения свежего воздуха по потребителям, снижению влияния вредностей технологического характера (концентрация метана и других газов, температура, запыленность) на процесс добычи угля, обеспечение безопасности ведения горных работ. Решение этих задач обеспечивает вентиляционная система, включающая сеть горных выработок и источников тяги. Процесс регулирования воздухораспределения в шахтной вентиляционной сети представляет собой перераспределение воздуха между выработками путем изменения их аэродинамического сопротивления. Одним из достаточно эффективных способов технического решения этой задачи является установка в горных выработках различного рода средств местного регулирования – вентиляционных дверей, перемычек, ляд, парусов и других вентиляционных сооружений. Это так называемый метод отрицательного регулирования, при котором происходит уменьшение общего расхода воздуха за счет введения в вентиляционную сеть дополнительных аэродинамических сопротивлений.

К современным техническим средствам контроля и управления проветриванием угольных шахт относятся:

- средства контроля состава рудничной атмосферы (концентрация метана –  $\text{CH}_4$ , токсичные газы -  $\text{CO}$  (окись углерода),  $\text{CO}_2$  (углекислый газ),  $\text{H}_2\text{S}$  (сероводород),  $\text{HCl}$  (хлороводород), кислород –  $\text{O}_2$ ;
- средства измерения объемного расхода;
- средства измерения скорости движения воздуха;
- средства измерения влажности, температуры;
- средства измерения давления, депрессии (перепада давления) в рудничной атмосфере;
- средства регулирования расхода воздуха.

Контроль концентрации метана в рудничной атмосфере в настоящее время осуществляется аппаратурой автоматического контроля метана АМТ-3 «Метан», пере-

носными газоанализаторами СШ-2, СММ-1 и «Сигнал», интерферометрами ШИ-10, ШИ-11 и сигнализаторами метана – светильниками СМС-1. Перечисленные интерферометры и сигнализаторы, выпуск которых в свое время был хорошо налажен, и которыми также оснащены все шахты Украины, являются морально устаревшими, за рубежом они уже давно заменены на метанометры с цифровой индикацией.

Для измерения скорости движения воздуха в горных выработках ИГТМ НАН Украины совместно с фирмой «Экотехинвест» (Россия) разработан и в настоящее время налажен серийный выпуск электронных анемометров АПР-2 [4]. Этот анемометр предназначен для замены морально и физически устаревших анемометров АСО-3 и МС-13, которые до настоящего времени используются на многих шахтах нашей страны.

Работа прибора АПР-2 основана на тахометрическом принципе преобразования скорости движения воздуха в электрический сигнал. Измерение средней скорости воздуха от 0,1 до 40 м/с за любой промежуток времени в диапазоне от 1 до 999 с, с цифровой индикацией замера до второго знака после запятой и хранением в памяти результатов замеров скорости воздуха.

Для повышения эффективности и надежности работы шахтной вентиляционной сети (ШВС) проводятся воздушно-депресссионные съемки, по результатам которых выявляются места нерационального использования воздуха, поступающего в шахту, обследуется состояние главных вентиляторных установок, вентиляционных сооружений и намечаются рекомендации по улучшению вентиляции шахты [5]. Высокая трудоемкость и большие материальные затраты на проведение воздушно-депресссионных съемок обуславливают периодичность их проведения не чаще одного раза в два-три года. За этот период ШВС претерпевает количественные и качественные изменения. Поэтому для поддержания вентиляционной системы шахты в оптимальном режиме функционирования в промежутках между съемками возникает необходимость в разработке эффективных методов и технических средств получения оперативной информации о состоянии ШВС в нормальных и аварийных режимах проветривания.

Измерение депрессии горных выработок и вентиляционных сооружений в настоящее время производится следующими способами:

- микроанометрами в сочетании с резиновыми трубками;
- микробарометрами и микробаронивелирами;
- приборами типа депримометров.

Депрессионная съемка микроанометрами с резиновыми трубками основана на непосредственном измерении депрессии всей выработки или отдельных ее участков. Основным недостатком этого метода является большой объем работ по прокладке резиновых трубок и частой переустановке микроанометра с приведением его в строго горизонтальное положение.

Метод определения депрессии по разности между абсолютными давлениями заключается в измерении анероидными приборами абсолютного барометрического давления в двух соседних точках в абсолютных (микробарометрами МБ-1) или относительных (микробаронивелирами МБНП) единицах с последующим вычислением депрессии участка. Временные затраты на проведение депрессионных съемок микробарометрами или микробаронивелирами по сравнению со съемкой микро-

манометрами с резиновыми трубками уменьшаются в 3-4 раза. В то же время недостатками метода являются сложность обработки первичной информации, обусловленная необходимостью введения нескольких дополнительных поправок (на превышение высотных отметок между замерными станциями, на изменение атмосферного давления за время между двумя смежными замерами) и вероятность получения значительных погрешностей из-за изменения вентиляционного режима во время перехода от одной точки замера к другой.

Анализ существующих методов и способов измерения депрессии горных выработок показал, что все они весьма трудоемки и требуют больших затрат времени и средств на выполнение работ. Так как вентиляционный режим не остается постоянным в течение длительного времени, результаты таких измерений могут быть искажены, и в них необходимо вводить дополнительные поправки. Поэтому вышеуказанные методы и технические средства определения депрессии выработок ШВС пригодны лишь для формирования базисного варианта исходной информации для вентиляционных расчетов и управления проветриванием шахты. По мере улучшения качества программного обеспечения расчета вентиляционных сетей на первый план выдвигается проблема повышения точности исходных данных для соответствующих математических моделей. Приборная база для измерения потерь давления на протяжении десятков лет не претерпела существенных изменений. Более того, работы по разработке новой и улучшению технического уровня существующей измерительной техники в Украине практически прекращены из-за отсутствия финансирования. Выпуск ряда старых моделей остановлен или осуществляется за пределами нашего государства. Приборы барометрического типа, которые кое-где еще сохранились, физически изношены и морально устарели. Идентификация параметров элементов ШВС, особенно в аварийных режимах, требует разработки нового методологического подхода к осуществлению необходимых замеров, созданию надежных комплексных инструментальных средств для оперативного измерения перепада давления и расхода воздуха на вентиляционных сооружениях и в вентиляционных каналах не только при производстве воздушно-депресссионных съемок, но и в процессе эксплуатации вентиляционной системы шахты.

Создание совмещенных приборов, обеспечивающих одновременное измерение нескольких аэродинамических параметров рудничной атмосферы, является наиболее перспективным направлением в разработке средств контроля состояния ШВС.

С целью исключения или уменьшения степени нерационального использования подаваемого в шахту воздуха необходимо оперативно (ежесуточно) получать информацию об аэродинамических параметрах с последующей на ее базе корректировкой воздухораспределения в ШВС. Учитывая данное обстоятельство, нашим институтом на базе первичного преобразователя скорости движения воздуха анемометра АПР-2 совместно с АП "Шахта им. А.Ф. Засядько" [6] разработан аэродинамический преобразователь разности давлений, предназначенный для измерения перепада давлений (депрессии) на вентиляционных сооружениях шахты, общее количество которых в современной шахте насчитывается до нескольких десятков.

Наличие таких комбинированных приборов и программ расчета вентиляционных сетей позволит мобильно и оптимально по различным критериям управлять

воздухораспределением в ШВС.

### Аэродинамический преобразователь разности давлений.

Принцип работы аэродинамического преобразователя разности давлений основан на измерении скорости вращения крыльчатки первичного преобразователя в зависимости от разности давлений на входе и выходе преобразователя.

Аэродинамический преобразователь разности давлений ПРД-1 работает в комплекте с измерительным блоком анемометра АПР-2.

Для проведения замеров перепада давлений в анемометре АПР-2 необходимо произвести замену первичного преобразователя скорости движения воздуха на аэродинамический преобразователь разности давлений, а статический зонд через отверстие в вентиляционном сооружении поместить на противоположную сторону. Управление измерительным блоком анемометра АПР-2 при этом, такое же, как и при измерении скорости воздуха.

Общий вид аэродинамического преобразователя разности давлений с измерительным блоком анемометра АПР-2 приведен на рис. 1.

Конструктивно аэродинамический преобразователь разности давлений состоит из трех основных частей: первичного преобразователя разности давлений (1), статического зонда (2) и соединительной трубки (3).

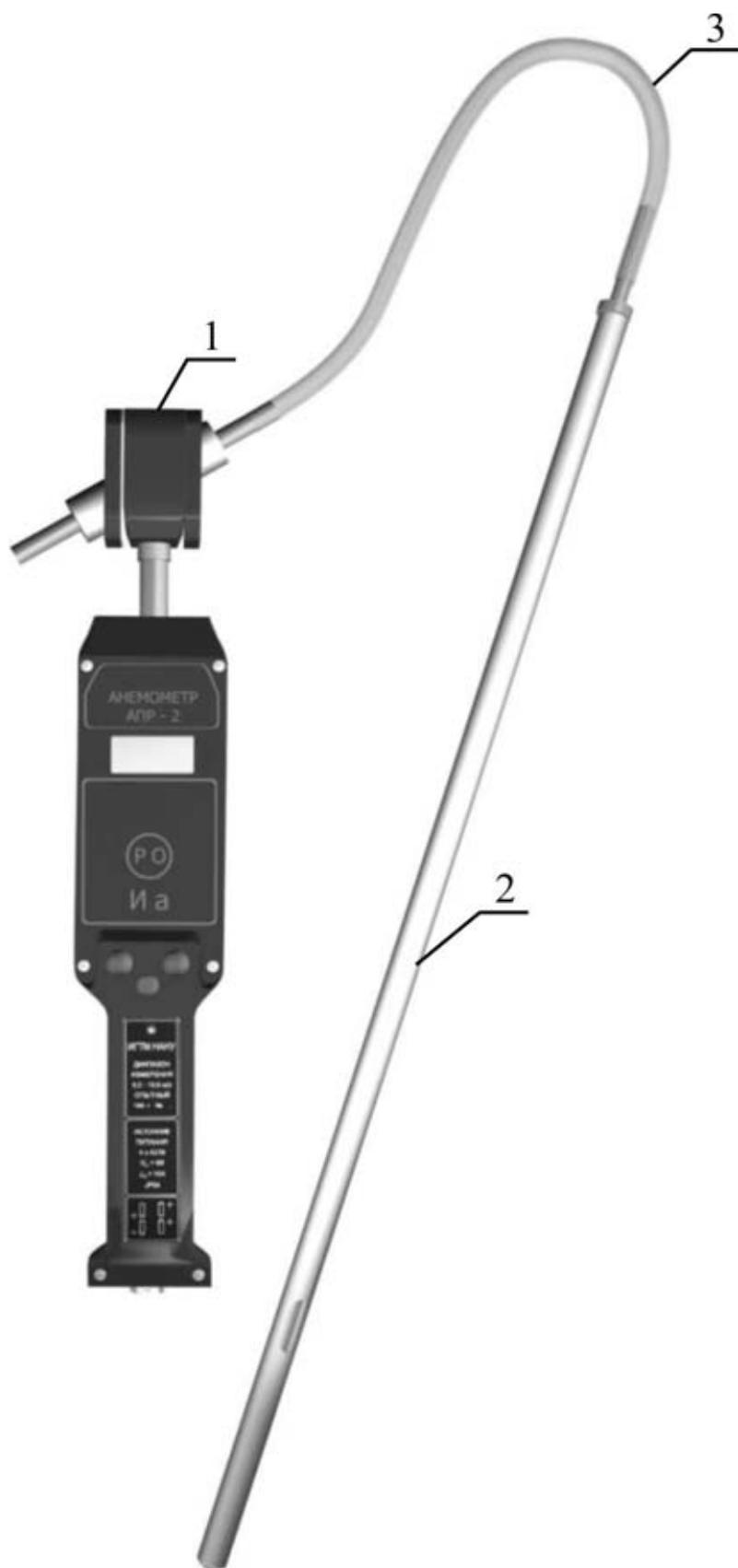
Первичный преобразователь разности давлений изготовлен на базе первичного преобразователя скорости воздуха, анемометра АПР-2, герметически закрытого двумя крышками, через одну из которых проходит форсунка высокого давления, через другую - низкого давления.

Статический зонд с соединительной трубкой служит приемником атмосферного давления на противоположной стороне вентиляционного сооружения. Статический зонд выполнен из двух (измерительной и защитной) тонкостенных металлических антикоррозионных трубок. Измерительная трубка статического зонда диаметром 8,0 мм имеет на конце металлическую заглушку в виде обтекателя. На расстоянии 5 диаметров от заглушки измерительная трубка имеет несколько приемных отверстий диаметром 1,5 мм, суммарная площадь которых составляет половину площади поперечного сечения измерительной трубки. Длина измерительной трубки статического зонда – 750 мм.

Для исключения влияния отклонения оси измерительной трубки от направления потока воздуха при измерении депрессии приемные отверстия измерительной трубки статического зонда закрываются защитной металлической трубкой с входным отверстием на расстоянии 10 гидравлических диаметров защитной трубки от обтекателя. Защитная трубка имеет диаметр 16 мм.

Техническая характеристика аэродинамического преобразователя разности давлений

Диапазон измерений депрессии, даПа	2.0-1000
Общая масса преобразователя, кг	0,5
Габаритные размеры, мм	140x40x110
Длина статического зонда, мм	750
Длина соединительной трубки, мм	750



1 – первичный преобразователь, 2 – статический зонд, 3 – соединительная трубка  
Рис. 1 – Аэродинамический преобразователь разности давлений в комплекте с измерительным блоком анемометра АПР-2

В настоящее время проведены предварительные испытания аэродинамического преобразователя совместно с измерительным блоком анемометра АПР-2 на шахте им А.Ф. Засядько. Результаты испытаний положительные. Проведена метрологическая аттестация трех экспериментальных образцов аэродинамических преобразователей разности давлений для опытной эксплуатации на АП "Шахта им. А.Ф. Засядько".

Вентиляционная сеть шахты им. А.Ф. Засядько на период проведения замеров перепадов давления на вентиляционных сооружениях – декабрь 2003 года – насчитывала 1160 ветвей. В 106 ветвях шахты установлены вентиляционные сооружения, в основном, 2-х створчатые вентиляционные двери. 70 вентиляционных сооружений предназначены для разделения воздушных потоков, 36 – для регулирования расхода воздуха по потребителям.

Измерения перепадов давлений на вентиляционных сооружениях были проведены с помощью аэродинамических преобразователей разности давлений (ПРД-1).

По результатам измерений было выявлено следующее:

1. Количество ветвей, в которых замеренная депрессия на вентиляционных сооружениях была меньше расчетной, распределялась следующим образом:

- 0,25 – 25,0 даПа – в 37 ветвях;
- 25,0 – 51,6 даПа – в 14 ветвях;
- 51,6 – 133,0 даПа – в 11 ветвях;
- более 133,0 даПа – в 3 ветвях.

2. Аналогично, для ветвей, в которых измеренная депрессия на вентиляционных сооружениях была больше расчетной, были получены следующие показатели:

- 0,76 – 25,0 даПа – в 34 ветвях;
- 25,0 – 90,0 даПа – в 7 ветвях.

С целью определения достоверности проведенных измерений перепадов давления на вентиляционных сооружениях шахты в период с 30.03.2004 по 1.04.2004 гг. были проведены контрольные замеры на вентиляционных сооружениях в выработках, где проводились замеры в декабре 2003 г (номера выработок указаны в таблице 1). Измерения проводились одновременно двумя аэродинамическими преобразователями ПРД № 4, ПРД № 5, с использованием для контроля U – образного микроманометра.

Экспериментальные исследования показали, что отклонение результатов измерений между аэродинамическими преобразователями и U – образным микроманометром не выходит за пределы основной приведенной погрешности (10%), что соответствует требованиям технического задания на разработку ПРД и свидетельствует о его пригодности для измерения потерь давления на вентиляционных сооружениях в шахтных условиях как средства измерения.

Результаты проведенных контрольных замеров перепадов давления на вентиляционных сооружениях шахты приведены в таблице 1

Таблица 1 – Результаты контрольных замеров перепадов давления на вентиляционных сооружениях шахты в период с 20.03 по 24.03. 2004 года

№ за-мера	Номер ветви	Наименование выработки	Номер двери	Депрессия, даПа			Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	Примечания
				ПРД№4	ПРД№5	У-образ.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	553	Грузовая ветвь ств. № 1 зап. отк. кв-га пл. l <sub>7</sub>	1	166	168	180	390	
2	553	Грузовая ветвь ств. № 1 зап. отк. кв-га пл. l <sub>7</sub>	2	156	163	180	390	
3	553	Грузовая ветвь ств. № 1 зап. отк. кв-га пл. l <sub>7</sub>	3	79	77	80	390	
4	673	Сбойка грузовой ветви с ходком чистки зумпфа ств. №1	1	18	19	18	120	
5	673	Сбойка грузовой ветви с ходком чистки зумпфа ств. №1	2	6	6	8	120	
7	661	Породная загрузка ств № 1	1	44	43	42	320	
8	661	Породная загрузка ств № 1	2	9	9	10	120	
9	661	Породная загрузка ств № 1	3	10	10	10	120	
10	376	Ходок чистки зумпфа	1	21	22	20	130	
11	376	Ходок чистки зумпфа	2	24	24	26	130	
12	359	Порожняковая ветвь ств № 1	1	108	106	108	370	
13	359	Порожняковая ветвь ств № 1	2	285	295	296	370	
14	359	Порожняковая ветвь ств № 1	3	21	20	22	370	
15	325	Вост кор. штр пл. l <sub>7</sub> вост. П-л. Кв-г пл. l <sub>4</sub>	1	9	9	10	110	
16	325	Восточный кор. штр пл. l <sub>7</sub> вост. Параллел. Кв-га на пл. l <sub>4</sub>	2	23	23	26	110	
17	325	Восточный	3	23	24	26	110	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		кор. штр пл. $l_7$ вост. Парал- лел. Кв-га на пл. $l_4$						
18	325	Восточный кор. штр пл. $l_7$ вост. Парал- лел. Кв-га на пл. $l_4$	4	43	45	46	110	
19	325	Восточный кор. штр пл. $l_7$ вост. Парал- лел. Кв-га на пл. $l_4$	5	260	250	260	110	
20	722	Заезд с кор. штр. г. 1078 на вост кор отк. штр. г. 1078 м	1	126	120	126	250	Дверь за- лита во- дой
21	722	Заезд с кор. штр. г. 1078 на вост кор отк. штр. г. 1078 м	2	139	138	138	250	
22	722	Заезд с кор. штр. г. 1078 на вост кор отк. штр. г. 1078 м	3	64	64	68	250	
23	103	Нижняя при- емная пло- щадка в сп укл № 6	1	72	66	72	280	Забурены вагоны. Переход с одного Г/вент на другой
24	103	Нижняя при- емная пло- щадка в сп укл № 6	2	94	85	96	280	
25	103	Нижняя при- емная пло- щадка в сп укл № 6	3	55	53	52	280	
26	103	Нижняя при- емная пло- щадка в сп укл № 6	4	156	124	152	280	
27	103	Нижняя при- емная пло- щадка в сп укл № 6	5	126	112	119	280	
28	660	Зап. кор. отк. штр. г. 1078	1	33	32	36	300	
29	660	Зап. кор. отк. штр. г. 1078	2	33	31	38	300	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	660	Зап. кор. отк. штр. г. 1078	3	110	87	110	300	
32	660	Зап. кор. отк. штр. г. 1078	5	172	140	174	300	
32	660	Зап. кор. отк. штр. г. 1078	5	172	140	174	300	

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Диспетчерский контроль проветривания шахты. Абрамов Ф.А., Бойко В.А., Фрундин В.Е., Безкровный Н.В., Коргод Л.И., Лимаренко П.Л. Безопасность труда в промышленности. – 1972. -№6. –С. 51-53.
2. Методы контроля и анализа аэродинамических процессов добычных участков. Лысенко В.Н., Безкровный Н.В., Вечеров В.Т., Алексеев Г.Т., Кулик Н.В. Совершенствование проветривания шахт (Тезисы докладов Всесоюзного научно-исследовательского совещания, сентябрь 1972). – Новочеркасск, 1972. – С.53-54.
3. Контроль параметров рудничной атмосферы. Лысенко В.Н., Безкровный Н.В. Безопасность труда в промышленности. 1974. -№2. –С.39-40.
4. Электронный анемометр АПР-2 и оснащение им шахт / Мещеряков А.А. // Уголь, - 2001. -№6. - С.63-65.
5. Депрессионная служба ГВГСС: задачи усложняются, проблемы остаются (Заболотный А.Г., Комков А.М., Хоруженко О.И., Адоньев Г.А. / Уголь Украины. - 1999. - №2. С. 32-34.
6. Аэродинамическая приставка к анемометру АПР-2. Безкровный Н.В., Лимаренко П.Л., Кокоулин И.Е., Пономаренко Т.В., Белый В.А., Хоруженко О.И. Уголь Украины. - 2003. - №3. С. 18-19.

**УДК 502.7+622.004**

Канд. техн. наук Є.О. Воробйов,  
канд. техн. наук М.О. Ніколенко,  
О.Г. Сохін (Автодорожний інститут ДНТУ),  
канд. техн. наук С.Ю. Андреев (ІГТМ НАН України)

#### **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТА ТЕХНОЛОГІЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВУГІЛЛЯ**

Выполнен анализ потерь угля при транспортировании в железнодорожных вагонах. Дана формула расчета потерь угля при выдувании из вагонов. Даны технические решения уменьшения потерь за счет применения полимерных материалов

#### **ECOLOGICALLY CLEAN TECHNOLOGY OF ECONOMY OF RESOURCES AT THE PORTAGE OF COAL**

The analysis of coal loss while being transported in trains is done. The calculation formula of coal loss while being blown out of trains is suggested. Technical approaches to reducing coal loss thanks to using polymeric materials are suggested.

Цінне коксівне вугілля добувається на шахтах Центрального району Донбасу (ЦРД) при розробці тонких крутих пластів на глибинах в один кілометр і більше, внаслідок чого собівартість видобутого вугілля зростає, погіршуються умови праці гірників. Тому проблема збереження піднятого на поверхню вугілля є актуальною.

Транспортування основної частини вугілля від шахт до центральних збагачувальних фабрик (ЦЗФ): Узловська, Горлівська, Калінінська, Микитівська, Дзержинська і від ЦЗФ до користувачів здійснюється залізничним транспортом.

Для транспортування вугілля використовуються чотирьохосні вагони вантажністю 63 т. Завантаження вагонів з метою їх раціонального використання здійснюється