Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLVI, вып. 1, 1962 г.

РЕЦИРКУЛЯЦИЯ ВОЗДУХА ПРИ НАГНЕТАТЕЛЬНОМ ПРОВЕТРИВАНИИ ГЛУХИХ ЗАБОЕВ КАК ПРИЧИНА ИХ ЗАГАЗИРОВАНИЯ

Б. А. Кутузов

Явление рециркуляции воздуха при работе вентиляторов частичного проветривания как причина загазирования тупиковых выработок изучено недостаточно. Как известно, рециркуляция при частичном проветривании — явление вредное, а в газовых шахтах опасное, так как приводит к повышению концентрации метана в выработке выше установленных норм [2]. В выработках, где ведутся взрывные работы, рециркуляция удлиняет сроки проветривания забоя и может привести к повышению концентрации вредных газов. И. А. Бабокин, анализируя причины скопления метана перед взрывами за десятилетний период, пришел к выводу, что в 8% случаев скопление происходило из-за рециркуляции [1]. Действующие Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах предусматривают ряд ограничений, которые исключают возможность рециркуляции [5].

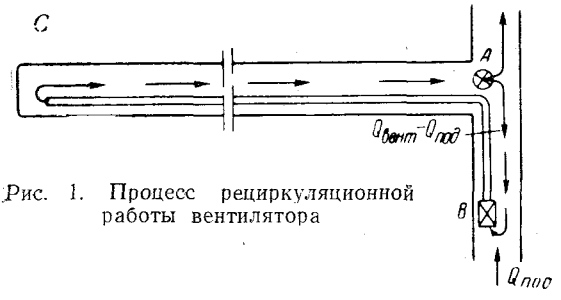


Рис. 1. Процесс рециркуляционной работы вентилятора

На рис. 1 вентилятор частичного проветривания B расположен на свежей струе и по вентиляционным трубам нагнетает воздух в забой. Если количество свежего воздуха, подающегося к вентилятору $Q_{под}$, будет меньше производительности вентилятора $Q_{вент}$, вентилятор будет подсасывать загрязненный воздух из исходящей струи. Возникнет постоянный поток воздуха от A к B — рециркуляция.

При рециркуляционной работе вентилятора исходящая струя в точке A разделяется на две: одна продолжает путь исходящей струи, вторая засасывается в вентилятор и вновь направляется в забой. В вентиляторе загрязненный и чистый воздух смешиваются. Степень рециркуляции может быть оценена коэффициентом рециркуляции $k_{рец}$ — отношением количества воздуха, засасываемого вентилятором частичного проветривания из исходящей струи, к его дебиту

$$k_{рец} = \frac{Q_{вент} - Q_{под}}{Q_{вент}}.$$

Как известно, рециркуляционная работа вентилятора частичного проветривания при работе на нагнетание и установке в начале трубопровода может быть вызвана [3]: 1) установкой вентилятора вблизи

загрязненной струи, выходящей из проветриваемой выработки; 2) превышением производительности вентилятора $Q_{вент} > Q_{под}$. Последнее бывает при: а) установке вентиляторов с производительностью, превышающей расход воздуха свежей струи; б) снижении производительности и напоре вентиляторной установки главного проветривания, приводящей к уменьшению $Q_{под}$; в) нарушении схемы проветривания, вызывающем снижение $Q_{под}$ в свежей струе; г)изменении барометрического давления, что может обусловить изменение количества воздуха, поступающего в отдельные выработки; д) снижении сопротивления трубопровода (уменьшении длины трубопровода, чрезмерном открытии шибера, разрыве труб и т. д.) и резком увеличении производительности установки.

В данной статье выясняются последствия рециркуляционной работы вентиляторов частичного проветривания и устанавливаются те виды рециркуляции, которые не приводят к загазованию выработок, а влекут за собой лишь повышенный расход электроэнергии. Эти причины рециркуляции можно разделить на два принципиально различные вида: 1) резкое увеличение производительности вентилятора; 2) резкое уменьшение количества свежего воздуха, подающегося к вентилятору за счет общешахтной депрессии.

Назовем рециркуляцией первого рода (положительной рециркуляцией) ту, которая возникает при условии, что количество свежего воздуха, подаваемого к вентилятору за счет общешахтной депрессии, не уменьшается и остается равным или больше расчетного $Q_{под} \geqslant Q_{под.\,расч}$[1], но производительность вентилятора превышает $Q_{под}$.

Рециркуляцией второго рода (отрицательной рециркуляцией) назовем такую, которая обусловлена уменьшением подачи свежего воздуха к вентилятору за счет общешахтной депрессии настолько, что $Q_{под}$ становится не только меньше или равным $Q_{вент}$, но и ниже расчетного $Q_{под} < Q_{под.\,расч}$.

Расчет количества воздуха, необходимого для проветривания подготовительных выработок, производится из условий полного перемешивания подаваемого воздуха с метаном и доведения концентрации метана до 0,5% — предельно допустимой Правилами безопасности нормы

$$Q_{заб} = 200q,\ м^3/мин, \tag{1}$$

где $Q_{заб}$ — количество воздуха, которое необходимо подавать в забой выработки, $м^3/мин$;

q — количество метана, которое выделяется в подготовительную выработку, $м^3/мин$;

200 — степень разбавления метана свежим воздухом.

Утечки в трубопроводе условно примем равными нулю[2]. Тогда производительность вентилятора будет равна $Q_{заб}$, а количество воздуха, которое нужно подавать к вентилятору $Q_{под.\,расч}$, в соответствии с Правилами безопасности, будет $1{,}43Q_{вент}$. В этом случае

$$Q_{под.\,расч} = 286q,\ м^3/мин. \tag{2}$$

При возникновении рециркуляции часть исходящего из тупиковой выработки воздуха будет засасываться вентилятором и повторно нагнетаться в выработку.

---

[1] $Q_{под.\,расч}$ — расчетное количество свежего воздуха, которое надо подавать к вентилятору.

[2] Влияние утечек на проветривание при рециркуляции не рассматривается.

При рециркуляции первого рода

$$Q_{\text{вент}} = \frac{Q_{\text{под}}}{1 - k_{\text{рец}}} = \frac{286q}{1 - k_{\text{рец}}} \quad м^3/мин. \tag{3}$$

Эта производительность вентилятора больше количества подаваемого к вентилятору воздуха в $\frac{1}{1 - k_{\text{рец}}}$ раз.

При рециркуляции второго рода к вентилятору подается за счет общешахтной депрессии

$$Q_{\text{под}} < Q_{\text{вент}} = 286q, \tag{4}$$

при этом

$$Q_{\text{вент}} = \frac{Q_{\text{под}}}{1 - k_{\text{рец}}}. \tag{5}$$

Чтобы рассмотреть процесс вымывания газов из тупиковых выработок при нагнетательном проветривании в условиях рециркуляции при постоянном и равномерном газовыделении, проанализируем путь достаточно малого объема воздуха по выработке. Вместе с общей массой воздуха, нагнетаемого вентилятором B (см. рис. 1), рассматриваемый малый объем подается в забой, откуда перемещается в обратном направлении. При этом воздух смешивается с газом и в точке A на исходящей струе содержит определенную концентрацию метана $C_{\text{исх}}$, %. Предположим, метан равномерно распределен по сечению струи. Тогда рассматриваемый малый объем воздуха в точке A также имеет концентрацию метана $C_{\text{исх}}$. В точке A этот элементарный объем разделяется на две части — одна уносится с исходящей струей, вторая следует к вентилятору. В вентиляторе эта часть элементарного объема соединяется с частью свежего воздуха, образуя новый достаточно малый, равный по величине предыдущему, объем воздуха с определенной новой концентрацией метана. Образовавшийся новый элементарный объем направляется по трубам в забой.

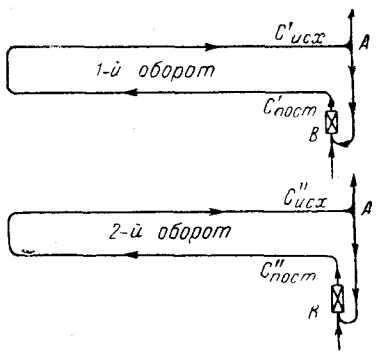


Рис. 2. Схема рециркуляционной работы вентилятора

Одним оборотом рециркулирующей струи назовем путь достаточно малого объема воздуха от забоя до точки A, от точки A до вентилятора и от вентилятора до забоя.

Изменение концентрации метана в выработке рассматривается с момента начала рециркуляции (рис. 2). В забой первоначально нагнетается свежий воздух, который обогащается метаном и при выходе имеет концентрацию метана

$$C'_{\text{исх}} = \frac{q}{Q_{\text{вент}}} 100\%. \tag{6}$$

Эта концентрация в выработке при первом обороте $C'_{\text{исх}}$ тем ниже, чем больше производительность вентилятора. Газовыделение q в каждом отдельном случае будем считать величиной постоянной. Как видно из рис. 2, часть воздуха, выходящего из выработки с концентрацией метана $C'_{\text{исх}}$, засасывается вентилятором и вновь подается по трубам в забой выработки. Концентрация метана в вентиляционных трубах в этом случае будет равна $C'_{\text{пост}}$. Очевидно

$$C'_{\text{пост}} = C'_{\text{исх}} k_{\text{рец}} \%. \tag{7}$$

Количество метана, которое будет выходить из выработки при втором обороте,

$$q_2 = q + \frac{Q_{\text{вент}} C'_{\text{пост}}}{100} \ м^3/мин, \tag{8}$$

а концентрация метана в воздухе, выходящем из выработки при втором обороте,

$$C''_{\text{исх}} = \frac{q_2}{Q_{\text{вент}}} 100 = \frac{q}{Q_{\text{вент}}} 100 + \frac{Q_{\text{вент}} C'_{\text{пост}} 100}{Q_{\text{вент}} 100};$$

окончательно с учетом уравнения (6)

$$C''_{\text{исх}} = C'_{\text{исх}} + C'_{\text{пост}}. \tag{9}$$

Исходя из (9), в дальнейшем будем говорить не о количестве метана, а о его концентрации. Преобразуя выражение (9), с учетом уравнения (7), получаем

$$C''_{\text{исх}} = C'_{\text{исх}} + C'_{\text{исх}} k_{\text{рец}}. \tag{10}$$

После начала поступления воздуха из выработки при втором обороте с концентрацией $C''_{\text{исх}}$ и подсасывания его в вентилятор концентрация метана в поступающем воздухе будет равна $C''_{\text{пост}}$, причем

$$C''_{\text{пост}} = C''_{\text{исх}} k_{\text{рец}} \tag{11}$$

или

$$C''_{\text{пост}} = (C'_{\text{исх}} + C'_{\text{исх}} k_{\text{рец}}) k_{\text{рец}}. \tag{12}$$

Как только в забой выработки начнет поступать рециркулирующий воздух с концентрацией метана $C''_{\text{пост}}$, начнется третий оборот струи.

В общем случае при длительном проветривании, наличии рециркуляции и числе оборотов струи, стремящемся к бесконечно большой величине n, концентрация метана в поступающем в выработку и исходящем из нее воздухе будет выражаться уравнениями:

$$C_{\text{пост}} = C'_{\text{исх}} (k_{\text{рец}} + k^2_{\text{рец}} + \ldots + k^{(n-1)}_{\text{рец}}), \tag{13}$$

$$C_{\text{исх}} = C'_{\text{исх}} (1 + k_{\text{рец}} + k^2_{\text{рец}} + k^3_{\text{рец}} + \ldots + k^n_{\text{рец}}). \tag{14}$$

После преобразования

$$C_{\text{пост}} = C'_{\text{исх}} \sum_1^{n-1} k_{\text{рец}} = C'_{\text{исх}} \frac{k_{\text{рец}}}{1 - k_{\text{рец}}}, \tag{15}$$

$$C_{\text{исх}} = C'_{\text{исх}} \sum_1^{n} k_{\text{рец}} = C'_{\text{исх}} \frac{1}{1 - k_{\text{рец}}}, \tag{16}$$

где $\sum_1^{n-1} k_{\text{рец}}$ и $\sum_1^{n} k_{\text{рец}}$ — сумма убывающей геометрической прогрессии соответственно по формулам (13) и (14).

Геометрические прогрессии здесь убывающие потому, что $k_{\text{рец}}$ может быть только меньше единицы.

Перепишем формулы (15) и (16) с учетом (5) и (6)

$$C_{\text{пост}} = \frac{q}{R_{\text{вент}}} 100 \frac{k_{\text{рец}}}{1 - k_{\text{рец}}} = q \frac{(1 - k_{\text{рец}})}{Q_{\text{под}}} \frac{k_{\text{рец}}}{(1 - k_{\text{рец}})} 100\%$$

или

$$C_{\text{пост}} = \frac{q}{Q_{\text{под}}} k_{\text{рец}}\ 100\%; \qquad (17)$$

$$C_{\text{исх}} = \frac{q}{Q_{\text{вент}}}\ 100\ \frac{1}{1 - k_{\text{рец}}} = q\ \frac{(1 - k_{\text{рец}})}{Q_{\text{под}}}\ \frac{1}{1 - k_{\text{рец}}}\ 100\%$$

или

$$C_{\text{исх}} = \frac{q}{Q_{\text{под}}}\ 100\%. \qquad (18)$$

Пользуясь выражениями (17) и (18), легко определить концентрацию метана в поступающей и исходящей струях, причем при рециркуляции концентрация метана в конце выработки и в исходящей струе будет одинакова.

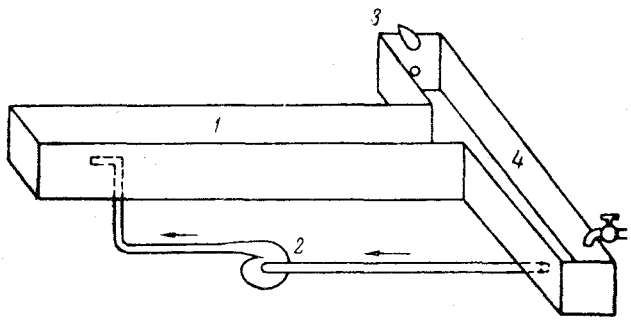


Рис. 3. Гидравлическая модель глухой выработки:
1 — длинный желоб; *2* — насос; *3* — слив; *4* — короткий желоб

Как следует из (18), при наличии рециркуляции концентрация метана в тупиковой выработке и в исходящей струе в конечном счете не зависит от изменения производительности вентилятора, а зависит от количества свежего воздуха, поступающего к вентилятору за счет общешахтной депрессии, и абсолютной газообильности выработки.

Таким образом, формула (18), во-первых, опровергает положение о том, что в результате рециркуляции во всех случаях будет происходить накопление метана в проветриваемой выработке. Во-вторых, при недостаточном поступлении свежего воздуха к всасу вентилятора ($Q_{\text{под}} < Q_{\text{вент. расч}}$) увеличение его производительности по сравнению с $Q_{\text{вент. расч}}$ не приведет к снижению концентрации метана до допускаемых норм (0,5%).

Имевшие место случаи накопления метана в выработках могли произойти только при недопустимом уменьшении количества воздуха, поступающего к всасу вентилятора за счет общешахтной депрессии. Сопровождавшая их рециркуляция ошибочно признавалась причиной накопления метана. В действительности причиной накопления метана в выработках могло быть только уменьшение $Q_{\text{под}}$ ниже расчетной величины независимо от наличия или отсутствия рециркуляции.

При рециркуляции первого рода накопления метана в проветриваемой выработке, безусловно, произойти не может. Увеличение количества подаваемого в забой воздуха при положительной рециркуляции будет лишь способствовать смешиванию метана с воздухом и вымыванию его из межокладных пространств, но приведет к непроизводительной затрате мощности.

Для проверки справедливости выведенной формулы (18) проведена серия опытов на гидравлических моделях. В качестве моделей использовались открытые сверху лотки, которые наполнялись водой. Движущийся поток воды в лотке моделировал струю воздуха, комби-

нация из двух Т-образно соединенных лотков (рис. 3) — две выработки, одна из которых тупиковая, вторая — с постоянным потоком свежего воздуха. По короткому лотку свободно протекало постоянное количество чистой воды. Толщина слоя воды в лотках (высота выработки) регулировалась с таким расчетом, чтобы она была одинакова во всех точках обоих лотков, что достигалось изменением положения лотков. Короткий лоток имел с одного конца сливной желоб и сливную трубку, расположенные сверху и снизу торцовой стенки. Они обеспечивали равномерное истечение воды с верхних и нижних слоев. С другого глухого конца короткого лотка поступала чистая вода с постоянным дебитом.

Вентилятор частичного проветривания с вентиляционными трубами моделировался с помощью центробежного насоса и резиновых трубок диаметром на всасе 15 *мм*, на нагнетании 10 *мм*. Внутрь длинного лотка, у глухой стенки, вводилась изогнутая трубка, моделирующая конец вентиляционной трубы. Наружный конец трубки соединялся с нагнетательной резиновой трубкой насоса. Конец всасывающей трубки вводился в короткий желоб между источником чистой воды и местом соединения с длинным желобом и располагался в месте предполагаемой установки вентилятора частичного проветривания; он моделировал всас вентилятора. Производительность насоса изменялась с помощью винтового зажима на нагнетательной резиновой трубке.

Когда $Q_{вент}$ оказывалось больше дебита чистой воды в коротком лотке $Q_{под}$, возникала рециркуляция — часть воды, выходящей из длинного лотка в короткий, направлялась от точки A к точке B и повторно попадала в насос. Изменением $Q_{вент}$ и $Q_{под}$ достигались различные режимы рециркуляции (см. рис. 1).

В глухой конец длинного лотка равномерно вводился окрашенный раствор метилового фиолетового, моделировавший газ. Смешиваясь с поступающей по трубке чистой водой, раствор распределялся по всему сечению лотка, передвигался от точки C к A, а затем в случае рециркуляции частично засасывался насосом и вновь подавался в точку C — глухой конец длинного лотка — «забой». По цвету воды в лотке можно было определить концентрацию раствора. Для такого определения путем последовательного разбавления водой исходного раствора приготовлялись цветовые эталоны, соответствующие известной концентрации. Концентрация исходного раствора была произвольной, так как абсолютная концентрация метилового фиолетового для наших опытов воспроизведения рециркуляции значения не имеет.

Способ лоткового гидравлического моделирования процессов проветривания тупиковых выработок в сочетании с колориметрическим методом определения концентрации раствора был разработан П. И. Мустелем. Он доказал возможность такого моделирования для изучения процесса вымывания газов из тупиковых выработок при геометрическом подобии модели и натуры в турбулентном режиме движения жидкости. Опыты на лотковых гидравлических моделях позволили П. И. Мустелю вывести известную формулу для расчета проветривания тупиковых выработок от газовых продуктов взрыва.

Выработка и модель подобны, если все геометрические размеры одной соответствуют в некотором масштабе m другой. Объем модели будет в m^3 раз меньше выработки, а следовательно, количество «воздуха» (воды), подаваемого в забой модели, должно быть в m^3 раз меньше, чем в выработке. Количество выделяющегося в выработку газа или заменяющей его окрашенной жидкости должно быть в модели также в m^3 раз меньше, чем в действительности.

Для эксперимента использовали лотковые модели трех размеров:

	I	II	III
Глухой лоток, *см*:			
длиной	175	175	300
шириной	9,5	9,5	6
высотой	10	5,5	6
Принятый масштаб	1 : 30	1 : 40	1 : 50
Моделируемая выработка:			
длиной, *м*	52,5	70	150
сечением, $м^2$	8,55	8,36	9
1 *л* воды в модели соответствует воздуху в натуре, $м^3$	27	64	125

В качестве примера опишем ход наблюдения за опытом на модели I.

Из раствора метилового фиолетового были приготовлены семь цветовых эталонов с концентрацией раствора 25; 12; 6; 3; 1,5; 0,8 и 0,4%.

Производительность насоса („вентилятора") $Q_{вент} = 10{,}7$ *л/мин*, дебит чистой воды, поступающей к всасу насоса, $Q_{под} = 5{,}14$ *л/мин*,

$$k_{рец} = \frac{Q_{вент} - Q_{под}}{Q_{вент}} = \frac{10{,}7 - 5{,}14}{10{,}7} = 0{,}52.$$

В тупиковую часть длинного лотка равномерно подавался раствор метилового фиолетового в количестве $q = 0{,}186$ *л/мин*.

Пробы отбирались в длинном лотке на 4, 6, 8 и 10-й минуте рециркуляционной работы насоса. На таком режиме опыт повторялся трижды, причем отобранные пробы во всех случаях сохранялись и сравнивались между собой. Цвет проб был одинаковым и соответствовал эталону № 4 (3%). Подставляя исходные данные опыта в формулу (18), получаем

$$C_{исх} = \frac{q}{Q_{под}}\ 100 = \frac{0{,}186}{5{,}14}\ 100 = 3{,}64\%.$$

В дальнейшем $Q_{вент}$ уменьшалось до 9,2; 7,4 и 6,5 *л/мин*, $Q_{под}$ при этом оставалось постоянным и равным 5,14 *л/мин*, а $k_{рец}$ изменялся соответственно до 0,44; 0,306; 0,209. На каждом из указанных режимов опыты повторялись трижды, причем пробы, как и прежде, отбирались на 4, 6, 8 и 10-й минуте рециркуляционной работы. Все отобранные пробы оказались практически одноцветными и соответствовали эталону № 4, а также пробе при первом режиме ($k_{рец} = 0{,}52$).

На моделях I, II, III воспроизводилось 38 различных режимов рециркуляционной работы с отбором 147 проб. Результаты подтвердили правильность выведенной формулы (18), а также вывод о независимости концентрации метана в выработке от призводительности вентилятора при установившейся рециркуляционной работе.

Особо следует рассмотреть рециркуляцию, возникающую из-за неправильной установки вентилятора частичного проветривания — в непосредственной близости от исходящей струи. В этом случае неравенство $Q_{вент} > Q_{под}$ как обязательное условие возникновения рециркуляции теряет свое значение. Рециркулирующий вентилятор может захватывать не весь свежий воздух, который подается к нему за счет общешахтной депрессии, а только часть, так как из-за близости исходящей струи загрязненный воздух также частично захватывается вентилятором. В этом случае часть свежего воздуха может проходить мимо вентилятора, но рециркуляция при этом все же будет иметь место. Уменьшится лишь количество свежего воздуха, которое поступает в вентилятор частичного проветривания. В связи с этим рециркуляцию,

вызванную неправильной установкой вентилятора — в непосредственной близости от исходящей струи, также можно отнести к рециркуляции второго рода (отрицательной). Для определения концентрации метана в выработке в указанных условиях рециркуляции в формулу (18) вместо $Q_{под}$ надо подставлять величину, равную количеству свежего воздуха, которое захватывает вентилятор из проходящей мимо него струи свежего воздуха. Однако это количество определить невозможно, вследствие чего формулу (18) в данном случае применять нельзя. Поскольку при неправильной установке вентилятор нагнетает в выработку уменьшенное количество свежего воздуха, постольку ухудшаются условия проветривания выработки, и концентрация метана в ней возрастет. Рециркуляция в данном случае будет фактором, затрудняющим правильную оценку работы вентилятора. Это самый неэффективный вид рециркуляции, так как возможен рост концентрации метана в выработке даже при поступлении к всасу вентилятора вполне достаточного количества свежего воздуха.

Выводы

1. Рециркуляция вентиляционной струи при частичном проветривании тупиковых выработок в газовых шахтах — явление вредное, с которым необходимо бороться. В одних случаях это приводит только к перерасходу мощности, а в других — сопровождается загазированием тупиковых выработок.

2. Причиной загазирования является не сама рециркуляция, т. е. повторная подача в забой части воздушной струи, исходящей из тупиковой выработки, которая приводит только к непроизводительной затрате мощности, а подведение к вентилятору недостаточного количества свежего воздуха (при правильной установке вентилятора, т. е. не ближе 10 *м* от устья тупиковой выработки, на свежей струе).

3. Когда производительность вентилятора равна расчетному количеству воздуха $200q$ *м³/мин*, а количество свежего воздуха, подводимого к вентилятору, больше производительности вентилятора $Q_{под} > Q_{вент}$ настолько (43%), что газы исходящей струи не идут к вентилятору, рециркуляция отсутствует и содержание метана на исходящей струе не превышает 0,5%.

4. Когда производительность вентилятора превышает расчетную $Q_{вент} > 200q$ *м³/мин*, а количество свежего воздуха, подводимого к вентилятору, меньше $Q_{вент}$, но больше или равно $200q$, возникает положительная рециркуляция, но содержание метана на исходящей струе будет равно или меньше 0,5%. Происходит непроизводительная затрата мощности на проветривание.

5. Если производительность вентилятора равна расчетному $200q$, а количество свежего воздуха, подводимого к вентилятору, равно или меньше $Q_{вент}$, то возникает отрицательная рециркуляция, приводящая к повышению концентрации метана на исходящей струе за пределы установленной нормы (0,5%). При этом если $Q_{вент} = Q_{под}$, то определить концентрацию $C_{исх}$ невозможно, так как газы на участке от устья тупиковой выработки к вентилятору, на котором отсутствует движение воздуха, распространяются только за счет диффузии и количество их, поступающее в вентилятор, точно установить нельзя. Если $Q_{вент} > Q_{под}$, то концентрация на исходящей струе будет определяться только величиной $Q_{под}$, превысит 0,5%, и никакое повышение производительности вентилятора не приведет к уменьшению $C_{исх}$.

6. Рециркуляция, возникающая вследствие неправильной установки вентилятора (ближе 10 *м* от устья тупиковой выработки или на исходящей струе), всегда приводит к загазированию выработок, так

как в этом случае вентилятор может засасывать всю исходящую струю и степень разбавления выделяющегося метана свежим воздухом будет равна нулю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабокин И. А. Анализ причин взрывов метана и угольной пыли в шахтах и меры по их устранению. «Уголь», 1957, № 7.
2. Баталин С. А. Рециркуляция при частичном проветривании. Углетехиздат, 1949.
3. Бухман Я. З., Бакиров У. Х. Местное проветривание на металлических рудниках. Госгортехиздат, 1961.
4. Воронин В. Н. Основы рудничной аэро-газодинамики. Углетехиздат, 1951.
5. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Госгортехиздат, 1959.