

Канд. техн. наук А.В. Боровский,
канд. техн. наук Т.В. Бунько
(ИГТМ НАН Украины),
инж. О.С. Торопчин
(Минуглепром Украины)

ОЦЕНКА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СХЕМ ПРОВЕТРИВАНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НА ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОМ ВЫЕМОЧНОМ УЧАСТКЕ

Для аналізу вентиляційної системи ділянок здобичі при схемі з підсвеженням і комбінованій схемі застосований принцип побудови контурного з'єднання, що входять в нього воздухоподающих і воздухоотводящих виробіток. При схемі з підсвеженням вентиляційна мережа розглядалася як замкнутий контур з діагональним з'єднанням вироблень. При комбінованій схемі провітрювання та ж мережа розглядалася як система, що складається з послідовного і паралельного з'єднання вироблень з одночасною дією на неї 2-х вентиляторів.

ESTIMATION OF THE AERODYNAMIC PARAMETERS OF THE CHARTS OF VENTILATION, APPLIED FOR THE MANAGEMENT BY DISTRIBUTING OF AIR ON A HIGH-PERFORMANCE OF BOOTY AREA

For the analysis of the vent system of booty area at a chart with by dilution and combined chart principle of construction of contour connection is applied, included in him giving air and taking air making. At a chart with by dilution a vent network was examined as reserved contour with diagonal connection of making. At the combined chart of ventilation that network was examined as system consisting of successive and parallel connection of making with simultaneous influence on her of 2th ventilators.

Исследования аэродинамических параметров схем проветривания проведены с целью сравнения эффективности схем проветривания, применяемых на угольных шахтах Украины. Одним из наиболее сложных горных предприятий, нуждающихся в решении таких исследований, является шахта им. А.Ф. Засядько. Поэтому основное внимание ориентировано на состояние и особенности проветривания добычных и вентиляционных участков этой шахты.

В последние годы на шахте отдают предпочтение системе разработки длинными столбами по простиранию. Такая система позволяет произвести детальную доразведку оконтуриваемой части пласта, дренирование газа из массива угля или предварительную дегазацию до начала ведения очистных работ. В дальнейшем, в период ведения очистных работ она позволяет снизить утечки воздуха на участке, затраты на поддержание вентиляционных и конвейерных штреков и т.д. К главным достоинствам столбовой подготовки следует отнести возможность применения более совершенных схем проветривания добычных участков. А при совместном их использовании со способами дегазации - успешно решать вопросы о высоких нагрузках на очистные забои при отработке выбороопасных и газоносных пластов на больших глубинах.

Для применения на газообильных участках схем проветривания с обособленным разбавлением газа по источникам его поступления дополнительно про-

водились вспомогательные выработки на фланге шахтного поля или через выработанное пространство ранее отработанного столба. При этом, погашение отработанных вентиляционных выработок, как таковое, не производится. Предварительная подготовка сети выработок обеспечивает необходимые условия для экспериментального маневрирования вентиляционными струями.

Использование воздухоотводящих выработок на фланге шахтного поля позволяет осуществить независимое восходящее проветривание по схемам 1-В-Н-в-пт, 2-В-Н-в-пт, 1-К-Н-в-вт, представленным на рис. 1.

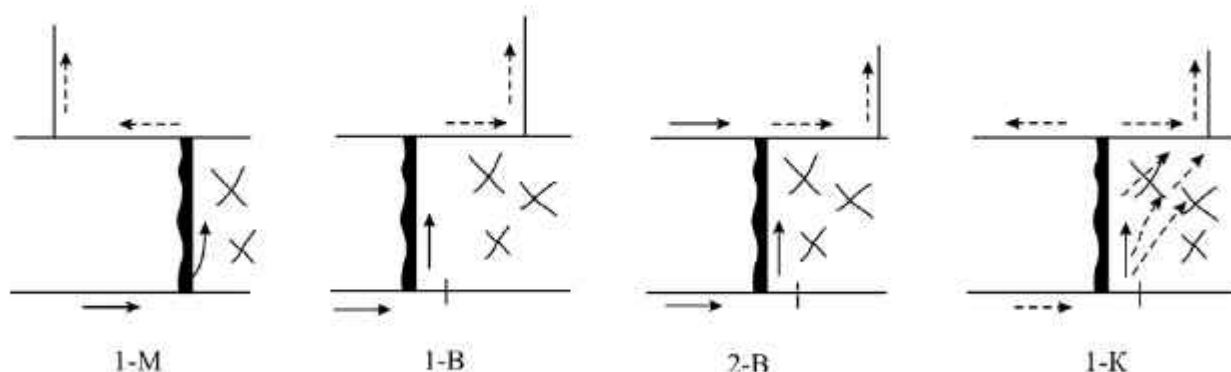


Рис. 1 – Схемы проветривания, применяемые на добычных участках шахты им. А.Ф. Засядько

Использование вентиляционных ходков, пройденных через выработанное пространство ранее отработанного столба и сбитых с вентиляционным штреком задолго до подхода очистного забоя к этому сопряжению, позволяет перейти от схемы 1-М-Н-в-вт к тем же независимым восходящим схемам проветривания добычных участков.

Но в этом случае, переход возможен только после прохода очистными работами сопряжения ходка с вентиляционным штреком, т.е. намного позже, чем при использовании фланговых выработок. На газообильных участках периоды применения возвратноточной схемы проветривания (в чистом виде) не применяют, а прибегают к комбинированной схеме проветривания 1-К*, при которой газовоздушную смесь в объеме притечек из выработанного пространства отводят по трубопроводу за пределы участка с помощью средств вакуумирования [1].

К аэродинамическим параметрам, как известно, относят депрессию h и сопротивление r задействованных в схеме проветривания выработок, а также расход воздуха Q в этих выработках.

По вполне понятным причинам эти параметры не следует рассматривать самостоятельно в отрыве от эффективности самой схемы проветривания, применяемой в конкретных горно-геологических условиях, поскольку в противном случае самая неэффективная схема проветривания может оказаться наиболее выгодной. Величину этих параметров необходимо рассматривать во взаимосвязи с газообильностью добычного участка – основного показателя уровня техники безопасности и нагрузки на забой.

Для решения такой задачи произведены измерения и анализ аэрогазодинами-

ческих параметров вентиляционной сети добычного участка при различных схемах проветривания в различные периоды отработки столба.

В качестве объекта для исследований выбран добычной участок 10-й западной лавы. Отрабатываемый пласт l_1 "Семеновский" мощностью $1,6 \div 2,5$ м имеет природную газоносность $22 \div 24$ м³/т с.б.м., опасен по внезапным выбросам угля и газа. Применяется столбовая система отработки по простиранию. Длина столба 2200 м, очистной выработки – 250 м. В начальный период работы добычного участка проветривается по схеме 2-В-Н-в-пт. Свежий воздух подается по вентиляционному и конвейерному штрекам. В отработанной части столба эти выработки поддерживаются (кроме крепи из спецпрофиля) охранными полосами из блоков БЖБТ. Исходящая струя участка отводится по оставленному вентиляционному штреку в отработанной части столба в специально пройденную выработку на фланге шахтного поля. В различные периоды работы на участок подается от 2100 до 3500 м³/мин воздуха. Среднесуточная нагрузка на очистной забой 3300 т. Газообильность участка $50 \div 70$ м³/мин.

Использованы материалы газовоздушных и депрессионных съемок, выполненных в различные периоды отработки столба, в том числе при схема 2-В-Н-в-пт и 1-К-Н-в-вт [2].

На первом этапе исследований, который производился до посадки основной кровли (очистной забой на расстоянии 110 м от разрезной печи), утечки из очистной выработки и конвейерного штрека (рис. 2) распределились равномерно и достигали 100 м³/мин на 40 м их длины (40 м – шаг измерения депрессии микроманометром)

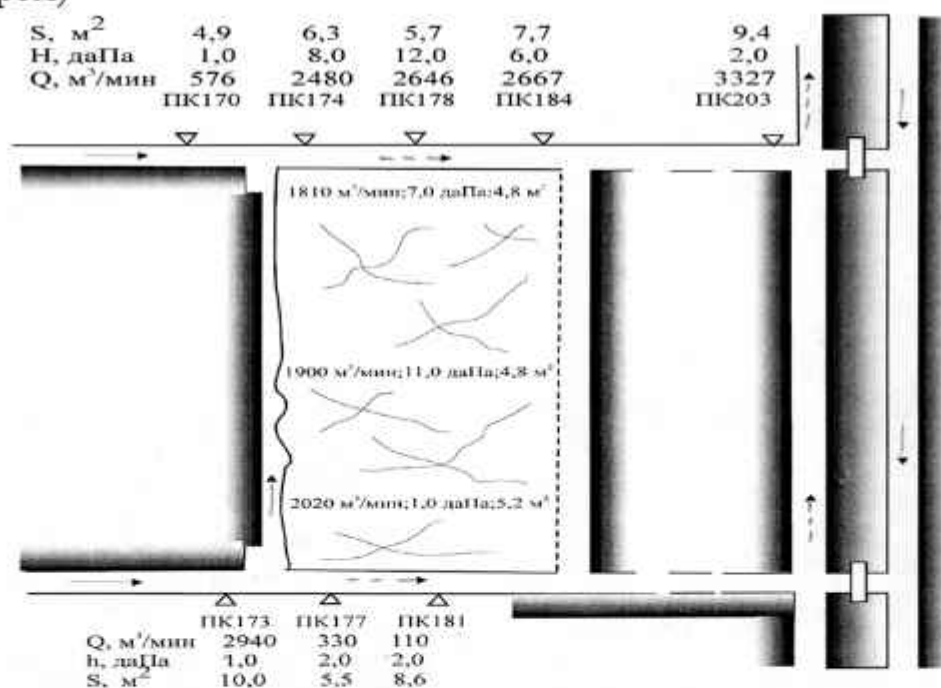


Рис. 2 – Результаты депрессионной съемки на добычном участке 10-й западной лавы по пл. l_1 (15.04.03)

Одновременно, равномерно распределенные притечки газовой смеси в неконтролируемую часть вентиляционного штрэка достигали $400 \text{ м}^3/\text{мин}$ на тот же шаг измерений (рис. 3).

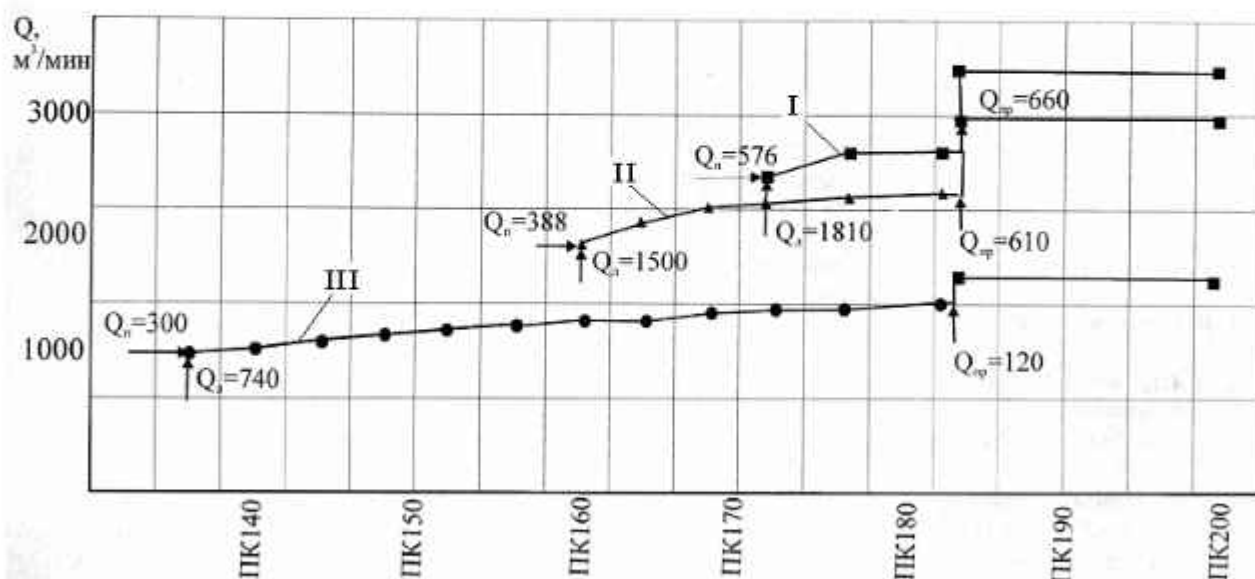


Рис. 3 – Распределение притечек в воздухоотводящую выработку 10-й западной лавы при различных расстояниях очистного забоя от разрезной печи и режимах проветривания

В начальный период работы добычного участка происходило интенсивное проветривание оставляемых позади лавы выработок и выработанного пространства. Этому способствовала применяемая схема проветривания 2-В-Н-в-пт, удовлетворительное состояние оконтуривающих выработок в отработанной части столба (до посадки основной кровли), а также неподготовленность к работе вентиляционных регулирующих устройств. Поэтому утечки из очистной выработки в выработанное пространство представляли собой равномерно сужающийся поток газовой смеси к сопряжению неконтролируемой части вентиляционного штрэка с воздухоотводящей выработкой на фланге шахтного поля. Расход свежего воздуха, подаваемого по конвейерному штрэку, составлял $2940 \text{ м}^3/\text{мин}$, подсвежающей струи – $570 \text{ м}^3/\text{мин}$. Газообильность участка составляла $39,9 \text{ м}^3/\text{мин}$ при нагрузке на забой 3660 т/сут .

На втором этапе исследований аэрогазодинамики добычного участка (рис. 4) очистной забой находился от разрезной печи на расстоянии 230 м .

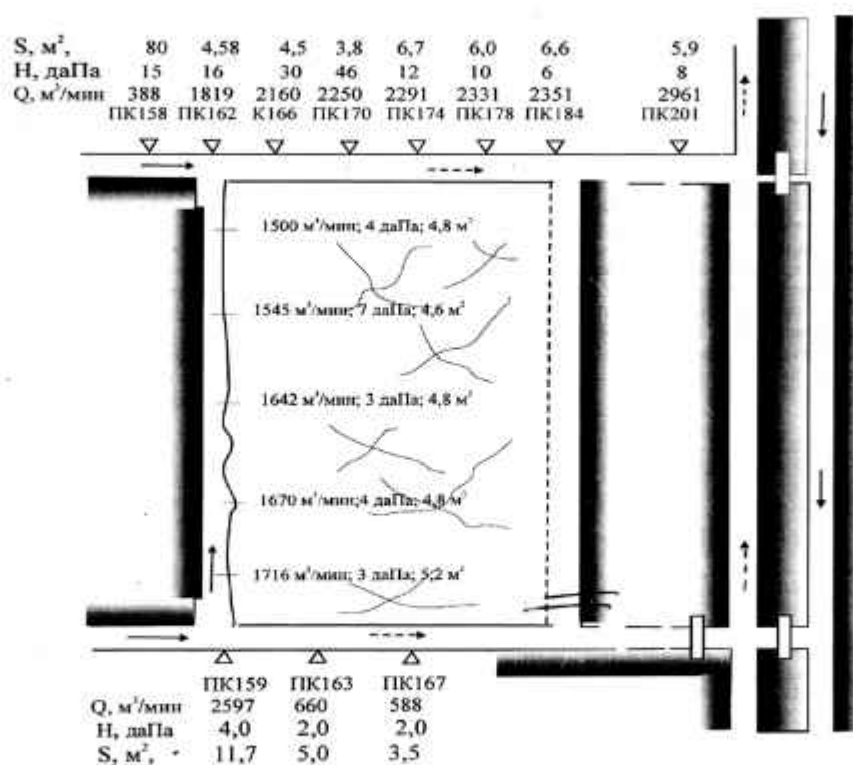


Рис. 4 – Результаты депрессионной съемки на добычном участке 10-й западной лавы по пл. I₁ (23.05.03)

Теперь, после проявления горного давления, посадки основной кровли и деформации вмещающих пород резко снизилась пропускная способность погашаемых выработок. Поперечное сечение погашаемого вентиляционного штрека уменьшилось с 4,5 до 3,8 м², а конвейерного – до 5÷4 м².

Это подтверждается изменением r неконтролируемой части вентиляционного штрека за время работы добычного участка (рис. 5).

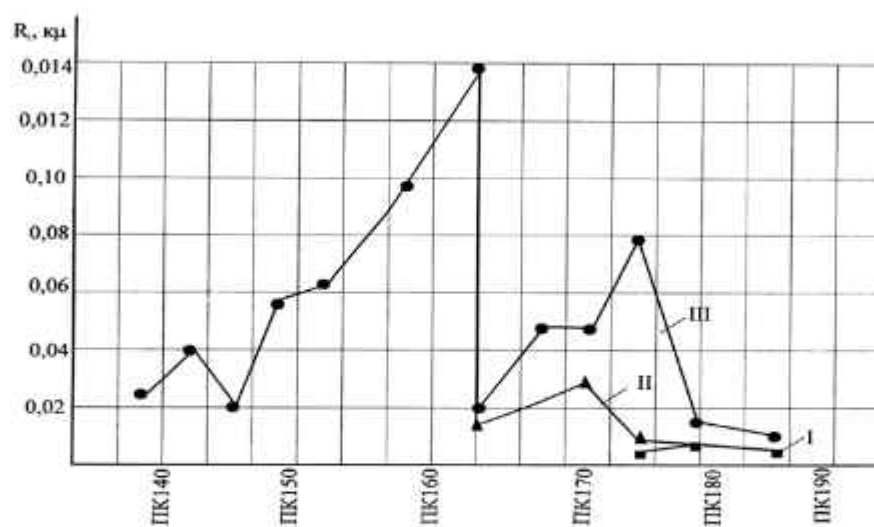


Рис. 5 – Изменение аэродинамического сопротивления по длине погашаемой части вентиляционного штрека с удалением лавы от разрезной печи

За период, прошедший между съемками, длина этого штрека увеличилась вдвое, а аэродинамическое сопротивление – в 6 раз. В соответствии с этим приточки на вентиляционный штрек в среднем снизились до $90 \text{ м}^3/\text{мин}$, а ближе к разрезной печи – до $40 \text{ м}^3/\text{мин}$ на шаг измерений. В этот период нагрузка на очистной забой составляла 4300 т/сут , а газообильность участка $74 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Во время проведения третьего этапа измерений – газовоздушная и депрессионная съемки (рис. 6) – отработанная часть выемочного столба достигла 470 м .

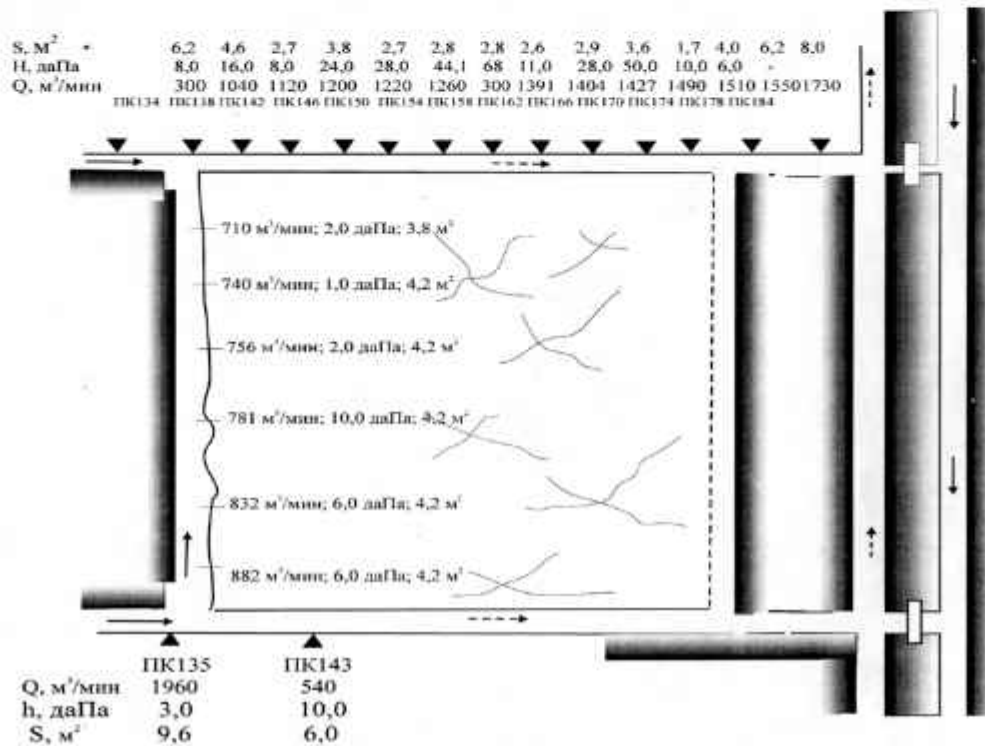


Рис. 6 – Результаты депрессионной съемки на добычном участке 10-й западной лавы по пл. 1₁ (29.07.03)

О произошедшей деформации вмещающих пород на отдельных участках неконтролируемой части вентиляционного штрека наглядно свидетельствуют потери депрессии (рис. 7).

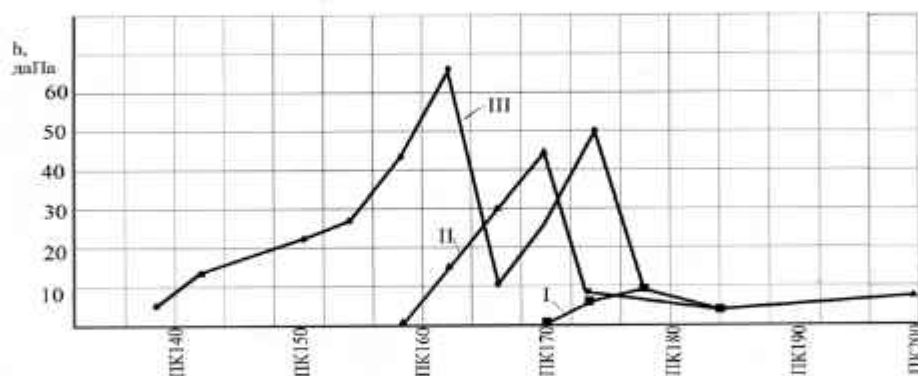


Рис. 7 – Потери депрессии на длине воздухоотводящей выработки 10-й западной лавы при разных расстояниях очистного забоя от разрезной печи и режимах проветривания по схеме 2-В

Из полученных результатов также следует, что с увеличением длины не-

контролируемой части вентиляционного штрека его аэродинамическое сопротивление возросло более чем в 40 раз (рис. 8).

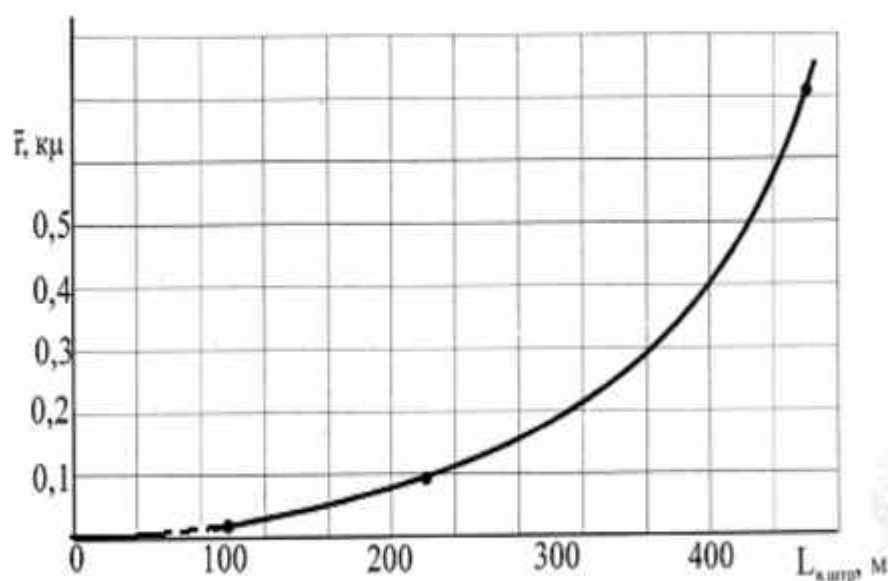


Рис. 8 – Изменение средней величины аэродинамического сопротивления неконтролируемой части вентиляционного штрека от его длины

По характеру роста видно, что аэродинамическое сопротивление этой части штрека стремится к постоянному увеличению, а пропускная его способность, наоборот, – к снижению. В перспективе воздухоотводящая выработка в схеме проветривания 2-в-Н-в-пт не сможет пропустить требуемое количество воздуха по газовому фактору, что приведет к необходимости более раннего ввода в работу средств дегазации выработанного пространства или же замены действующей схемы проветривания 2-В-Н-в-н на схему 1-К-Н-в-вт.

В период проведения исследований на участке 10-й западной лавы введена в работу подземная ВНС для дегазации выработанного пространства. Это позволило при нагрузке на забой 4000 т/сут понизить газообильность добычного участка до 37,9 м³/мин.

По результатам выполненных депрессионных съемок произведен расчет аэродинамических параметров основных ветвей и всего диагонального соединения выработок, которое соответствует схеме проветривания 2-В-Н-в-пт добычного участка 10-й западной лавы (табл. 1).

Таблица 1 – Линейные и аэродинамические параметры диагонального соединения выработок добычного участка 10-й западной лавы (схема проветривания 2-В-Н-в-пт) в различные периоды отработки столба

Параметры ветви	АС (вент. штрек)			АВ (конв. штрек)			АВС (для проверки)			ВС (очистн. выр.)		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$L, \text{ м}$	1740	1620	1380	1740	1620	1420				250	250	250
$Q, \text{ м}^3/\text{мин}$	576	388	280	2940	2597	1960	3531,4	3003,5	2238,4	1910	1615	786
$Q_{\text{ут.пр.}}, \text{ м}^3/\text{мин}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(210)	(130)	(190)
$h, \text{ даПа}$	183,6	127,8	84,9	165,6	106,8	59,9	183,6	127,8	84,9	18	21	25
$r, \text{ к}\mu$	1,99	3,28	3,98	0,069	0,064	0,056	0,053	0,051	0,061	0,018	0,029	0,16
Параметры ветви	ВД (погашаем. к\штр)			СД (погашаем. в\штрек)			ВСД (для проверки)					
	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23			
$L, \text{ м}$	110	230	470	110	230	470						
$Q, \text{ м}^3/\text{мин}$	265	490	540	2590	2212	1325	2224,5	2082,9	12			
$Q_{\text{ут.пр.}}, \text{ м}^3/\text{мин}$	(230)	(260)	(450)	(420)	(480)	(860)						
$h, \text{ даПа}$	44	141	326	26	120	301	44	141	3			
$r, \text{ к}\mu$	2,25	2,11	4,34	0,014	0,088	0,62	0,032	0,117	0			

$$H_{y^{\text{в}}_1} = Q_{y^{\text{в}}_1}^2 \frac{r_{\text{AC}} x^2 + r_{\text{CD}} (1+x)^2}{(1+x+y)^2} = 274,2 \text{ даПа} \quad R_{y^{\text{в}}_1} = H_{y^{\text{в}}_1} / Q_{y^{\text{в}}_1} = 0,08 \text{ к}\mu$$

$$H_{y^{\text{в}}_2} = \quad = 300,2 \text{ даПа} \quad R_{y^{\text{в}}_2} = \quad = 0,12 \text{ к}\mu$$

$$H_{y^{\text{в}}_3} = \quad = 560,1 \text{ даПа} \quad R_{y^{\text{в}}_3} = \quad = 0,40 \text{ к}\mu$$

Линейные характеристики и аэродинамические параметры выработок добычного участка, соответствующие периоду, когда от разрезной печи до очистного забоя расстояние составляет 110 м представлен на рис. 9 в виде замкнутого контура с диагональным соединением ветвей.

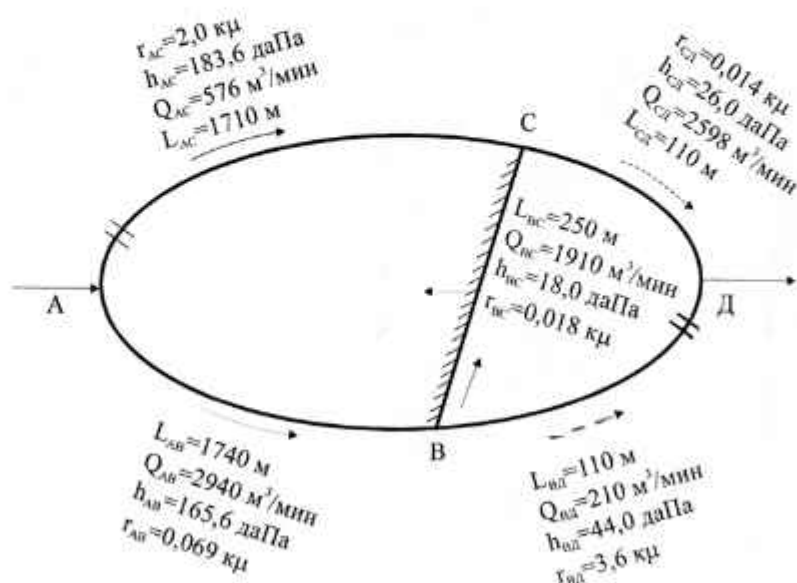


Рис. 9 – Линейные характеристики и аэродинамические параметры выработок добычного участка 10-й западной лавы, проветриваемого по схеме 2-В-Н-в-пт

Здесь по измеренным Q_{CD} и h_{CD} , а также Q_{BC} и h_{BC} , определены аэродинамические сопротивления соответствующих ветвей. В связи с существующими распределенными утечками в ветви ШВС и притечками в ветви СД значения Q_{BC} и Q_{CD} усреднены. Их усредненные значения определены как среднеарифметическая величина от числа произведенных измерений расходов воздуха (рис. 2) на длине ветвей, т.е. как $\sum_{i=1}^{n-i} Q_i / n_i$. После чего получены значения r_{BC} и

r_{CD} [2]. Аэродинамическое сопротивление ветви АВ определено по величине удельного аэродинамического сопротивления $r_{уд. АВ}$, установленного по результатам трех аэродинамических съемок. Так как конвейерный штрек пройден в массиве горных пород, не подвергается динамическим воздействиям и находится в устойчивом равновесии, то, в любом случае, его аэродинамическое сопротивление зависит исключительно от длины, т.е. $r_{AB} = r_{уд. АВ} L_{К штр}$. Теперь, зная r_{AB} и Q_{AB} , находим h_{AB} . Далее, зная h_{AB} и Q_{AC} , определяем аэродинамическое сопротивление ветви АС.

Аналогично определяем депрессию h_{BD} для второго параллельного соединения. Затем, принимая во внимание, что в ветви ВД имеют место распределенные утечки, находим средний расход воздуха Q_{BD} и соответствующую величину аэродинамического сопротивления r_{BD} [2].

В рассматриваемой схеме проветривания добычного участка имеются утечки воздуха, которые движутся через выработанное пространство к сопряжению погашаемой части вентиляционного штрека с воздухоотводящей фланговой выра-

боткой (узел Д). Их можно условно принять за ветвь утечек. Эту условную ветвь образуют, в основном, утечки из сопряжения конвейерного штрека с очистной выработкой, а также часть распределенных утечек из очистной выработки (ветвь ВС) и неконтролируемой части конвейерного штрека (ветвь ВД). Учитывая общую сумму всех утечек и принимая во внимание равенство депрессий в параллельных ветвях, находим аэродинамическое сопротивление условной ветви утечек и аэродинамическое сопротивление выработанного пространства $r_{выпр.пр.}$.

Изменение аэрогазодинамических параметров выемочного участка, проветриваемого по схеме 2-В, в процессе отработки столба представлено в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение аэрогазодинамических параметров выемочного участка, проветриваемого по схеме 2-В, в процессе отработки столба

Депрессионные съемки	Соотношение длин воздухоотвод. выработок к воздухоподающим	Депрессия участка $H_{вн}$, даПа	Аэродин. сопротив. доб. Участка	Аэродинамическое сопротивление параллельных соединений в схеме проветривания 2-В			Газообильность участка с учетом дегазации $J_{гед}$, м ³ /мин
				воздухоподающие $r_{под}$, кПа	воздухоотводящие		
					неконтролир. выработка $r_{отв.}$, кПа	неконтрол. и очистная выработки	
I	0,06	274,2	0,10	0,053	0,032	0,6	39,9
II	0,14	328,8	0,12	0,051	0,117	2,3	74,0
III	0,33	560,1	0,40	0,061	0,780	12,8	110,0
IV*	0,73	1021,0	0,70	0,056	3,24	57,9	144,8

* - Результаты получены с помощью метода графических построений.

Для определения аэродинамического сопротивления добычного участка 10-й западной лавы, проветриваемой по схеме 2-В-Н-в-пт, пользуемся данными табл. 1. Результаты показывают, что в зависимости от удаления очистной выработки от разрезной печи возрастает аэродинамическое сопротивление воздухоподающих и воздухоотводящих выработок. Рост аэродинамического сопротивления воздухоподающих выработок связан исключительно с проводимым отрицательным регулированием расхода воздуха подсвежающей струи, а рост того же сопротивления воздухоотводящих – с проявлением горного давления и деформацией выработок, оставленных в выработанном пространстве. Об интенсивном характере этого процесса свидетельствует скачкообразный рост соотношений аэродинамического сопротивления между параллельными соединениями $r_{ВСДВ}$ и $r_{АВСА}$ в схеме проветривания 2-В-Н-в-пт (табл. 2). В конечном итоге, это ведет к снижению пропускной способности воздухоотводящих выработок, снижению расхода воздуха, необходимого для разжижения выделяющегося метана и, как следствие, – к повышению газообильности добычного участка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка эффективности схем проветривания добычных участков шахты им. А.Ф. Засядько / И.А. Ефремов, Б.В. Бокий, А.В. Боровский // Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. Тр. / Ин-т геотехн. Механики НАН Украины. – Днепропетровск, 2002. Вып. 37. – С. 115 – 122.

2. Повышение эффективности проветривания угольных шахт с высоконагруженными лавами / А.Ф. Булат, Е.Л. Звягильский, Б.В. Бокий, В.В. Радченко, И.А. Яшенко, И.А. Ефремов, О.С. Торопчин, Т.В. Бунько, Н.В. Карнаух, Е.Я. Самойленко, В.Г. Красник, А.В. Боровский, И.Е. Кокоулин. – Днепропетровск, 2004. – С. 144 – 175.

УДК 622.063.4

Канд. техн. наук О.В. Рябцев
(ИГТМ НАН Украины)

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛОСТЕЙ РАССЛОЕНИЯ, НА
УСЛОВИЯ УГЛЕДОБЫЧИ В ГАЗОНАСЫЩЕННОМ
МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД**

Наведено оцінку гірничотехнічних та гірничо-геологічних факторів та умов, що впливають на особливості формування порожнин розшарування та на умови видобутку вугілля у газонасиченому масиві гірських порід.

**ESTIMATION OF INFLUENCE OF THE FACTORS DETERMINING
FEATURES OF FORMATION OF CAVITIES OF STRATIFICATION, ON
CONDITIONS OF COAL OUTPUT IN A FILE OF ROCKS WHICH ARE
SATED WITH GAS**

The estimation of mine technical and mountain - geological factors and conditions which influence features of formation of cavities of stratification and on conditions of a coal mining in a file of rocks which are sated with gas is resulted.

Механизм процесса формирования и развития полостей расслоения в породном массиве определяется качественными и количественными характеристиками и показателями напряженно-деформированного состояния подработанной толщи слоистых пород и динамики его изменения во времени и пространстве.

Поэтому к определяющим процесс формирования и развития полостей расслоения горнотехническим параметрам и факторам, относится весь их комплекс, характеризующий параметры сдвижения слоистого, разномодульного горного массива. Однако необходимо учитывать, что не только качественные, но и количественные показатели процесса расслоения пород с образованием полостей могут иметь характерные особенности, адекватные специфическим условиям ведения горных работ, другими словами быть имманентной характеристикой конкретного добычного участка во взаимоувязке со всем комплексом горнотехнических, производственных условий и фактора времени.

Известные к настоящему времени результаты немногочисленных исследований, посвященных изучению некоторых аспектов процесса образования полостей расслоения в горном массиве, находящемся в зоне влияния горных работ, имеют, в основном, характер методологических и аналитических обобщений [1 – 6]. Поэтому опубликованные данные позволяют оценить только качественную сторону данного вопроса, которая сводится к следующему.