

УДК 622.817.4+622.454

**Т.В. Бунько**, д-р техн. наук, ст. научн. сотр.  
(ИГТМ НАН України)

**К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССАМИ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ НА  
ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ**

**Т.В. Бунько**, д-р техн. наук, ст. наук. співр.  
(ИГТМ НАН України)

**ДО ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ  
ПРОЦЕСАМИ ПОВІТРОРІЗПОДІЛУ І ГАЗОВИДІЛЕННЯ НА  
ВИЙМКОВИХ ДІЛЯНКАХ**

**T.V. Bunko**, D. Sc. (Tech.), Senior Researcher  
(IGTM NAS of Ukraine)

**TO THE ISSUE OF IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY FOR  
CONTROLLING AIR-DISTRIBUTION AND GAS-RELEASE PROCESSES  
IN THE WORKING AREAS**

**Аннотация.** Рассмотрен процесс развития технологических схем проветривания и дегазации выемочных участков угольных шахт. Показано, что вакуумирование и отвод по трубопроводу притечек газозвоздушной смеси из верхней части лавы за пределы выемочного участка создает возможность влиять на аэродинамический процесс одновременно в двух направлениях – в управлении газовойделением и воздухораспределением. Такое влияние рассмотрено в условиях основных используемых схем проветривания. Освещены вопросы совершенствования технологии совместного управления процессами воздухораспределения и газораспределения навыемочных участках, что позволит увеличить эффективность проветривания за счет перераспределения долевого участия вентиляции и дегазации в процессе удаления метана за пределы выемочного участка с последующим обогащением метановоздушной смеси с ее последующей утилизацией.

**Ключевые слова:** технологические схемы проветривания, дегазация выемочных участков, вакуумирование, воздухораспределение.

По мере увеличения глубины ведения горных работ, выделение метана непрерывно возрастает, что связано с увеличением газоносности угольных пластов и вмещающих пород. В соответствии с этим изменяется и структура газового баланса, в котором все более повышается удельный вес выработанного пространства. Уже при сплошной системе отработки на некоторых действующих выемочных участках газовойделение из выработанного пространства достигает 70-80% от их общего дебита метана.

Последнее усложняет технологию ведения горных работ, а недоступность выработанного пространства не позволяет непосредственно воздействовать на его газообильность.

Особенностью газовойделения из выработанного пространства является его независимость от вида работ по выемке угля, а также возможность его резкого временного повышения в результате падения барометрического давления или обрушения кровли.

Известны случаи [1, 2], когда из-за этого происходит загазирование выработок выемочного участка на длительный период времени.

Уже с XVIII века отмечалась необходимость [1-3] тщательной изоляции выработанного пространства путем полной его закладки в целях предупреждения скопления и выделения рудничного газа в больших объемах. Значительно позже для борьбы со скоплениями метана в выработанном пространстве рекомендовалось отводить метановоздушную смесь при помощи устройства специальных каналов, позволяющих регулировать количество и направление ее движения или отводить по заранее проложенным дренажным трубам за счет разницы депрессии на их входе и выходе [1, 3]. В более поздний период рекомендовалось уже отсасывать газоздушную смесь из выработанного пространства по трубам с помощью вентиляторов, проветривать выработанное пространство в первые месяцы через специальные выработки и т.д.

В начале 50-х годов XX столетия начали успешно применять различные методы каптажа метана и его вывода за пределы выемочного участка, что явилось новым направлением в методах управления газовой выделением.

Опыт эксплуатации угольных месторождений показал, что наиболее перспективным является комплексный способ управления газовой выделением, сочетающий применение средств вентиляции и дегазации. Вентиляция – основное средство обеспечения жизнедеятельности и производительности труда горнорабочих. В угольной промышленности проблема изыскания способов повышения эффективности использования вентиляционного потока актуальна для шахт любой категорийности по газу. На негазовых шахтах рациональное использование воздушного потока необходимо как с экономической точки зрения, так и для создания нормальных санитарно-гигиенических условий. На газовых шахтах существует проблема разжижения и выноса метана, высокие концентрации которого сдерживают увеличение нагрузок на очистной забой.

Роль вентиляции возрастает с увеличением производственной мощности шахт и переходом работ на глубокие горизонты, так как при этом повышается газоносность месторождений, растет число пластов, склонных к внезапным выбросам угля и газа, повышается температура горных пород, возрастает интенсивность выделения пыли, ухудшаются климатические условия в горных выработках. Особенно сложная газовая обстановка создается на участках, обрабатывающих пласты с газоносными спутниками и окружающими породами, обуславливающими высокую газообильность выработанного пространства. Поэтому при скачках нагрузки на очистной забой на высокопроизводительных выемочных участках большое значение приобретают схемы проветривания с раздельным разжижением метана по источникам его выделения.

Применяемые схемы проветривания разделяются на схемы с односторонним (1-М-Н-в-вт; 2-М-Н-в-вт), двухсторонним (1-В-Н-в-пт; 2-В-Н-в-пт; 3-В-Н-в-пт; 1-М-Н-в-пт; 2-М-Н-н-пт) и трехсторонним (1-К-Н-в-вт; 1-В-Н-в-вт; 2-В-Н-в-вт; 3-В-Н-в-вт) примыканием вентиляционной струи к выработанному пространству. Схемы проветривания с трехсторонним примыканием (72%) применяются при сплошной системе разработки. В общем количестве участков схемы с односторонним примыканием составляют 20,8%, а с двухсторонним – 7,2%.

До 1956 г. по сплошной системе обрабатывалось около 95% всех пологих пластов Донбасса. В таких условиях возникают значительные трудности с проветриванием очистных забоев вследствие больших утечек воздуха. С увеличением скорости подвигания утечки воздуха возрастают из-за уменьшения уплотнения обрушенных пород в выработанном пространстве [1, 4].

Нормальное проветривание при прямом ходе обеспечивается только при полной закладке выработанного пространства, да и то не всегда.

Благодаря техническому прогрессу создались условия перехода на разработку угольных пластов по столбовой системе. На сильногазовых шахтах применение столбовой системы разработки сдерживается из-за сложности проветривания тупиковых подготовительных выработок большой длины. Вследствие этого на действующих сверхкатегорных шахтах Донбасса, разрабатывающих пологие и наклонные пласты, удельный вес столбовой системы в 1966 г. составлял только 17,2% тогда как в целом по Украине его значение достигало 56,1% [3]. Со временем столбовые системы разработки получают более широкое применение, поскольку они предусматривают обратный порядок отработки, обладающий рядом достоинств по сравнению с прямым, в особенности при высокой нагрузке на забой. В целом столбовая система разработки экономичнее сплошной на 8-15% в зависимости от мощности обрабатываемого пласта и газообильности выемочного участка [3, 5].

В настоящее время в проектах новых и на реконструируемых шахтах в качестве основной системы разработки независимо от глубины работ и метанообильности очистных выработок применяется система разработки длинными столбами по простиранию с возвратноточной схемой проветривания (схема 1-М-Н-в-вт), как более эффективная с экономической точки зрения по сравнению со сплошной. Однако такая схема обладает существенным недостатком: на сопряжении лавы с вентиляционным штреком образуются местные скопления метана с концентрацией, превышающей допустимое Правилами безопасности в угольных шахтах (ПБ).

Для ликвидации таких скоплений необходимо подавать подсвежающую струю воздуха. Причем этот метод рационален, если подсвежающая струя поступает со стороны массива, а исходящая струя выемочного участка отводится «на выработанное пространство» по неконтролируемой воздухоотводящей выработке (схема 2-В-Н-в-пт). При таком воздухораспределении решается вопрос изоляции выработанного пространства от призабойного. Здесь остается нерешенным только вопрос об отводе метана, поступающего из отбитого угля в свежую струю воздуха на конвейерном штреке.

Для применения на газообильных участках схем проветривания с обособленным разбавлением и удалением газа по источникам его поступления дополнительно проводят 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 условия для маневрирования вентиляционными струями.

Использование воздухоотводящих выработок на фланге шахтного поля по-

звolyает осуществить независимое восходящее проветривание по схемам 1-В-Н-в-пт, 2-В-Н-в-пт и 1-К-Н-в-вт [6]. К этим же схемам можно перейти с помощью вентиляционных ходков, пройденных через выработанное пространство ранее отработанного столба и сбитых с вентиляционным штреком задолго до подхода очистного забоя к этому сопряжению. Переход на эти схемы возможен только после прохода очистными работами сопряжения ходка с вентиляционным штреком, т.е. намного позже, чем при использовании фланговых выработок.

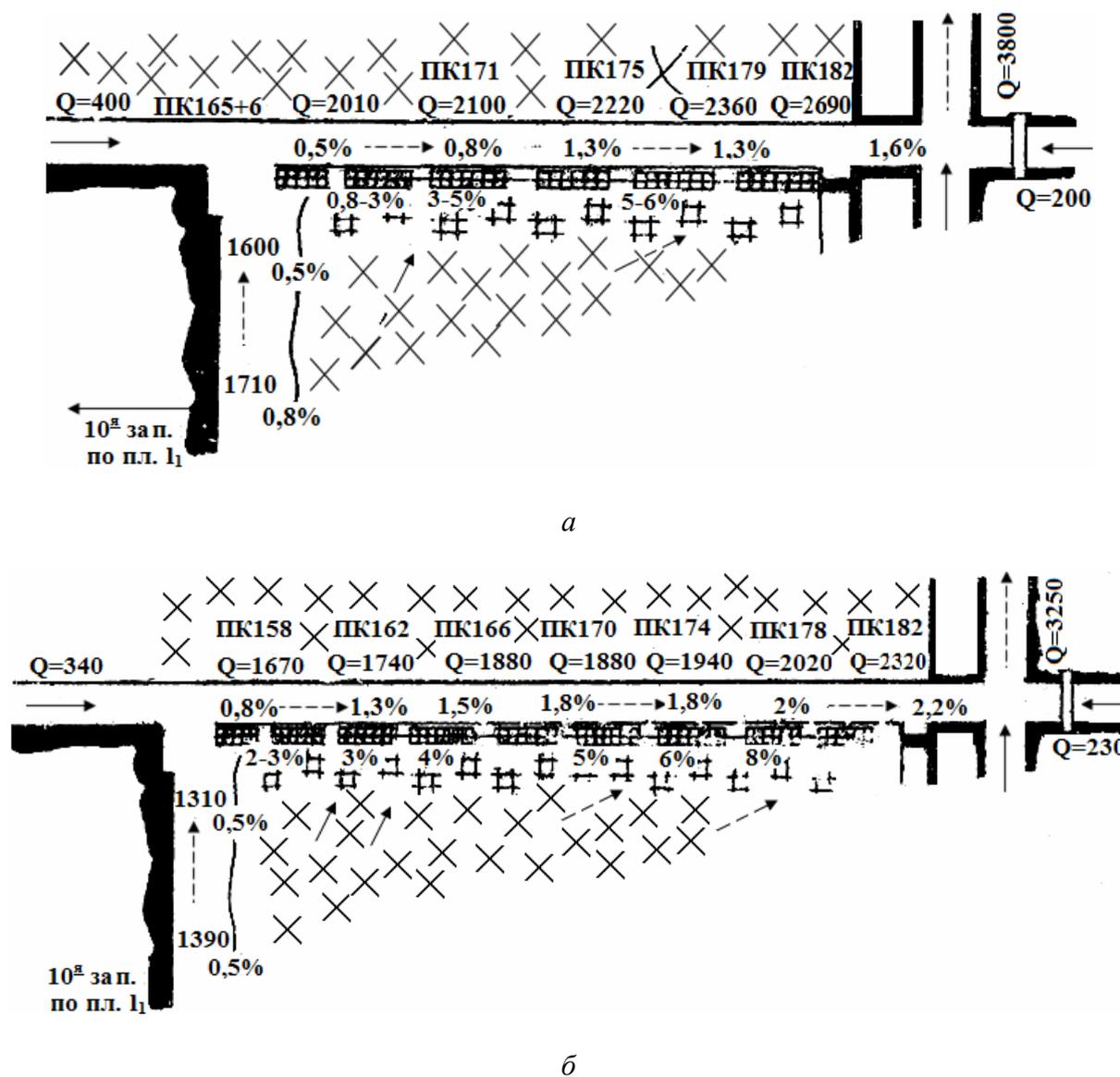
Так практически решается проблема рационального распределения воздуха в вентиляционной сети выемочного участка, если неконтролируемая воздухоотводящая выработка, находящаяся позади фронта очистных работ, обеспечивает необходимую пропускную способность в течение всего периода отработки выемочного столба. Период эксплуатации этой выработки определяется устойчивостью боковых пород и надежностью дополнительных мероприятий, принимаемых для ее поддержания в выработанном пространстве. Результаты экспериментальных наблюдений, проведенных на выемочных участках шахты им. А.Ф. Засядько, отрабатывающих угольные пласты с различной устойчивостью вмещающих пород, показывают, что эксплуатационная длина таких выработок в схемах 2-В-Н-в-пт может достигать 150-200 м (по пласту  $m_3$ ) и 600-800 м (по пласту  $I_1$ ).

В зависимости от удаления очистной выработки от разрезной печи, рост аэродинамического сопротивления неконтролируемой воздухоотводящей выработки связан исключительно с проявлением горного давления и ее деформацией. Снижение от этого пропускной способности ведет к снижению расхода воздуха, необходимого для разжижения выделяющегося метана и, как следствие, - к повышению газообильности выемочного участка при той же нагрузке на очистной забой (рис. 1).

Необходимость перехода от схемы проветривания 2-В на 1-К связана, прежде всего, с возможностью продолжить эксплуатацию неконтролируемой воздухоотводящей выработки путем снижении расхода струи, исходящей «на выработанное пространство». Последнее достигается за счет разделения исходящей струи из очистной выработки примерно на две равные части, направляемые «на массив» и «на выработанное пространство» (табл. 1).

Табличные данные (табл. 1) получены по результатам депрессионных съемок, выполненных ИГТМ НАН Украины, а также по результатам газоздушных съемок и специальных замеров поперечных сечений воздухоотводящей выработки, проведенных службами ВТБ и ПРТБ шахты им. А.Ф. Засядько [7].

Как видно из табл. 1, основная особенность заключается в том, что при переходе от схемы проветривания 2-В на комбинированное проветривание по схеме 1-К расход исходящей струи уменьшился на 23%, а депрессия неконтролируемой воздухоотводящей выработки - на 40%. Характерное снижение значений этих параметров удовлетворительно согласуется с законами рудничной аэродинамики [8]. Одновременно вторая половина струи, исходящей «на массив» (табл. 1), содержит метан, выделившейся из очистного забоя и отбитого угля, что составляет около 30% от общей газообильности участка.



*a* – до посадки основной кровли; *б* – после посадки основной кровли.

Рисунок 1 – Аэрогазодинамические параметры исходящих струй лавы и выемочного участка при схеме проветривания 2-В ( $L_{нк} = 180$  и  $270$  м, соответственно)

Сравнительно низкое содержание метана в этой струе, контролируемое датчиками метана, позволяет повысить нагрузку на забой по газовому фактору.

Момент перехода к комбинированной схеме характеризуется пересечением зависимостей роста аэродинамического сопротивления неконтролируемой воздухоотводящей выработки и газообильности участка. Проекция этой точки на ось абсцисс указывает оптимальное расстояние, пройденное очистным забоем от разрезной печи (т.е. длину воздухоотводящих выработок), после которого следует переходить от схемы проветривания с подсвежением к комбинированной. Для увеличения продолжительности использования неконтролируемой воздухоотводящей выработки позади фронта очистных работ, необходимо в период проведения вентиляционных штреков применять комбинированное крепление (арочная крепь с анкерами), при котором анкерная крепь препятствует разделению породных слоев.

Таблица 1 – Аэродинамические параметры неконтролируемой воздухоотводящей выработки в зависимости от ее продольных ( $L_{нк}$ ) и поперечных ( $S_{нк}$ ) размеров (выемочный участок 10-й западной лавы по пл.  $l_1$ )

Схема проветривания выемочного участка	Длина неконтрол. выработки $\bar{L}$ , м	Поперечн. сечение выработки $\bar{S}$ , м	Расход исходящ. струи на вып. про-во $\bar{Q}_{исх.вп.}$ , м <sup>3</sup> /с	Депрессия неконтрол. выработки $\bar{h}$ , даПа	Аэродин. сопротивл. выработки $\bar{R}$ , кц	Примечание
При прямоточной схеме с подсвежением 2-В-Н-в-пт						
2-В	110	7,28	46,3	28	0,013	Источник тяги ВЦД-31,5 (отвод «на выработ. пр-во»)
	230	5,44	38,5	128	0,086	
	470	3,37	22,1	231	0,473	
	700	2,52	19,0	550	1,520	
После перехода на комбинированную схему 1-К-Н-в-вт						
1-К	700	2,52	14,7	328	1,520	Источник тяги ВЦД-31,5 (отвод «на выработ. пр-во») и ВЦД-47,5 (отвод «на массив»)
	924	2,14	8,8	403	5,200	
	1200*	–	6,3*	600*	15,100*	
	1500*	–	3,0*	800*	88,900*	

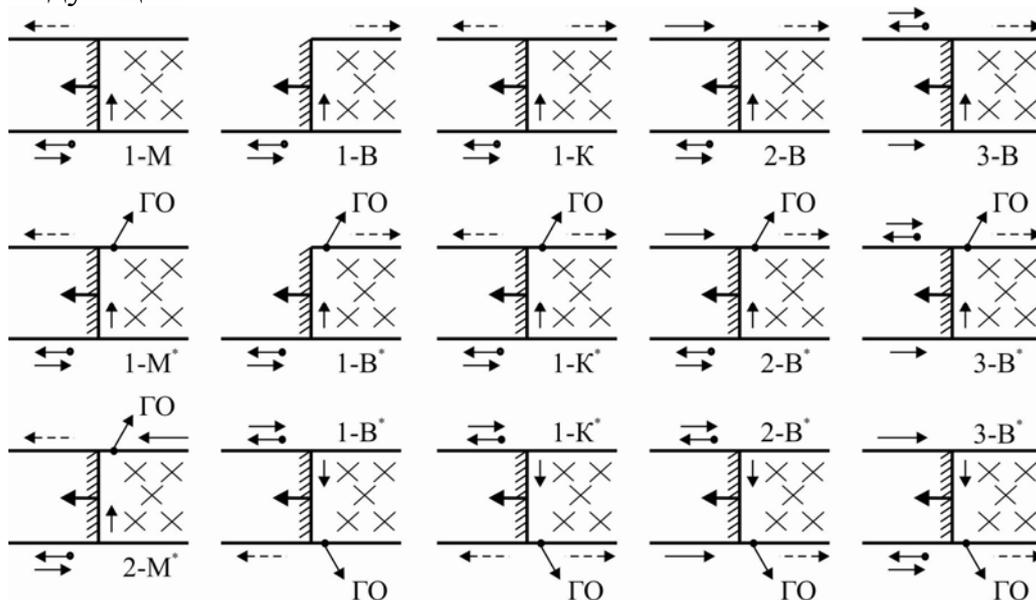
\* – прогнозные значения

В условиях устойчивых боковых пород, несмотря на продолжающееся увеличение аэродинамического сопротивления неконтролируемой воздухоотводящей выработки, срок применения комбинированной схемы проветривания может быть продлен до окончания отработки выемочного столба. При этом, снижение расхода исходящей струи, отводимой «на выработанное пространство», компенсируется повышением расхода струи, исходящей «на массив». Управление воздушным распределением ведется с помощью вентиляционных сооружений на вентиляционном штреке, причем таким образом, чтобы расход воздуха в очистной выработке оставался на уровне, требуемом по газовому фактору.

В условиях слабых боковых пород период использования комбинированной схемы проветривания прекращается, когда депрессия неконтролируемой воздухоотводящей выработки приближается к уровню максимального статического давления, развиваемого вентилятором главного проветривания, задействованного на фланговые выработки. При этом отвод исходящей струи «на выработанное пространство» практически прекращается. Остается возможность отводить исходящую струю очистной выработки только в сторону массива. В результате, выемочный участок переходит на проветривание по возвратной схеме 1-М-Н-в-вт, при которой утечки газозадушенной смеси из выработанного пространства поступают на сопряжение очистной выработки с вентиляционным штреком. Такая схема проветривания неприемлема для высоких нагрузок на очистной забой, если газообильность выемочного участка превышает 3 м<sup>3</sup>/мин.

В сложившихся обстоятельствах для преодоления газового фактора применяется изолированный отвод по трубопроводу притечек газовой смеси, поступающих в верхнюю часть лавы, за пределы выемочного участка (или к поверхностной вакуум-насосной станции при высоком содержании метана в смеси) с помощью передвижной подземной дегазационной установки (ПДУ). Вакуумирование газовой смеси в больших объемах открывает возможность воздействовать на аэрогазодинамический процесс одновременно в двух направлениях – в управлении газовой выделением и в управлении воздушным распределением.

Рассматривая этот процесс воздействия в условиях схем проветривания трех типов (рис. 2) находим, что вакуумирование притечек (газоотсос, ГО) обеспечивает следующее:



\* – схема проветривания с отводом притечек газовой смеси средствами вакуумирования (ПДУ, ВНС)

Рисунок 2 – Основные схемы проветривания выемочных участков

- при схеме 1-М\*: аналог комбинированного проветривания по схеме 1-К-Н-в-вт/пт; возможность управлять исходящей струей на сопряжении лавы с вентиляционным штреком; увеличение коэффициента  $K_{O_3}$ ; изменение топологии вентиляционной сети выемочного участка;

- при схеме 2-М\*: отвод притечек из верхней части лавы способствует снижению концентрации метана в исходящей струе выемочного участка, но не повышает эффективность подсвежающей струи, которая поступает со стороны выработанного пространства и содержит такое же количество техногенного газа. В результате схема 2-М\* по газовому фактору лучше схемы 2-М, но хуже чем 1-М\*. Кроме этого, отвод притечек способствует увеличению коэффициента  $K_{O_3}$  и снижению депрессии вентиляционного штрека за счет уменьшения расхода исходящей струи выемочного участка;

- при схеме 1-К\*: увеличение коэффициента  $K_{O_3}$ ; продление режима проветривания по комбинированной схеме;

- при схеме 1-В\*, 2-В\*, 3-В\*: снижение расхода исходящей струи выемочного участка  $Q_{исх.уч}$  и депрессии воздухоотводящей выработки позади фронта очистных работ  $h_{исх.уч}$ . Последнее особенно важно для неконтролируемых воздухоотводящих выработок в условиях 2-В и 3-В, поскольку снижение их депрессии  $h_{нк}$  позволяет продлить режим проветривания по действующей рациональной схеме; увеличение коэффициента  $K_{оз}$ .

Как видно, из всех приведенных схем проветривания самые большие (качественные изменения) достоинства от применения изолированного отвода приток газовой смеси с помощью ПДУ имеет схема 1-М\*.

Отвод с помощью ПДУ 300-350 м<sup>3</sup>/мин газонесущих притечек из верхней части лавы, ведет к перераспределению воздушных масс на выемочном участке, что в целом изменяет топологию его вентиляционной сети и оптимизирует аэродинамические параметры возвратноточной схемы проветривания. Поэтому схему 1-М\* с отводом притечек, поступающих из выработанного пространства в верхнюю часть лавы, средствами вакуумирования следует считать аналогом комбинированной схемы. При оптимальном количестве отбираемой газовой смеси аналог комбинированной схемы проветривания 1-М\* обеспечивает по газовому фактору нагрузку на забой на уровне рациональных схем 2-В и 1-К (табл. 2).

Таблица 2 - Результаты управления воздухораспределением и газовой выделением на выемочном участке 16-й западной лавы по пласту  $m_3$  (шахта им. А.Ф. Засядько)

Применяемая схема Проветривания при подвигании очистных работ между пикетами	Средняя нагрузка на очистной забой, т/сут	Средняя за период газообильность, м <sup>3</sup> /мин	Средняя за период величина составляющих газового баланса участка, м <sup>3</sup> /мин								
			исходящая			дегазационные скважины			Газоотсосмм		
			«на массив» $J_{исх.ви}$	«на выработанное пространство»	из выработки «газового горизонта»	вентиляционный штрек $J_{дс.ви}$	выработка «газового горизонта»	людской ходок уклона $J_{дс.лху}$	верх лавы $J_{го.ви}$	людской ходок уклона $J_{го.лху}$	выработка «газового горизонта»
2-В (ПК115 – К104)	3196	103,5	9,2	–	–	18,4	–	25,2	–	50,7	–
1-К (ПК104 – ПК92)	3230	106,9	8,6	18,9	$J_{и.ом}$	7,8	–	18,7	–	52,9	–
1-М* (ПК82 – ПК62)	3288	107,6	12,9	–	–	13,3	7,4	10,0	–	64,0	–
1-К (ПК62 – ПК54)	3275	165,2	8,8	$J_{исх.гг}$	13,3	29,2	10,1	–	51,3	52,5	–
1-М* (ПК54 – ПК46)	3060	159,8	10,2	–	–	33,2	26,5	–	–	45,4	44,5

1-М\* - возвратноточная схема проветривания с отводом притечек газовой смеси из верхней части лавы средствами вакуумирования

**Выводы:** - эффективность управления аэрогазодинамическим процессом на выемочном участке с возвратноточной схемой 1-М\*-Н-в-вт определяется коли-

чеством отводимой средствами вакуумирования (ПДУ) газоздушнoй смеси, поступающей в верхнюю часть лавы в виде притечек из выработанного пространства. Наилучший вариант отвода - когда производительность средств вакуумирования больше количества поступающей газовой смеси;

- в условиях столбовой системы разработки применение схемы 1-М\* -Н-в-вт дает аналог комбинированного проветривания, исключает необходимость проведения дополнительных воздухоотводящих выработок (вентиляционные ходки, фланговые выработки), а по газовому фактору обеспечивает такие же высокие темпы подвигания очистных работ, какие обеспечивают рациональные схемы;

- в условиях сплошной системы разработки изолированный отвод с помощью ПДУ притечек газоздушнoй смеси из верхней части лавы за пределы выемочного участка, изменяет топологию вентиляционной сети, при которой возвратнoточная схема становится аналогом комбинированного проветривания, позволяет снизить депрессию воздухоотводящей выработки, открывает возможности для управления аэрогазодинамическим процессом и повышения нагрузки на забой по газовому фактору;

- в перспективе применение средств вакуумирования (ПДУ) обеспечит надежный уровень безопасности при высоких нагрузках на очистной забой более чем на 80% действующих выемочных участков шахт Донбасса, которые в настоящее время имеют схемы проветривания первого типа – 1-М или 1-В.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борьба со скоплениями метана в угольных шахтах / Г.Ф. Лидин, А.Т. Айруни, Ф.С. Клебанов, Н.Г. Матвиенко. – М.: Госгортехиздат, 1961. – 142 с.
2. Аэрогазодинамика выемочного участка / А.Ф. Абрамов, Б.Е. Грецингер, В.В. Соболевский, Г.А. Шевелев. – Киев: Наукова думка, 1972. – С. 7 – 79.
3. Мясников, А.А. Борьба с газом в очистных выработках шахт / А.А. Мясников, Л.Д. Колотовкин. – Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1975. – 108 с.
4. Милетич, А.Ф. Утечки воздуха и их расчет при проветривании шахт / А.Ф. Милетич. – М.: Недра, 1968. – 148 с.
5. Патрушев, М.А. Проветривание высокомеханизированных лав / М.А. Патрушев, Е.С. Драницын. – Донецк: Донбасс, 1974. – с. 22 – 60.
6. Повышение эффективности проветривания угольных шахт с высоконагруженными лавами / А.Ф. Булат, Е.Л. Звягильский, Б.В. Бокий [и др.]. – Днепропетровск, 2004. – С. 144 – 175.
7. Обобщение закономерностей влияния процесса добычи угля на напряженно-деформированное состояние газонасыщенного массива горных пород, условия его дегазации и эффективность функционирования систем противоаварийной защиты : Отчет по НИР (промежуточн.) / ИГТМ НАН Украины; рук. А.Ф. Булат; исполн.: С.А. Курносков, С.Ю. Макеев, Т.В. Бунько [и др.]. – Днепропетровск, 2010. – 90 с. – г/б № III-36-07; ГР 0107U002004.
8. Скочинский, А.А. Рудничная вентиляция / А.А. Скочинский, В.Б. Комаров. – М.: Углетехиздат, 1959. – С. 217 - 233.

#### REFERENCES

1. Lydyn, G.F., Ayruni, A.T, Klebanov, F.S.and Matviyenko N.G. (1961), *Borba so skoplenyjami metana v ugolnykh shakhtakh* [Fight against accumulations of methane in coal mines], Gosgortekhyzdat, Moscow, SU.
2. Abramov, F.A., Gretszynger, B.E., Sobolevskiy, V.V. and Shevelev, G.A. (1972), *Aerogazodynamika viyemochnoho uchastka* [Air-gas dynamics of cutting area], Naukova dumka, Kiev, USSR.
3. Mjasnikov, A.A. and Kolotovkin, L.D. (1975), *Borba s gazom v ochistnykh vyrabotkakh shakht* [Fight against gas in the cleansing making of mines], Kemerovskoe kniznoe izdatelstvo, Kemerovo, USSR.
4. Myletych, A.F. (1968), *Utechky vozlukha i ikh raschyet pri provetrivanii shakht* [Losses of air and their calculation at ventilation of mines], Nedra, Moscow, USSR.

5. Patrushev, M.A. and Dranytsyn, E.S. (1974), *Provetryvaniye vysokomekhanizirovanykh lav* [Ventilation of highly-mechanized lavas], Donbass, Donetsk, SU.

6. Bulat, A.F., Zviagilskiy, E.L. and Bokiі B.V. (2004), *Povysheniye effektivnosti provetrivaniya ugolnykh shakht s vysokonagruzhennymi lavami* [ Increase of efficiency of ventilation of coal mines with the high-loaded lavas ], Dnepropetrovsk, Ukraine.

7. *Obobshcheniye zakonomernostey vliyaniya processa dobychi uglya na napryazhyenno-deformirovannoye sostoyaniye gazonasyshchennogo massiva gornykh porod, uckjviya yego degazacii I tffektivnost funkcionirovaniya system protivovariynoy zashchity* [Generalization of conformities to the law of influencing of process of mining on the tensely-deformed state of gas-saturated array of mountain breeds, terms of his degassing and efficiency of functioning of the systems of against-accident defence] Report on SIW (intermediate) / YGTM NAS of Ukraine; chief. A.F. Bulat; executors: S.A. Kurnosov, C.J. Makeev, T.V. Bunko [and others.], Dnepropetrovsk, Ukraine.

8. Skochynskyy, A.A. and Komarov, V.B. (1959), *Rudnichnaya ventilyatsiya* [Mine ventilation], Ugletekhyzdat, Moscow, SU

---

### Об авторе

**Бунько Татьяна Викторовна**, доктор технических наук, старший научный сотрудник в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, [bunko2007@mail.ru](mailto:bunko2007@mail.ru)

### About the author

**Bunko Tatjana Viktorovna**, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of problems of underground mines in great depths, M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, [bunko2007@mail.ru](mailto:bunko2007@mail.ru)

---

**Анотація.** Розглянуто процес розвитку технологічних схем провітрювання і дегазації виїмкових ділянок вугільних шахт. Показано, що вакуумування і відведення по трубопроводу притоків газоповітряної суміші з верхньої частини лави за межі виїмкової ділянки створює можливість впливати на аеродинамічний процес одночасно в двох напрямках – в управлінні газовиділенням і повітророзподілом. Такий вплив розглянутий в умовах основних схем провітрювання, що використовуються. Освітлені питання вдосконалення технології сумісного управління процесами повітророзподілу і газорозподілу на виїмкових ділянках, що дозволить збільшити ефективність провітрювання за рахунок перерозподілу пайової участі вентиляції і дегазації в процесі видалення метану за межі виїмкової ділянки з подальшим збагаченням метаноповітряної суміші з її подальшою утилізацією.

**Ключові слова:** технологічні схеми провітрювання, дегазація виїмкових ділянок, вакуумування, повітророзподіл.

**Abstract.** A process of dynamics of technological plans for ventilating and degassing of the working areas in the coal mines is considered. It is shown that when inflows of an air-gas mixture are vacuumed and discharged, via the pipeline, from the top of the face into outside of the working area it makes possible to impact on the aerodynamic process simultaneously in two terms – gas-release control and air-distribution control. Such impact is considered for conditions of basically used ventilation plans. Issues on improving the technology for combined control of the air-distribution and gas-release processes in the working areas are considered. Such improvement provides better efficiency of ventilation due to the redistributed ventilation and degassing in the process of methane discharge into outside of the working area with further methane-air mixture enrichment and utilization.

**Keywords:** technological plan of ventilation, degassing of working areas, vacuumization, air distribution.

*Статья поступила в редакцию 22.01. 2013*

*Рекомендовано к печати д-ром техн. наук В.Г. Шевченко*

UDC 532.77/.78

V.I. Eliseev, Ph.D. (Phys.-Mat.), Senior Researcher,  
V.I. Lutsenko, Ph.D. (Tech.) Senior Researcher  
(IGTM NAS of Ukraine)

## BOILING AND CRYSTALLIZATION IN THREE-PHASE TWO-COMPONENTS SOLUTION

В.І. Елісеєв, канд. фіз-мат. наук, ст. наук. співроб.,  
В.І. Луценко, канд. техн. наук, ст. наук. співроб.  
(ІГТМ НАН України)

## КИПІННЯ І КРИСТАЛІЗАЦІЯ У ТРИФАЗНОМУ ДВОКОМПОНЕНТНОМУ РОЗЧИНІ

В.И. Елисеев, канд. физ-мат. наук, ст. науч. сотр.,  
В.И. Луценко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр  
(ИГТМ НАН Украины)

## КИПЕНИЕ И КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ В ТРЕХФАЗНОМ ДВУХКОМПОНЕНТНОМ РАСТВОРЕ

**Abstract.** Following general laws of heat-mass exchange in multiphase systems, common tendencies of vapor bubble and crystal dynamics and growth in a solution were studied with the assumptions that the solution medium consisted of two chemically neutral components - water and sucrose –and include three phases: liquid, solid and gaseous. Conservation equations and equations for interphase interactions are formulated with taking into account specific properties of the aqueous solution of sucrose. Assumptions on which a theory of multiphase heterogeneous systems is based are presented. Dynamic behavior of the three-phase two-component medium in an axial-symmetric channel is described with the help of one-dimensional flow model. It is shown that at low sucrose concentration and initial overheating of the solution in the channel vapor bubbles increase though sugar crystals dissolve. At higher concentrations and inessential overheating, both bubbles and crystals can increase. Thus, it is possible to specify conditions under which crystallization could occurred in the solution.

**Keywords:** bubble, crystal, solution, boiling, multiphase system

### Introduction

Today, understanding of the heat-mass exchange processes in the multicomponent and multiphase systems is a question of the day because of intensive development of new and upgrading of existing technological practices for preparing different products by food, chemical or metallurgical industries. In this article, some common tendencies of vapor bubble and crystal dynamics and growth in the two-component sucrose solution are considered basing on the laws of heat-mass exchange in the multiphase systems.