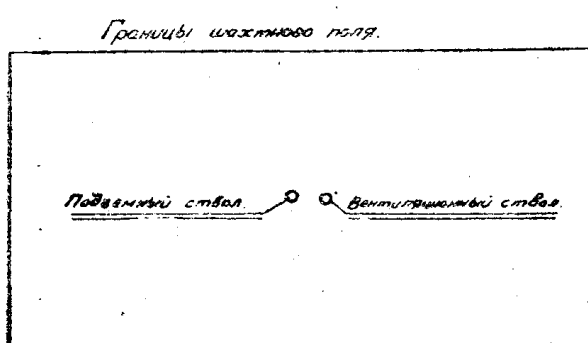


ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА К ИССЛЕДОВАНИЮ СХЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ ШАХТ КУЗБАССА

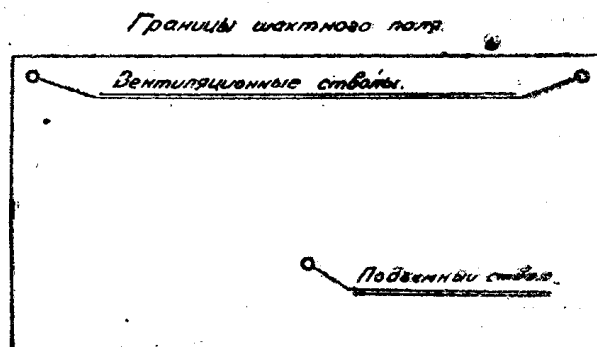
А. Ф. КАРАТАЕВ

Общие замечания

Схемой вентиляции обычно называется изображение на плане горных работ определенного направления движения воздуха по подземным горным выработкам. Из этого понятия схемы вентиляции следует, что она определяется расположением горных выработок в зависимости от принятой организации и порядка ведения горных работ. Каждая схема вентиляции, как определенный порядок движения воздуха, имеет начальный и конечный пункты движения воздуха. При эксплуатации шахтного поля этими пунктами являются устья подъемной и вентиляционной шахт. Расположением стволов этих шахт на шахтном поле прежде всего опреде-



Фиг. 1. Взаимное расположение стволов при центральной схеме проветривания шахты



Фиг. 2. Взаимное расположение стволов при фланговой (диагональной) схеме проветривания шахты

ляется схема вентиляции шахты. В зависимости от расположения стволов шахт различают следующие две основные схемы вентиляции: центральную и фланговую (диагональную).

При центральной схеме проветривания шахты ствол, подающий воздух в подземные выработки, и ствол, выдающий воздух из них, располагаются в центре шахтного поля (фиг. 1).

При фланговой (диагональной) схеме проветривания один ствол располагается в центре шахтного поля, а другой или другие—на фланге или флангах (фиг. 2).

Если на негазовых шахтах основной задачей вентиляции является создание максимально гигиенических условий труда для подземных трудящихся, то на газовых шахтах интенсивная вентиляция, кроме того, есть основной способ борьбы с опасным скоплением рудничного газа-метана.

При разработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, от совершенства вентиляции в значительной степени зависит успех борьбы с воз-

никновением эндогенных пожаров. Большие утечки воздуха через выработанное пространство и на поверхность при пластах с самовозгорающимися углями приводят к возникновению эндогенных пожаров.

Следовательно, значение выбора рациональной схемы проветривания шахты возрастет с повышением газоносности пластов и их склонности к самовозгоранию. Рациональная схема вентиляции шахты при разработке газоносных пластов угля, склонного к самовозгоранию, должна обеспечить наименьшую депрессию для перемещения по горным выработкам требуемого количества воздуха по газоносности и наименьшее просасывание воздуха через выработанное пространство и на поверхность.

Исследованию подвергаем основные схемы вентиляции шахт, т. е. центральную и фланговую, когда разрабатывается один пласт и свита пластов на первом и последующих горизонтах.

Разработка одиночного (обособленного) пласта не характерна для Кузбасса, но исследование одиночного пласта даст возможность легче установить влияние отдельных элементов схемы вентиляции в различных условиях на ее рациональность.

Сущность графического метода анализа схем вентиляции шахт и техника построения графика

Для наглядного суждения о преимуществах и недостатках проектируемых схем вентиляции шахт, а следовательно, и для установления рациональности той или иной схемы вентиляции для различных условий разработки газоносных пластов угля, склонных к самовозгоранию, нами предложен графический метод.

Сущность графического метода заключается в том, что для анализа схемы вентиляции строится, по данным расчета общей депрессии шахты, специальный график вентиляционного режима, обусловленного принятой схемой вентиляции.

Задача исследования схем вентиляции шахт сводится к установлению при проектировании вентиляции, главным образом, вновь закладываемых шахт:

- 1) величины общей депрессии шахты, обусловленной схемой вентиляции;
- 2) распределения депрессии по выработкам;
- 3) влияния как общей депрессии шахты, так и депрессии отдельных выработок на величину утечек-засосов через выработанное пространство и на поверхность, а также на газовыделение.

Применение предлагаемого графика к исследованию схем вентиляции дает возможность:

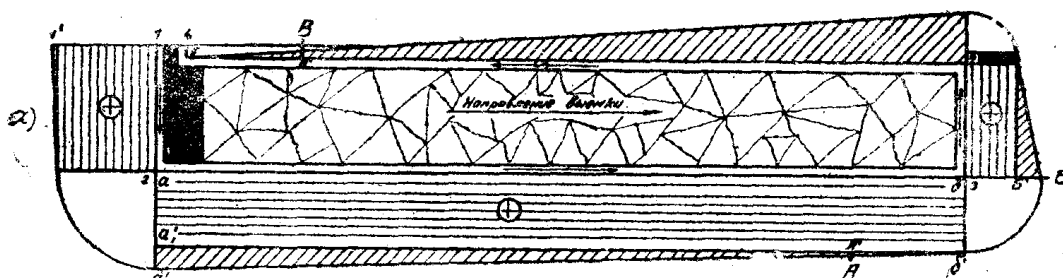
- 1) наглядно проследить изменение величины общей депрессии шахты при различных схемах вентиляции и ее распределение по выработкам, составляющим схему вентиляции;
- 2) облегчить обнаружение мест с высокой депрессией и максимальными утечками;
- 3) установить, какие выработки влияют на утечки;
- 4) обнаружить ошибки, допущенные в расчете депрессии;
- 5) установить, как те или иные схемы вентиляции влияют на газовый режим шахты.

Для обеспечения большей ясности сущности графического метода и техники построения графика вентиляционного режима, обусловленного принятой схемой вентиляции, взят наиболее простой случай, когда разрабатывается один пласт, а стволы (подъемный и вентиляционный) опускаются непосредственно на штреки.

После подсчета общешахтной депрессии и составления формуляра (табл. 1), используя условную схему вентиляции шахты, строится график вентиляционного режима. В условной (предлагаемой нами) схеме вентиляции шахты все выработки переносятся в одну плоскость и изображаются в виде двух параллельных линий (фиг. 3). Длины линий соответствуют длинам выработок, т. е. выполняются в определенном масштабе. На условной схеме вентиляции шахты (фиг. 3) участок 1—2 изображает подъемный ствол шахты, 2—3—основной штрек, 3—4—очистной забой (система разработки), 4—5—вентиляционный штрек, 5—6—вентиляционный ствол шахты.

Техника построения графиков вентиляционного режима, обусловленного принятой схемой вентиляции, заключается в следующем.

Выемка этажа прямым ходом.



Выемка этажа обратным ходом.



Фиг. 3. График распределения депрессии по участкам центральной схемы проветривания при нагнетательной вентиляции

1. Около линий условной схемы вентиляции шахты, изображающих стенки выработки, условными знаками показываем состояние горных пород, образующих стенки выработки, т. е. представляют ли они массив или обрушенные породы.

2. После изображения на графике состояния горных пород, окружающей выработку, приступаем к построению графика распределения депрессии, обусловленной принятой схемой вентиляции шахты, по длине выработок. Для этого на одной из линий, изображающих стенку выработки, на концах ее восстанавливаем перпендикуляры, по длине в масштабе равные величинам депрессий в данных пунктах (сечениях выработки), и получаем точки a' и $б'$ (фиг. 3а). Соединяем эти точки a' и $б'$ прямой. Площадь $abb'a'$, заключенная между прямой $a'b'$ и плоскостью выработки, будет характеризовать изменение депрессии по длине выработки при существующем вентиляционном режиме в этой выработке.

Из точки $б'$, меньшей депрессии выработки, проводим линию, параллельную плоскости выработки. В результате получим четырехугольник $abb'a'$, и прямоугольный треугольник $a'b'a'$. Прямоугольный треугольник указывает характер потерь депрессии по длине выработки, в зависи-

мости от сопротивления выработки движению по ней воздуха. Угол наклона линии $a'b'$ к горизонтали a'_1b' наглядно характеризует степень легкости или трудности проветривания выработки. Чем угол наклона больше, тем труднее данная выработка для проветривания.

Возьмем одинаковой длины в 100 м участки от конца выработок и из точек A', B', V' , находящихся на катетах прямоугольных треугольников, восстановим перпендикуляры. Длины этих перпендикуляров AA', BB' и VV' определяют потерю депрессии в выработках на 100 м их длины. Отрезок $AA' < BB'$ и VV' ; следовательно, проветривание основного штрека самое легкое; вентиляционного штрека—труднее, так как $VV' > AA'$; и еще труднее—проветривание выемочного участка (лавы), так как отрезок $BB' > VV'$. Ординаты aa'_1 и bb' четырехугольника указывают величину депрессии, которая будет израсходована на преодоление сопротивления движению воздуха всех последующих или предыдущих выработок до конца вентиляционной струи.

Графическое изображение распределения депрессии по выработкам и состояние горных пород, окружающих выработку (фиг. 3), дает наглядное представление о местах и относительных величинах возможных утечек; поэтому при проектировании новых шахт легче установить условия, в которых находятся горные выработки, а тем самым и места максимальных утечек через выработанное пространство, через целики и на поверхность. Так как сочетание большой депрессии с наличием трещин приводит к большим утечкам воздуха, а это создает благоприятные условия для возникновения эндогенных пожаров, то, следовательно, по этим данным можно судить о пожароопасности в данном пункте. Кроме того, этот график дает возможность установить влияние на утечки в данной выработке выработок, идущих до и после этой выработки.

Это наглядно показывают ординаты aa'_1 и bb' четырехугольника, которые указывают величину депрессии, расходуемой на преодоление сопротивления выработок, идущих до или после исследуемой выработки. Чем меньше депрессии, расходуемые на преодоление сопротивления движению воздуха последующих и предыдущих выработок, тем ординаты aa'_1 и bb' меньше, а следовательно, и влияние последующих и предыдущих выработок на утечки в исследуемой выработке будет меньше.

Газовый режим шахты, т. е. характер скопления газа в выработках, находится в определенной зависимости от количества поступающего в выработку воздуха. Количество поступающего воздуха в выработку определяется депрессией выработки и наличием трещин, по которым могут проходить утечки. Предлагаемый график дает наглядное представление об указанных факторах, следовательно, он позволяет судить и о газовом режиме проектируемой шахты, обусловленном схемой вентиляции шахты.

Зависимость депрессии выработки от ее длины выражается линейным законом. Поэтому, выработки разной длины, но одинакового сопротивления имеют одинаковый угол наклона линии $a'b'$ к горизонтали a'_1b' (фиг. 3а).

При неправильном подсчете депрессии указанных выработок наклон линии $a'b'$ будет разный, это и укажет на ошибку, допущенную при расчете депрессии.

Анализ схем вентиляции первого горизонта

Приняв определенные условия, подсчитываем величины общих депрессий шахт в зависимости от схемы вентиляции и количества крыльев в шахтном поле.

По данным подсчета строим графики (по указанному выше способу) и при помощи этих графиков производим анализ схем вентиляции шахт.

Разработка одиночных (обособленных) пластов

Рассматриваем сначала однокрылую шахту с длиной шахтного поля 770 м, разрабатывающую один пласт крутого падения мощностью $m = 1,45$ м, газоносный ($Q_{om} = 25,8$ м³ на 1 т суточной добычи) и склонный к самовозгоранию. Наклонная высота этажа $h = 100$ м. Система разработки пласта—длинные столбы по простиранию, вариант—лава-этаж. Годовое подвигание лавы $a = 360$ м. Рабочих дней в году $n = 300$. Объемный вес угля $\gamma = 1,3$ т/м³.

Суточная производительность шахты определится по формуле:

$$A = \frac{h m a \gamma}{n} = \frac{100 \cdot 1,45 \cdot 360 \cdot 1,3}{300} = 226 \text{ т.}$$

Количество воздуха, подлежащее подаче в шахту, будет:

$$Q = q \frac{A}{60} = \frac{2,58 \cdot 226}{60} = 9,75 \text{ м}^3/\text{сек},$$

где q —норма воздуха на 1 т суточной добычи в м³/мин,
 $q = 0,1$. $Q_{om} = 0,1 \cdot 25,8 = 2,58$ м³/мин.

Приняв площадь поперечного сечения стволов в свету $S = 6,0$ м², глубину подъемного ствола $L = 120$ м, вентиляционного— $L = 20$ м, площадь поперечного сечения основного штрека в свету $S = 6,0$ м², а вентиляционного $S = 4,5$ м², пренебрегая утечками, определяем общую депрессию шахты при центральной схеме проветривания, как последовательного соединения, которая будет равна сумме депрессии отдельных участков.

Депрессия подъемного ствола:

$$h_{1-2} = \alpha \frac{L P}{S^3} Q^2 = 0,002 \frac{120 \cdot 10}{6^3} 9,75^2 = 1,05 \text{ мм вод. ст.}$$

Депрессия основного штрека:

$$h_{2-3} = \alpha \frac{L P}{S^3} Q^2 = 0,0018 \frac{770 \cdot 10,2}{6^3} 9,75^2 = 6,22 \text{ мм вод. ст.}$$

Депрессия лавы:

$$h_{3-4} = \alpha \frac{L P}{S^3} Q^2 = 0,0025 \frac{100 \cdot 6,9}{2,9^3} 9,75^2 = 6,73 \text{ мм вод. ст.}$$

Депрессия вентиляционного штрека:

$$h_{4-5} = \alpha \frac{L P}{S^3} Q^2 = 0,00175 \frac{770 \cdot 8,8}{4,5^3} 9,75^2 = 12,4 \text{ мм вод. ст.}$$

Депрессия вентиляционного ствола:

$$h_{5-6} = \alpha \frac{L P}{S^3} Q^2 = 0,002 \frac{20 \cdot 10}{6^3} 9,75^2 = 0,18 \text{ мм вод. ст.}$$

Аналогично ведем расчет общей депрессии шахты для случая, когда шахта двухкрылая, а также для однокрылой и двухкрылой шахты с фланговой (диагональной) схемой проветривания.

При рассмотрении влияния схем проветривания на пожароопасность, существенное значение имеет установление величины максимально возможных депрессий, обуславливаемых схемами проветривания, так как утечки воздуха, вызывающие возникновение эндогенных пожаров, нахо-

дятся в определенной зависимости от величин депрессий в горных выработках. Поэтому подсчитываем максимально возможные величины депрессий, обуславливаемые схемами проветривания, и результаты сводим в табл. 1.

Таблица 1

№ п. п.	Наименование участков	Шахта однокрылая					Шахта двухкрылая		
		S	L	Q	h	V	Q	h	V
I. Центральная схема проветривания									
1—2	Подъемный ствол	6,0	120	9,75	1,05	1,62	19,50	4,22	3,25
2—3	Основной штрек	6,0	770	9,75	6,22	1,62	9,75	6,22	1,62
3—4	Лава	2,9	100	9,75	6,73	3,36	9,75	6,73	3,36
4—5	Вентиляционный штрек	4,5	770	9,75	12,40	2,17	9,75	12,40	2,17
5—6	Вентиляционный ствол	6,0	20	9,75	0,18	1,62	19,50	0,71	3,25
					26,56/100% ¹⁾		30,28/113%		
II. Фланговая (диагональная) схема проветривания									
1—2	Подъемный ствол	6,0	120	9,75	1,05	1,62	19,50	4,22	3,25
2—3	Основной штрек	6,0	20	9,75	0,16	1,62	9,75	0,16	1,62
3—4	Лава	2,9	100	9,75	6,73	3,36	9,75	6,73	3,36
4—5	Вентиляционный штрек	4,5	750	9,75	12,10	2,17	9,75	12,10	2,17
5—6	Вентиляционный ствол	6,0	20	9,75	0,18	1,62	19,50	0,71	3,25
					20,22/76,4%		23,92/90,0%		

Из табл. 1 и фиг. 3 для конкретных условий видно, что если шахту сделать двухкрылой, то на участке 2—5 получится параллельное соединение вентиляционных выработок. При прежней депрессии этого участка через него будет проходить в два раза больше воздуха. Размеры шахтного поля по простиранию и добыча шахты увеличиваются в два раза, а общая депрессия шахты тоже увеличивается, но только лишь на 13%. Это подчеркивает преимущества двухкрылого шахтного поля, параллельного соединения выработок и указывает реальные пути уменьшения депрессии при разработке пластов с углями, склонными к самовозгоранию.

Переход от центральной схемы проветривания к фланговой (диагональной) дает возможность максимально возможную депрессию умень-

¹⁾ В знаменателе даны проценты от максимально возможной депрессии при центральной схеме проветривания.

шить на 23,6% (табл. 1), но это не значит, что фланговая схема проветривания экономичнее центральной схемы проветривания (Уголь №12, 1946 г. В. В. Владимирский. Выбор места расположения ствола при диагональном проветривании). Уменьшение максимально возможной депрессии снижает утечки, а, следовательно, при определенных условиях может снижаться пожароопасность при разработке пластов угля, склонного к самовозгоранию.

Снижения максимально возможной депрессии можно достичь применением нагнетательно-всасывающей вентиляции, когда одна часть горных выработок проветривается нагнетанием воздуха, а другая—высасыванием.

Для наглядного представления вентиляционного режима, обусловленного принятием центральной или фланговой схем проветривания, при нагнетательной или всасывающей вентиляции, прямом или обратном ходе, по данным табл. 1 строим графики распределения общешахтной депрессии по выработкам, составляющим схему вентиляции шахты (фиг. 3—8). Рассмотрение обратного хода при центральной схеме необходимо главным образом для обоснования обязательного принятия на выемочных участках пластов с самовозгорающимися углями обратного хода.

Построение графиков производим по методу, описанному выше.

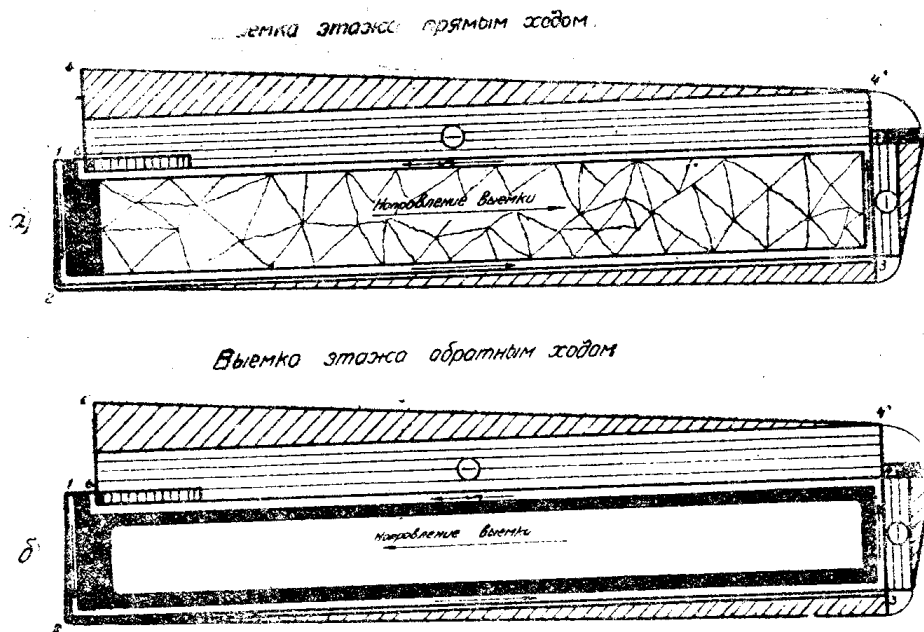
Эндогенные пожары возникают там, где имеется измельченный или трещиноватый уголь и наблюдается большое просасывание воздуха. Сочетание большой депрессии, обуславливающей большую разность давления между исследуемым пространством и поверхностью с плохой изоляцией выработанного пространства, дает наибольшее просасывание воздуха. Следовательно, величина утечек как через выработанное пространство, так и на поверхность зависит от наличия трещин и их величины, а также от разности давлений между исследуемым пространством и поверхностью. Поэтому влияние на пожароопасность всех анализируемых схем проветривания определяется по сочетанию наличия измельченного угля и величине утечек.

При центральной схеме проветривания нагнетательной вентиляции и обратном ходе (фиг. 3б) утечки воздуха через выбранное пространство и на поверхность небольшие по сравнению с другими схемами проветривания (фиг. 3—6), хотя максимально возможная депрессия шахты, определяемая отрезком 1—1' или 6—6' (фиг. 3—6), при этой схеме проветривания наибольшая. Просачивание воздуха через выработанное пространство незначительное, зависит от депрессии выемочного участка (лавы) и определяется отрезком $k-k'$ (фиг. 3б). Просачивание воздуха через трещины, образующиеся в результате осадки горных пород при обрушении, зависит от величины депрессии исходящей струи (вентиляционного штрека и ствола), определяемой отрезком 4—4' (фиг. 3б), и будет небольшим. По мере приближения очистных работ к стволам депрессия исходящей струи уменьшается, что приводит к уменьшению утечек, а следовательно, и к уменьшению пожароопасности схемы проветривания.

Обратная выемка позволяет осуществлять профилактическое заиливание во время проведения очистных работ, кроме того, обеспечивает более быструю и хорошую изоляцию возникшего очага пожара. По окончании изоляции очага пожара и прохождения разрезной печи возможно продолжение ведения очистных работ. Поэтому эта схема проветривания (фиг. 3б) наиболее безопасна в пожарном отношении.

При центральной схеме проветривания, всасывающей вентиляции и обратном ходе (фиг. 4б) происходит несколько большее всасывание воздуха с поверхности и небольшое просасывание через выработанное пространство. На засасывание с поверхности по трещинам над выработанным пространством действует депрессия входящей струи: подъемного ствола, основного штрека и выемочного участка (лавы). Отрезок 4—4' (фиг. 4б)

больше отрезка 4—4' (фиг. 3б). При недостаточной устойчивости вентиляционного штрека при всасывающем проветривании может возникнуть значительное всасывание воздуха через трещины по всей длине вентиляционного штрека. Это засасывание зависит от всей депрессии шахты. Данная схема проветривания менее благоприятна, чем предыдущая (фиг. 3б).



Фиг. 4. График распределения депрессии по участкам центральной схемы проветривания при всасывающей вентиляции

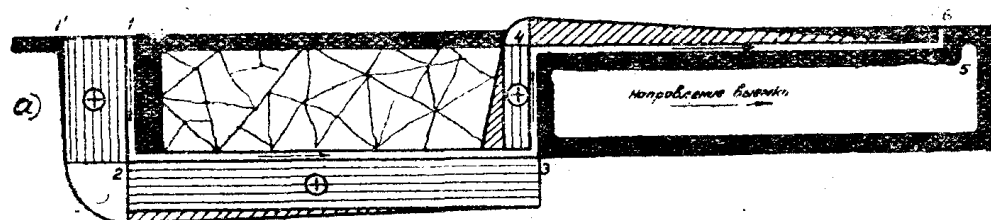
Наибольшие утечки (засос) воздуха как на поверхность, так и через выработанное пространство возникают при центральной схеме проветривания и прямом ходе независимо от способа вентиляции, т. е. нагнетания или всасывания (фиг. 3а и 4а). В том и другом случае утечки на поверхность или засасывание с поверхности зависят от депрессии всей схемы вентиляции шахты, но при всасывающей вентиляции более благоприятные условия для засасывания с поверхности и депрессия, действующая на эти утечки, больше на величину депрессии подъемного ствола. Отрезок 6—6' (фиг. 4а) больше отрезка а—а' (фиг. 3а.) Утечки через выработанное пространство при нагнетательной вентиляции зависят от депрессии всей схемы проветривания (фиг. 3а), кроме депрессии подъемного ствола и какой-то части основного штрека, если учесть, что на определенной части выработанного пространства от ствола произойдет уплотнение обрушенных пород. При всасывающей вентиляции просасывание через выработанное пространство зависит и от депрессии всей схемы проветривания (фиг. 4а), кроме депрессии вентиляционного ствола и части вентиляционного штрека, но условия просасывания менее благоприятны, чем с поверхности.

Из табл. 1, а также сопоставления графиков (фиг. 3—4 и фиг. 5—6) видно, что при фланговой (диагональной) схеме проветривания максимально возможная депрессия шахты на 23,6% меньше, чем при центральной схеме. Казалось бы, что утечка воздуха будет также меньше. В действительности не совсем так.

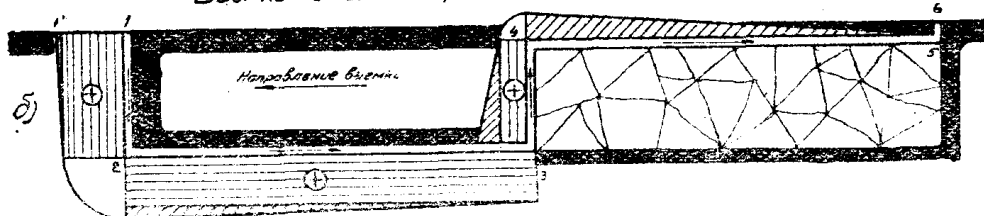
При фланговой схеме проветривания, нагнетательной вентиляции и выемке этажа прямым ходом (фиг. 5а) утечки через выработанное пространство зависят от депрессии выемочного участка и исходящей струи

вентиляционного штрека, а также части основного штрека, где обрушенные породы еще не уплотнились, на поверхность через свежесобрушенные породы главным образом от депрессии вентиляционного штрека. Депрессия выемочного участка (лавы) остается постоянной при перемещении его по простиранию, а депрессия вентиляционного штрека уменьшается. Поэтому утечки через свежесобрушенные породы у границы шахтного поля будут минимальные, а при работе у шахты—максимальные. При обратной выемке этажа (фиг. 5б) утечки через выработанное пространство зависят от депрессии выемочного участка (лавы), а поверхность—от депрессии вентиляционного штрека. Депрессия выемочного участка (лавы)

Въемка этажа прямым ходом



Въемка этажа обратным ходом



Фиг. 5. График распределения депрессии по участкам фланговой (диагональной) схемы проветривания при нагнетательной вентиляции

остается постоянной, а депрессия вентиляционного штрека увеличивается. Поэтому утечки при работе у границы шахтного поля будут минимальные, а у шахты—максимальные.

Общие утечки при обратном ходе будут меньше, чем при прямом, так как при одинаковых утечках на поверхность утечка через выработанное пространство меньше.

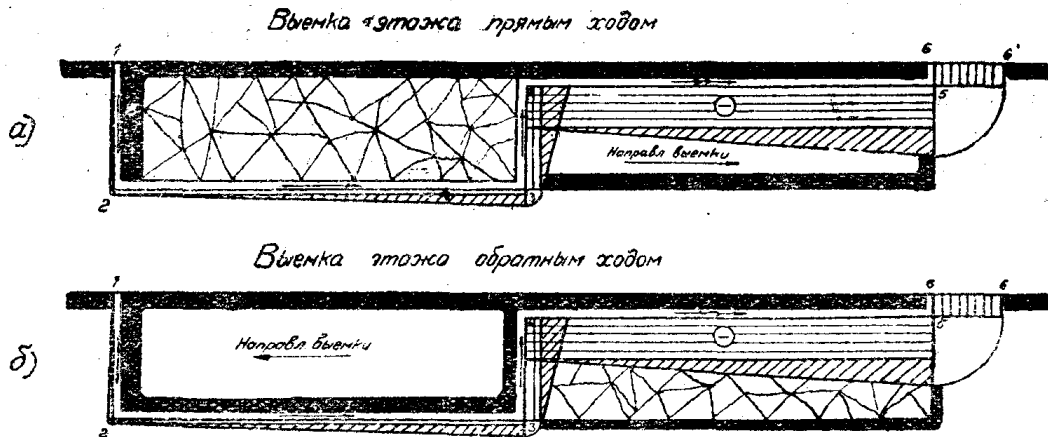
При фланговой схеме проветривания, всасывающей вентиляции и выемке этажа прямым ходом (фиг. 6а) утечки через выработанное пространство и на поверхность зависят от депрессии входящей струи подъемного ствола, откаточного штрека и выемочного участка (лавы). Депрессии ствола и выемочного участка постоянны, а откаточного штрека увеличиваются. Поэтому максимальные утечки будут при работе у границы шахтного поля, а минимальные—у ствола. При обратной выемке этажа (фиг. 6б) наблюдаются аналогичные же явления, но вентиляционный штрек находится в выработанном пространстве, что увеличивает утечки.

Из изложенного следует, что при фланговой схеме проветривания и прямом ходе более благоприятна всасывающая вентиляция, а при обратном ходе—нагнетательная вентиляция.

Центральная схема вентиляции при нагнетательном проветривании и выемке этажа обратным ходом (фиг. 3б) дает наименьшие утечки по сравнению с остальными из восьми рассмотренных вариантов схем проветривания (фиг. 3—6).

Если поверхность шахтного поля нехолмистая и позволяет осуществить сообщение подземных выработок с поверхностью через шурфы, то

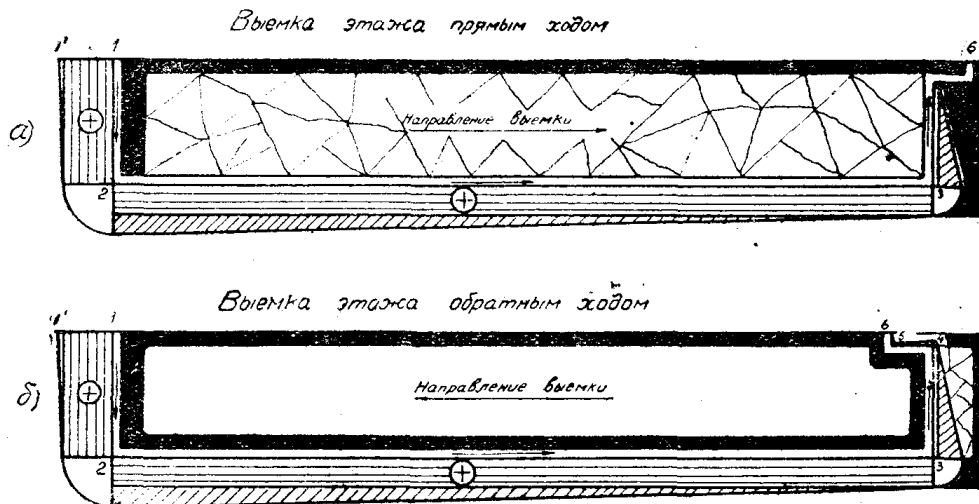
указанный вариант центральной схемы вентиляции (фиг. 3б) может быть значительно улучшен путем проведения шурфов, опережающих очистные работы (фиг. 7,8). Проведение передовых шурфов исключает необходимость преждевременного проведения и особенно — поддержания вентиля-



Фиг. 6. График распределения депрессии по участкам фланговой (диагональной) схемы проветривания при всасывающей вентиляции

ционного штрека на всю длину шахтного поля. Максимально возможная депрессия шахты при этом уменьшается тем больше, чем длиннее шахтное поле и чем чаще закладываются шурфы.

В нашем случае максимальная возможная депрессия центральной схемы проветривания шахты при проведении передовых шурфов через 40 м уменьшится на величину депрессии вентиляционного штрека длиной



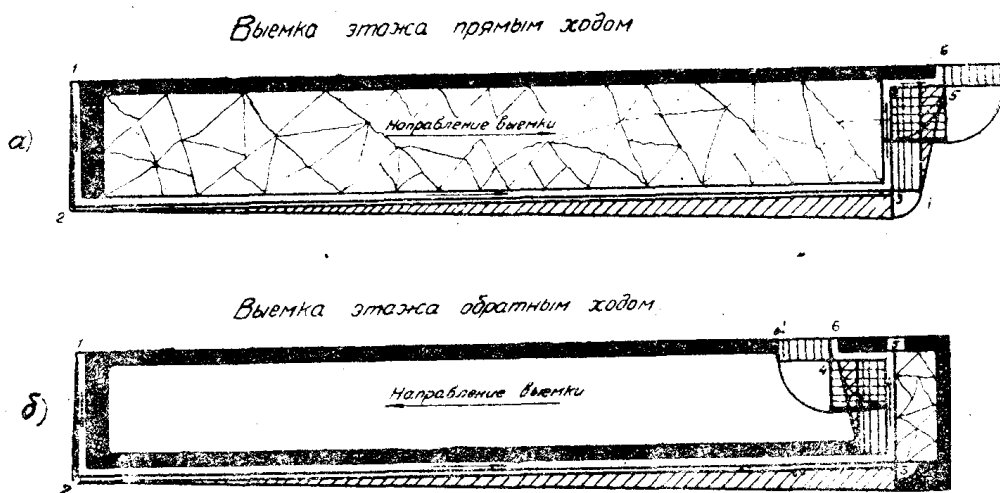
Фиг. 7. График распределения депрессии по участкам схемы проветривания при выходе вентиляционной струи через передовой шурф. Вентиляция нагнетательная

730 м (фиг. 7). Центральная схема проветривания превращается в вариант фланговой схемы проветривания. Максимально возможная депрессия шахты с передовыми шурфами будет: $h = 26,56 - 11,75 = 14,81$ мм вод. ст.

Это составляет $\frac{14,81}{26,56} \cdot 100 = 55,8\%$ от максимально возможной депрессии шахты при центральной схеме проветривания или максимально возможная депрессия шахты уменьшится на 44,2%, что подчеркивает

преимущества данной схемы проветривания перед центральной схемой проветривания.

При прямом ходе фланговая схема проветривания с выходом вентиляционной струи через передовые шурфы при нагнетательной вентиляции (фиг. 7а) и работе на первом горизонте имеет большие преимущества, чем какая-либо другая схема проветривания шахты при прямом ходе. Из фиг. 7а и 8а видно, что распределение одинаковой по величине общей депрессии шахты получается более благоприятное при нагнетательной вентиляции. При этой схеме проветривания (фиг. 7а), независимо от места нахождения выемочного участка (лавы) по простиранию, наиболь-



Фиг. 8. График распределения депрессии по участкам схемы проветривания при выходе вентиляционной струи через передовой шурф. Вентиляция всасывающая

шая депрессия всегда будет находиться в начале основного штрека. При выемке этажа прямым ходом депрессия на основном штреке будет вначале небольшая, просачивание воздуха также будет небольшое. При работе у границы шахтного поля депрессия в начале основного штрека будет наибольшей и равной максимальной депрессии всей шахты за исключением депрессии подъемного ствола, но к этому времени произойдет наибольшее и уплотнение обрушенных пород, что уменьшит утечки через выработанное пространство и на поверхность. Депрессия на участке свежесобрушенной породы зависит от депрессии шурфа, вентиляционного штрека, выемочного участка (лавы) части основного штрека и остается почти постоянной независимо от места нахождения выемочного участка (лавы). Все это способствует уменьшению утечек.

При всасывающей вентиляции (фиг. 8а) максимальная депрессия все время будет у шурфа в месте свежесобрушенных пород, возрастая при подходе к границе шахтного поля. Это приводит к большому просачиванию воздуха с поверхности и через выработанное пространство.

При разработке свиты пластов недостатки данной схемы проветривания при всасывающей вентиляции возрастают. На каждый пласт необходимо ставить самостоятельный вентилятор, что приводит к совместной работе нескольких вентиляторов.

Следовательно, при разработке одиночного пласта на первом горизонте прямым ходом фланговая схема проветривания с выходом вентиляционной струи через передовые шурфы при нагнетательной вентиляции является наиболее рациональной.

Рациональность этой схемы проветривания при прямом ходе по сравнению с другими схемами возрастает с увеличением склонности горных пород к слеживанию и даже при увеличении мощности пласта и угла падения.

При разработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, существенное значение в борьбе с эндогенными пожарами имеет возможность осуществления хорошей изоляции выработанного пространства и профилактической заилочки. В этом случае фланговая схема проветривания с выходом вентиляционной струи через передовые шурфы при нагнетательной вентиляции и выемке этажа от границ (фиг. 76) сохраняет все преимущества борьбы с эндогенными пожарами, присущие центральной схеме проветривания при выемке этажа обратным ходом.

Следовательно, при разработке пластов угля, склонного к самовозгоранию, на первом горизонте, по условиям вентиляции, наилучшей является фланговая схема проветривания с выходом вентиляционной струи через передовые шурфы при нагнетательной вентиляции и выемке этажа обратным ходом (фиг. 76). Эта схема проветривания шахты обеспечивает наименьшую общую депрессию, наименьшие утечки через выработанное пространство и на поверхность и успешную борьбу с возникновением и тушением эндогенных пожаров.

Крупным недостатком данной схемы проветривания шахты является длинный срок подготовки этажа к эксплуатации, который сильно увеличивается при большой длине шахтного поля. В нашем случае для очистных работ при прямом ходе требуется пройти только разрезную печь длиной $l = 100$ м. При скорости проходки $v = 90$ м в месяц время подготовки этажа будет:

$$T = \frac{l}{v} = \frac{100}{90} = 1,1 \text{ месяца.}$$

При обратном ходе нужно до начала очистных работ провести основную штрек длиной $l = 770$ м и разрезную печь длиной $l = 100$ м. Время подготовки этажа будет:

$$T = \frac{l}{v} = \frac{870}{90} = 9,68 \text{ месяца.}$$

При обратном ходе требуется в 8,8 раза больше времени на подготовку этажа. При больших длинных шахтных полях по простиранию эта разница может быть еще более значительной, что указывает на большое значение механизации и применения новейших скоростных способов проходки выработок при подготовке этажа. Скоростные способы проходки подготовительных выработок могут значительно повлиять на более широкое применение обратного хода.

Главным фактором, определяющим применение прямой или обратной выемки этажа, является срок вступления новой шахты в число действующих. Основное достоинство прямой выемки этажа заключается в быстрой подготовке горизонта к эксплуатации. Поэтому при разработке первого горизонта применяют прямую выемку этажа и только в особых случаях обратную выемку. При применении прямой выемки этажа необходимо учитывать присущие ей недостатки:

1. Трудность поддержания в этих условиях штреков особенно вентиляционного при центральной схеме проветривания и необходимость оставления больших околоштрековых целиков.
2. Большие потери угля в этих околоштрековых целиках.
3. Трудность поддержания в исправном состоянии большого количества перемычек в печах, прорезывающих околоштрековые целики.

4. На пластах с углями, склонными к самовозгоранию, появляется большая опасность возникновения эндогенных пожаров вследствие раздавливания околоштрековых целиков и просачивания воздуха через трещины, образующиеся в целиках и через нарушенные перемычки в печах.

Указанные недостатки в сильной степени возрастают с увеличением мощности пласта, неустойчивости боковых пород и угла падения. При быстро уплотняющихся породах положение улучшается. При прямой выемке этажа и угле падения пласта больше $40-45^\circ$ поддержание вентиляционного штрека очень трудно, а при больших мощностях угольных пластов в условиях Кузбасса почти невозможно.

При разработке пластов с самовозгорающимися углями выемка этажа прямым ходом недопустима. Для сохранения всех достоинств обратного хода при работе прямым ходом необходимо проводить полевой штрек. Проведение полевого штрека дает возможность при выемке этажа прямым ходом сохранить на выемочном участке фланговую схему проветривания, с выходом вентиляционной струи через передовые шурфы при нагнетательном проветривании. Утечки воздуха через выработанное пространство и на поверхность будут ничтожными и почти постоянными за весь период выемки этажа. Потери угля в околоштрековых целиках небольшие.

Разработка свиты пластов

Каменноугольные месторождения Кузбасса обычно бывают представлены свитами пластов. Пласты в свите часто являются сближенными. Большая мощность пластов, сближенность, газоносность, склонность к самовозгоранию и преобладание крутого падения приводят к необходимости выемки пластов в свите в нисходящем порядке. Это подтверждает и практика ведения горных работ на шахтах Кузбасса. При анализе схем вентиляции шахт принимаем нисходящий порядок выемки пластов свиты.

При разработке свиты пластов необходимо учитывать возможность подрботки вентиляционного штрека не только очистными работами на нижележащем пласте, но также очистными работами вышележащего пласта. Вероятность подрботки вентиляционных штреков зависит от мощности пласта, расстояния между пластами, от свойств боковых пород, угла падения, высоты этажа и выемки с обрушением или с закладкой.

В условиях Кузбасса, особенно на мощных пластах крутого падения, при вертикальной высоте этажа в 100 м и малом расстоянии между пластами в свите подрботка вентиляционного штрека очистными работами по нижележащему пласту неизбежна. Следовательно, выемку пластов для исключения подрботки вентиляционного штрека можно и следует производить только обратным ходом с опережением очистных работ на вышележащем пласте. Но как установлено выше, обратному ходу присущи крупные недостатки—длительная подготовка этажа к очистной выемке; поэтому на первом горизонте при разработке свиты пластов он не может быть принят.

Проведение концентрационных или групповых штреков с участковыми или промежуточными квершлагами дает возможность применять прямой ход при выработке этажа с сохранением всех преимуществ обратного хода в пределах каждого выемочного участка и наилучшую схему проветривания при ведении очистных работ на первом горизонте—фланговую схему проветривания с выходом вентиляционной струи через передние шурфы при нагнетательной вентиляции (фиг. 76).

Вот почему концентрационный штрек проводят по нижележащему пласту свиты. Если свита большая и промежуточные квершлагы полу-

чаются значительной длины, то свиту на практике разрабатывают группами и в каждой из групп по нижележащему пласту проводят групповой штрек с участковыми квершлагами. Это вместе с тем в значительной степени упрощает организацию транспорта и схему проветривания. Увеличивается количество параллельных струй, что приводит к значительному уменьшению общей депрессии шахты и облегчает борьбу с возникновением и тушением эндогенных пожаров. На всех пластах в группе в пределах этажа, кроме нижележащего, возможен прямой ход, а на нижележащем—обратный. Указанный порядок выемки пластов в группе целесообразен в том случае, если фронт очистных работ пластов группы обеспечивает намеченную производительность шахты.

Обратная выемка нижележащего пласта в группе свиты не позволяет одновременно вести очистные работы на нижележащих группах свиты. Замена групповых штреков по нижележащим пластам в группах полевыми штреками иногда позволяет исключить указанный недостаток и одновременно с соответствующим опережением на нижележащих пластах вести очистные работы на всех группах свиты в размерах, обеспечивающих годовую производительность шахты. Проведение полевых штреков дает возможность при определенных условиях использовать их для вентиляции и при переходе горных работ на нижележащий горизонт.

Анализ схем вентиляции второго и нижележащих горизонтов

Для правильного суждения о целесообразности применения той или иной схемы проветривания на втором и нижележащих горизонтах необходимо иметь прежде всего ясное представление о глубине проникновения открытых трещин с поверхности. Точно установить глубину проникновения открытых трещин можно только обнаружением таковых при развитии выемочных работ на соответствующих глубинах. Для каждого рудника в зависимости от геологических условий залегания пластов и горно-технических факторов она будет различной. Большое значение имеет степень рыхлости горных пород и склонность их к слеживанию, а также мощность наносов, прикрывающих коренные породы. Для условий Кузбасса глубину проникновения открытых трещин ориентировочно, на основании литературных данных, можно принимать равной 80—100 м, а в отдельных случаях и до глубины 200 м. Следовательно, если второй горизонт еще может иметь открытые трещины, выходящие на дневную поверхность, то на нижележащих, т. е. на третьем и ниже расположенных горизонтах, их не должно быть. Окончательное утверждение вышеизложенного нуждается в проведении наблюдений.

Разработка одиночных (обособленных) пластов

Второй горизонт в условиях Кузнецкого бассейна бывает обычно уже газовым. Отсутствие открытых трещин, выходящих на поверхность, и наличие рудничного газа (метана) делает допустимым только всасывающее проветривание. Всасывающее проветривание в данном случае наиболее благоприятно как при работе вентилятора, так и при его остановке. При работе вентилятора всасывающее проветривание вызывает непрерывное отсасывание газа из действующих выработок и выработанного пространства. Отсутствие открытых трещин, выходящих на дневную поверхность, при остановке вентилятора в первый момент в результате повышения давления вызывает устремление воздуха в шахту по действующим выработкам, которое оттесняет газы выработанного пространства. При наличии открытых трещин, выходящих на дневную поверхность, остановка вентилятора должна вызвать и вызывает поступление воздуха в

шахту через эти трещины и насыщение рудничного воздуха действующих выработок газами, выходящими из выработанного пространства.

Если принять, что при работе на втором и нижележащих горизонтах открытые трещины, выходящие на дневную поверхность, отсутствуют, утечки могут быть только через выработанное пространство. Тогда из рассмотрения графиков распределения депрессии по выработкам (фиг. 3, 4, 5, 6) следует, что при всасывающей вентиляции и отсутствии трещин, выходящих на дневную поверхность, остаются утечки только через выработанное пространство. Поэтому наиболее целесообразной является центральная схема проветривания при всасывающей вентиляции и выемке этажа обратным ходом (фиг. 4б), при которой утечки через выработанное пространство небольшие и зависят только от депрессии выемочного участка (лавы). Для уменьшения этих утечек нужно, чтобы депрессия выемочного участка (лавы) была наименьшая. Это возможно достигнуть путем увеличения поперечного сечения выработок выемочного участка, а также путем сохранения их поперечного сечения. Таким образом, пожароопасность схемы проветривания шахт второго и нижележащих горизонтов, при отсутствии открытых трещин, выходящих на дневную поверхность, и разработке самовозгорающихся пластов угля, зависит главным образом от депрессии выемочного участка, а не от общей депрессии шахты.

На выемку второго этажа прямым или обратным ходом время подготовки этажа к выемке не оказывает такого решающего значения, как при разработке первого (верхнего) горизонта. Время, в течение которого производится отработка первого горизонта, вполне достаточно для подготовки к очистной выемке второго горизонта обратным ходом, но остается преждевременность капитальных затрат. Проведением полевого штрека можно сохранить все преимущества обратного хода и при выемке на втором горизонте прямым ходом. Наличие полевого штрека на первом горизонте позволяет применять фланговую схему вентиляции шахты, сохранив достоинства центральной схемы проветривания.—зависимость утечек только от депрессии выемочного участка. Применение фланговой схемы вентиляции обеспечивает уменьшение максимально возможной депрессии шахты.

Разработка свит пластов

Все вышесказанное о порядке выемки пластов в свите на первом горизонте полностью относится и ко второму горизонту. Как уже установлено, при разработке одиночного (обособленного) пласта второго горизонта, при отсутствии открытых трещин, выходящих на дневную поверхность, наиболее целесообразной является центральная схема проветривания с всасывающей вентиляцией шахты и обратной выемкой этажа (фиг. 4б). Это положение сохраняет силу и при разработке свиты пластов второго и нижележащих горизонтов при отсутствии открытых трещин, выходящих на дневную поверхность.

Для сохранения всех преимуществ обратного хода при выемке свиты пластов второго и нижележащих горизонтов прямым ходом, как и при разработке свиты пластов первого горизонта, целесообразно проходить концентрационные или групповые штреки с промежуточными или участковыми квершлагами. При наличии полевых штреков на первом горизонте и замене концентрационных штреков полевыми на втором горизонте можно одновременно в группе или свите пластов все пласты выработать прямым ходом и применять фланговую схему проветривания шахты.

Переход на нижележащие горизонты в условиях Кузнецкого бассейна сопряжен с возрастанием газообильности. Это вызывает значительное увеличение количества воздуха, подлежащего подаче в шахту, поэтому

поперечное сечение выработок и их длина существенно влияют на величину общешахтной депрессии. С целью уменьшения величины общешахтной депрессии на нижележащих горизонтах целесообразно при разработке свиты пластов иметь фланговую схему проветривания шахты. На втором горизонте, когда еще есть вероятность появления открытых трещин, выходящих на дневную поверхность, целесообразно применять нагнетательно-всасывающую вентиляцию. Это дает возможность уменьшить абсолютную величину общей депрессии шахты и разность давлений между выработкой и поверхностью, что бесспорно сократит утечки. В Кузбассе она уже получила распространение, но для окончательного ее утверждения требуется проведение специальных научно-исследовательских работ.

Выводы

Из изложенного выше следует:

1. Применение предложенного графика при исследовании схем вентиляции шахт Кузбасса обеспечивает:

а) наглядное представление об изменении величины общей депрессии шахты, в зависимости от принятой схемы вентиляции, а также распределение ее по выработкам, составляющим схему вентиляции;

б) легкое обнаружение мест с высокой депрессией и максимальными утечками, а также установление относительных величин возможных утечек при проектировании вентиляции вновь закладываемых шахт;

в) установление влияния депрессии одной выработки на утечки другой;

г) обнаружение ошибок, допущенных при подсчете депрессии.

2. На основании анализа схем вентиляции шахт Кузбасса с применением предложенного графика установлено следующее.

а) Наиболее рациональной схемой проветривания, по условиям вентиляции при разработке самовозгорающихся и газоносных пластов угля в Кузбассе, является фланговая (диагональная) схема проветривания. Для перемещения нужного количества воздуха для вентиляции шахты при этой схеме проветривания максимально возможная депрессия на 23,6% меньше, чем при центральной схеме проветривания; утечки также будут меньше. Депрессия за весь период эксплуатации этажа остается в большей мере постоянной, это облегчает регулирование и создает благоприятные условия для автоматизации вентиляционных установок, уменьшение депрессии и ее постоянство способствуют повышению к.п.д. вентиляционной установки. Кроме того, исчезает опасность возникновения явлений „короткого тока“ между основным и вентиляционным штреками, что способствует сохранению нормальных атмосферных условий в подземных выработках.

б) При разработке как одиночного (обособленного) пласта, так и свиты пластов на первом горизонте, наиболее рациональной является фланговая (диагональная) схема проветривания при нагнетательной вентиляции и выходе вентиляционной струи через передовые шурфы. Для сохранения всех преимуществ прямой и обратной выемки этажа, при разработке одиночного пласта, необходимо проводить полевой штрек; при разработке свиты пластов горизонтальную схему вскрытия осуществлять групповыми штреками в сочетании с промежуточными квершлагами. При большой производительности шахты групповые штреки следует заменять полевыми.

в) С возрастанием газовыделения и производительности шахт преимущества фланговой схемы проветривания возрастают, а недостатки (прохождение лишнего ствола) уменьшаются.

г) Правильное решение задачи о проветривании второго и нижележащих горизонтов можно дать только при ясном и четком представлении о глубине проникновения открытых трещин и характере газовыделения. До глубины

проникновения открытых трещин рациональна нагнетательная вентиляция, а ниже—всасывающая вентиляция.

Точные данные о глубине проникновения открытых трещин в условиях Кузбасса отсутствуют. Предполагается, что эта глубина колеблется от 70 до 200 м, поэтому проветривание второго горизонта рациональнее осуществлять при помощи нагнетательно-всасывающей вентиляции.

Для окончательного утверждения области (условий) применения нагнетательно-всасывающей вентиляции необходимо провести специальные наблюдения на шахтах Кузбасса на участках, где она применяется.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Б. Комаров и Д. Ф. Борисов—Рудничная вентиляция, 1938.
2. Д. Ф. Борисов.—К вопросу о проветривании рудников, разрабатывающих самовозгорающиеся угли, „Горный журнал“, № 12, 1936.