

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к разработке проекта изолированного отвода метана с помощью
газоотсасывающих
вентиляторов (эжекторов) из выработанного пространства на
выемочных участках угольных шахт.

Донецк, 2003г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к разработке проекта изолированного
отвода метана с помощью газоотсасывающих
вентиляторов (эжекторов) из выработанного пространства на
выемочных участках угольных шахт
(для студентов горных специальностей).

Утверждено
на заседании кафедры
«Охрана труда и аэрология»
протокол № ___ от «___» _____ 2003г.

Утверждено издательским
Советом ДонНТУ
протокол № ___ от «___» _____ 2003г.

Донецк, 2003г.

УДК 622.45.001.2

Методические указания к разработке проекта изолированного отвода метана с помощью газоотсасывающих вентиляторов (эжекторов) изолированного отвода метана из выработанного пространства на выемочных участках угольных шахт. /Сост. Стукало В.А. Донецк, ДонНТУ, 2003. – 25 С.

Даны рекомендации по содержанию проекта, исходным данным, обоснованию необходимости применения, области применения технологических схем изолированного отвода метана с помощью газоотсасывающих вентиляторов (эжекторов), приведены методика расчета параметров и порядок выбора газоотсасывающей установки. Методические указания рекомендуются студентам горных специальностей при выполнении дипломных проектов и работ.

Составитель

проф. В.А. Стукало

Рецензент

доцент С.А. Селивра

Ответственный за выпуск

проф. Ю.Ф. Булгаков

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

1. Содержание проекта изолированного отвода метана.	4
2. Исходные данные.	5
3. Обоснование необходимости изолированного отвода метана.	6
4. Технологические схемы изолированного отвода метана с помощью газоотсасывающих вентиляторов (эжекторов) из выработанного пространства выемочных участков.	7
5. Расчет расхода воздуха для проветривания выемочного участка при изолированном отводе метана за его пределы.	12
6. Расчет параметров и выбор средств изолированного отвода метана.	17
7. Меры безопасности при изолированном отводе метана.	22
Список использованных источников	25

1. Содержание проекта изолированного отвода метана

Изолированный отвод метана из тупика погашения вентиляционного штрека или выработанного пространства с помощью газоотсасывающей установки осуществляется по проекту, утвержденному техническим директором производственного объединения, согласованному с МакНИИ и территориальным управлением Госнадзорхрантруда Украины. При отводе метана по неподдерживаемым выработкам на пластах, склонных к самовозгоранию угля, - дополнительно проект согласуется с НИИГД.

Проект изолированного отвода метана является неотъемлемой частью паспорта выемочного участка, на котором предусмотрен изолированный отвод метана.

Проект изолированного отвода метана состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка должна содержать:

- исходные данные (фактическую или ожидаемую абсолютную метанообильность выемочного участка; коэффициент, учитывающий долю метановыделения из выработанного пространства в газовом балансе выемочного участка; коэффициент, учитывающий эффективность дегазации сближенных пластов-спутников и выработанного пространства);
- обоснование необходимости изолированного отвода метана из тупика погашения вентиляционной выработки или выработанного пространства;
- выбор схемы изолированного отвода метана;
- расчет расхода воздуха, необходимого для проветривания выемочного участка при работающей и неработающей газоотсасывающей установке;
- расчет расхода воздуха, необходимого для разбавления метана в камере смешения;
- расчет расхода воздуха, необходимого для проветривания камеры смешения;
- расчет режима работы газоотсасывающей установки и выбор источника тяги;
- меры безопасности при эксплуатации газоотсасывающей установки.

В графической части проекта должны содержаться:

- выкопировка из плана горных выработок с расположением вентиляционных устройств и направлением движения воздуха и отводимой метановоздушной смеси (МВС) от входа в выработки выемочного участка до места установки смесительной камеры;
- схема проветривания выемочного участка и камеры, в которой установлена газоотсасывающая установка;
- схема электроснабжения выемочного участка и газоотсасывающей установки;

- схема камеры смешения и её размеры;
- аэродинамические характеристики источника тяги и путей отвода метана.

2. Исходные данные

- выкопировка из плана горных выработок и схема проветривания выемочного участка;
- фактическая (ожидаемая) абсолютная метанообильность выемочного участка $\bar{I}_{уч}$, м³/мин;
- схема дегазации источников метановыделения, применяемая на выемочном участке (если дегазация используется);
- коэффициент, учитывающий эффективность дегазации сближенных пластов-спутников и выработанного пространства (если применяется дегазация).

Фактическая абсолютная метанообильность выемочного участка определяется на основе результатов замеров расхода метана на поступающей, подсвежающей и исходящей струях выемочного участка по формуле

$$\bar{I}_{уч.ф} = \bar{I}_{исх.уч.} - \bar{I}_{н.уч.} - \bar{I}_o, \quad (2.1)$$

где $\bar{I}_{уч.ф}$ – средняя фактическая абсолютная метанообильность выемочного участка, м³/мин; $\bar{I}_{исх.уч.}$ – средний расход метана в исходящей из выемочного участка вентиляционной струе на расстоянии 15-20 м от ходка (уклона, квершлага), м³/мин; $\bar{I}_{н.уч.}$ – средний расход метана, поступающего на выемочный участок по выработке с подсвежающей струей воздуха, м³/мин; \bar{I}_o – средний расход метана, поступающего на выемочный участок со свежей струей воздуха, м³/мин.

Величины $\bar{I}_{исх.уч.}$, $\bar{I}_{н.уч.}$ и \bar{I}_o определяются на основе плановых замеров расходов воздуха и концентраций метана работниками участка ВТБ шахты с помощью шахтных интерферометров или с использованием данных телеинформации, выдаваемой аппаратурой аэрогазового контроля в соответствии с требованиями «Инструкции по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категории шахт по метану» Правил безопасности в угольных шахтах [1,2].

Ожидаемая относительная (абсолютная) метанообильность выемочного участка определяется при прогнозе метанообильности по природной метаноносности в соответствии с «Руководством ...» [3] или «Методическими указаниями...» [4].

Значения коэффициентов эффективности дегазации источников метановыделения принимаются по «Руководству...» [5] или «Методическим указаниям...» [6].

3.Обоснование необходимости изолированного отвода метана

Для обоснования необходимости применения изолированного отвода метана производится проверка схем проветривания выемочных участков по опасности местных скоплений метана.

Опасные местные скопления метана могут быть на сопряжении лавы с вентиляционным штреком (схемы проветривания 1-М) и в очистной выработке у выработанного пространства под вентиляционным штреком (схемы 1-В, 2-В, 3-В, 1-К).

При схемах проветривания выемочных участков с выдачей исходящей струи по выработке, примыкающей к массиву угля, и погашении вентиляционных выработок (схемы типа 1-М) местных скоплений метана с концентрацией выше допустимой Правилами безопасности на сопряжении лавы с вентиляционным штреком (в тупике погашения) не будет, если выполняется условие [3]

$$K_{o.ви} = \frac{1434 \cdot I_{В.П} \sqrt{S}}{[Q_{уч}^{1,5} \cdot (K_{ут.в} - 1) / K_{ут.в}]^{1,5}} \leq 1, \quad (3.1)$$

где $K_{o.ви}$ – коэффициент, характеризующий опасность местных скоплений метана на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой; $I_{В.П.}$ – среднее фактическое (ожидаемое) абсолютное метановыделение из выработанного пространства на выемочном участке, м³/мин; определяется при прогнозе ожидаемого метановыделения по природной метаносности, а для действующих шахт – по результатам газовой съёмки; S – проектная (фактическая) площадь поперечного сечения вентиляционной выработки в свету, м²; $K_{ут.в}$ – коэффициент, учитывающий утечки воздуха через выработанное пространство.

При схемах проветривания выемочных участков с выдачей исходящей струи по выработке, примыкающей к выработанному пространству, (схемы типа 1-В, 2-В,3-В,1-К) опасного местного скопления метана в очистной выработке у выработанного пространства под вентиляционным штреком не будет, если выполняется условие [3].

$$K_{o.ВП} = \frac{113,2 \cdot I_{В.П} \cdot K_{В.П}}{[(Q_{уч} - Q_{ДОП}) \cdot K_{ут.л} (K_{ут.в} - 1) / K_{ут.в}]^{1,5}} \leq 1, \quad (3.2)$$

где $K_{В.П}$ – коэффициент, учитывающий долю метановыделения из выработанного пространства в призабойное пространство лавы, доли ед.; при охране участковой вентиляционной выработки со стороны выработанного пространства кострами, бутокострами, плитами БЖБТ, бутовой полосой шириной до 5м или бутовой полосой большей ширины, но с окнами (каналами)

выделение метана из выработанного пространства в лаву не происходит ($K_{B,П} = 0$); при охране вентиляционной выработки со стороны выработанного пространства сплошной бутовой полосой шириной от 5 до 16 м коэффициент $K_{B,П}$ увеличивается от нуля до единицы и принимается по рекомендациям «Руководства...» [3]; $Q_{дон}$ – расход воздуха, необходимый для подсыживания исходящей из выемочного участка вентиляционной струи в схемах проветривания типа 2-В и 3-В, м³/мин [3]; $K_{ум.л}$ – коэффициент, учитывающий поступление (притечки) воздуха из выработанного пространства в призабойное пространство лавы, доли ед.; принимается по рекомендациям «Руководства...» [3] в зависимости от ширины сплошной бутовой полосы, охраняющей вентиляционный участок выработку со стороны выработанного пространства.

Если в результате проверки схемы проветривания выемочного участка будет установлена возможность образования опасных местных скоплений метана в тупиках погашения вентиляционного штрека ($K_{o.ви} > 1$) или в выработанном пространстве под вентиляционным штреком ($K_{o.вн} > 1$), то необходимо (при наличии дегазации) применять схему дегазации сближенных пластов и вмещающих пород с более высокой эффективностью, после чего вновь произвести проверку схемы на опасность образования местных скоплений метана. Если при этом (а также при отсутствии дегазации) не устраняется возможность образования опасных местных скоплений метана в тупике погашения вентиляционного штрека или в выработанном пространстве под вентиляционным штреком, то (если возможно) следует заменить схему типа 1-М или 1-В на схему 2-В или 3-В. Если изменить схемы проветривания выемочного участка типа 1-М или 1-В невозможно, то рекомендуется [3] использовать изолированный отвод метана из выработанного пространства, тупика погашения вентиляционного штрека по жесткому трубопроводу или неподдерживаемой выработке с помощью газоотсасывающего вентилятора или эжектора.

4. Технологические схемы изолированного отвода метана с помощью газоотсасывающих вентиляторов (эжекторов) из выработанного пространства выемочных участков.

Изолированный отвод метана из выработанных пространств за пределы выемочных участков по трубопроводам и неподдерживаемым выработкам с помощью газоотсасывающих вентиляторов (эжекторов) рекомендуется применять при метанообильности выработанного пространства 4,0 м³/мин и более, когда вентиляция и дегазация, как правило, не могут обеспечить норму содержания метана в горных выработках.

Метан, отводимый за пределы выемочных участков, выпускается в выработку с исходящей вентиляционной струей после предварительного разбавления его воздухом в смесительной камере до норм ПБ.

В качестве источника тяги могут быть использованы эжекторы и газоотсасывающие вентиляторы, в которых исключена возможность

воспламенения метана при ударах и трении вращающихся частей о корпус вентилятора (например, из стали, бронзы, цинкового сплава или неэлектризующихся пластмасс). Электрический привод вентилятора должен омываться свежим воздухом.

На рис. 4.1-4.3 показаны схемы проветривания выемочных участков с отводом метана из выработанного пространства за пределы участка по трубопроводам (рис. 4.1, 4.2) и неподдерживаемой выработке (рис. 4.3) с использованием газоотсасывающих установок, а на рис. 4.4 – схемы проветривания выемочных участков, при которых для изолированного отвода метана могут быть использованы неподдерживаемые горные выработки.

Изолированный отвод метана по трубопроводам или неподдерживаемым выработкам с использованием газоотсасывающих установок допускается предусматривать в проектах новых и реконструируемых шахт, а также в паспортах подготовки выемочных участков на действующих шахтах. Снижение метанообильности выемочных участков, достигаемое при изолированном отводе метана по трубопроводам и неподдерживаемым выработкам с использованием газоотсасывающих установок, следует учитывать при расчете необходимого расхода воздуха для проветривания и максимально допустимой нагрузки на очистной забой.

Отвод метана из выработанного пространства при столбовой системе разработки (рис. 4.1) с помощью газоотсасывающей установки -1 производится по жесткому трубопроводу -2 диаметром 0,5-0,9м. Погашаемый тупик, длина которого не должна превышать 6м, отделяется от выработки дощатой перемычкой -5, обитой материалом для вентиляционных труб. Перемычка переносится через каждые 2-3м подвигания очистного забоя. К всасывающему концу жесткого трубопровода подсоединяется гибкая гофрированная труба или гибкая труба, армированная металлическими кольцами, длиной 7-10м и диаметром, равным диаметру жесткого трубопровода. Труба заканчивается патрубком -4, имеющим приспособление для подвески его в выработке. Выходное отверстие патрубка закрывается металлической решеткой с размером ячеек 20x20мм. Всасывающий патрубок размещается в верхней части погашаемого штрека у стенки, противоположной выходу из лавы. Если крепь сопряжения (или крепь выемочного комплекса) не позволяет завести в погашаемую часть выработки трубопровод принятого диаметра то газосборная часть его может быть выполнена из нескольких гибких труб диаметром 0,2-0,3м с всасывающими патрубками. Общая площадь сечения этих труб должна быть равна площади поперечного сечения газоотводящего трубопровода. Метан, отсасываемый из выработанного пространства, транспортируется по трубопроводу к смесительной камере -3, через которую выпускается в общую исходящую струю.

Трубопровод должен быть собран из жестких труб, изготовленных из материалов с поверхностным электрическим сопротивлением не более $3 \cdot 10^8$ Ом. Стыки должны быть тщательно уплотнены. Повороты трубопровода выполняются плавно, радиусом не менее $1,5d_{тр}$.

Рис. 4.1 Схема изолированного отвода метана из тупика вентиляционного штрека при столбовой системе разработки с помощью вентилятора.

Рис. 4.2 Схема изолированного отвода метана из выработанного пространства при сплошной системе разработки с помощью вентилятора.

Рис. 4.3 Схема изолированного отвода метана по неподдерживаемой выработке с помощью вентилятора

Рис. 4.4 Схемы изолированного отвода метана по неподдерживаемым выработкам за счет общешахтной депрессии.

На жесткой части трубопровода против окна лавы должно быть устроено окно -б площадью $0,2 \times 0,15 \text{ м}^2$, закрываемое задвижкой. Окно с задвижкой служит для регулирования концентрации метана в трубопроводе путем подачи в него дополнительного воздуха из выработки. Концентрация метана в трубопроводе не должна превышать 3,5%.

Перед окном на расстоянии 1-1,5м в сторону тупика устанавливается заслонка, предназначенная для перекрытия трубопровода при остановках газоотсасывающего вентилятора. Проветривание трубопровода после его перекрытия обеспечивается за счет общешахтной депрессии

Для контроля содержания метана в трубопроводе в 3-5м от окна по ходу движения смеси и у вентилятора на нагнетательной части трубопровода устанавливаются штуцера.

Конец трубопровода, через который выпускается МВС, заводится в смесительную камеру 3 и снабжается коленом, обеспечивающим выход метана из трубопровода под углом 45 градусов к направлению движения вентиляционного потока.

Смесительная камера представляет собой часть выработки, отштукатуренную сплошной продольной перегородкой из негорючего материала. Длина смесительной камеры 5-6м, ширина не менее 1,5м. Вход в камеру и выход из нее ограждаются металлическими решетками. Выработка в месте сооружения камеры и на расстоянии 5 метров в обе стороны от нее должна быть закреплена негорючей крепью. Вентилятор -1 газоотсасывающей установки должен размещаться в камере, проветриваемой свежей струей воздуха и удовлетворяющей требованиям ПБ [1], предъявляемым к электромашинным камерам.

При сплошной системе разработки (схема проветривания выемочного участка типа 1-В) метан с помощью газоотсасывающего вентилятора – 1(эжектора) и отростков труб (рис. 4.2) улавливается в просеке шириной 1,5м, оставляемом в выработанном пространстве у бутовой полосы. Крепь (костры) должна предохранять просек от завала на протяжении 150м от лавы. Для уменьшения подсосов воздуха в печах выкладываются две чураковые перемычки, пространство между которыми заполняется глиной. Вдоль бутовой полосы со стороны вентиляционной выработки выкладывается чураковая стенка или производится герметизация синтетическим материалом. Отростки трубопровода, закладываемые через каждые 50м, включаются в работу на расстоянии 30-40м от лавы и выключаются при отходе ее на 150м. В работе постоянно находятся 2-3 отростка. Эффективность применения схем, изображенных на рис. 4.1 и 4.2, составляет 70%.

Отвод метана из выработанного пространства по неподдерживаемым выработкам с помощью газоотсасывающих установок производится по трубопроводу проложенному через перемычку, изолирующую неподдерживаемую выработку от действующей (рис. 4.3). Наибольший эффект достигается, когда неподдерживаемая выработка примыкает к угольному массиву или охраняется целиками, крепь из нее не извлекается, а усиливается стойками или кострами. Если неподдерживаемая выработка охранялась со

стороны действующей лавы целиками или бутовой полосой, то в них устраиваются каналы шириной 1,5-2,0м с интервалом 10м, обеспечивающие свободный выход метана из выработанного пространства в выработку. Со стороны очистного забоя погашаемая выработка ограждается, чтобы в нее не могли войти люди

Эффективность применения схемы отвода МВС, изображенной на рис. 4.3, составляет 40%.

Изолированный отвод метана по неподдерживаемым выработкам за счет общешахтной депрессии обеспечивает высокий эффект, если неподдерживаемые выработки не погашают, а крепь усиливают.

Неподдерживаемые выработки должны ограждаться, чтобы в них не могли пройти люди. Выпуск МВС из них в действующие выработки осуществляется через смесительную камеру. Концентрация метана на выходе из смесительной камеры не должна превышать 2,0%.

Депрессия $h_{нв}$, обеспечивающая необходимый расход МВС по неподдерживаемым выработкам, определяется по формуле (6.10). Величина $Q_{см}$, входящая в эту формулу, должна быть не менее $0,3 \cdot Q_{уч} \cdot (1 - 1/K_{утв})$. При выполнении этого условия эффективность отвода метана будет не менее 50%, что обеспечивает ликвидацию опасных скоплений метана на сопряжении лавы с погашаемой вентиляционной выработкой. Расход отводимой МВС не должен превышать 30% расхода воздуха, поступающего на участок.

Величина депрессии $h_{нв}$ должна быть не менее фактической ($h_{нвф}$), измеренной в выработках, параллельных газоотводящему пути. Она определяется как сумма депрессий действующих выработок, соединяющих выработанное пространство с местом установки смесителя. Если $h_{нв} > h_{нвф}$, то данный способ без дополнительного источника тяги не может быть применен.

Снижение метанообильности выемочных участков, достигнутое при изолированном отводе метана по неподдерживаемым выработкам за счет общешахтной депрессии, не должно учитываться при расчете максимально допустимой нагрузки, так как эффективность отвода метана изменяется во времени.

5. Расчет расхода воздуха для проветривания выемочного участка при изолированном отводе МВС за его пределы.

Расход воздуха для проветривания выемочного участка с изолированным отводом МВС за его пределы с помощью газоотсасывающего вентилятора рассчитывается по формуле [3]

$$Q_{уч} = Q_{в.ш} + Q_{тр}, \quad (5.1)$$

где $Q_{в.ш}$ – расход воздуха в вентиляционной выработке, м³/мин;

$Q_{тр}$ – расход МВС, отводимой по трубопроводу или неподдерживаемой выработке за пределы выемочного участка, м³/мин.

Расход воздуха в вентиляционной выработке выемочного участка рассчитывается по выражению:

$$Q_{вш} = \frac{100 \cdot \bar{I}_{уч} \cdot \kappa_n \left[(1 - \kappa_{ВПУ}) + \kappa_{ВПУ} (1 - \kappa'_{ДВП}) (1 - \kappa_{ДВО}) \right]}{C - C_0}, \quad (5.2)$$

где $\bar{I}_{уч}$ – среднее абсолютное фактическое (ожидаемое) метановыделение на выемочном участке, м³/мин; принимается по рекомендациям «Руководства...» [3]; κ_n – коэффициент неравномерности метановыделения; $\kappa_n = 1,94 \cdot \bar{I}_{уч}^{-0,14}$ или таблице в «Руководстве...» [3]; $\kappa_{ВПУ}$ – коэффициент, учитывающий долю метановыделения из выработанного пространства в газовом балансе выемочного участка, доли ед.; определяется для действующих шахт по результатам газовых съемок, а при расчете метанообильности по природной метаноносности пласта по формуле:

$$\kappa_{ВПУ} = q_{ВП} / q_{уч} = I_{ВП} / I_{уч}, \quad (5.3)$$

$q_{ВП}$ – относительное метановыделение в выработанное пространство, м³/т; определяется при прогнозе метанообильности по природной метаноносности пластов [3]; $\kappa_{ДВП}$ – коэффициент, учитывающий эффективность изолированного отвода метана, доли ед.; принимается равным 0,7 и 0,3 - 0,4 соответственно для схем 1-М (рис. 4.1) и 1-В (рис. 4.2); $\kappa_{ДВО}$ – коэффициент, учитывающий эффективность дегазации сближенных пластов и выработанного пространства, доли ед.:

$$\kappa_{ДВО} = (1 - \kappa'_{ДВО}) \kappa_{ДВП} + \kappa'_{ДВО}, \quad (5.4)$$

где $\kappa'_{ДВО}$ – коэффициент, учитывающий эффективность дегазации сближенных угольных пластов и пород, доли ед.; принимается по рекомендациям «Руководства...» []; $\kappa_{ДВП}$ – коэффициент, учитывающий эффективность дегазации выработанного пространства через перфорированные отрезки труб, оставляемых в завале (рис. 4.2), доли ед.; принимается в соответствии со схемой дегазации по «Руководству...» [5]; C и C_0 – допустимая согласно Правил безопасности концентрация метана соответственно в исходящей и поступающей вентиляционной струях выемочного участка, %; принимается: $C = 1\%$; $C_0 = 0,05\%$.

Расход воздуха (МВС) на всасе газоотводящего трубопровода $Q_{тр}$ рассчитывается по формуле:

$$Q_{тр} = \frac{100 \cdot \bar{I}_{уч} \cdot \kappa_n \cdot \kappa_{ВПУ} \cdot \kappa'_{ДВП} \cdot (1 - \kappa_{ДВО})}{C_m - C_0}, \quad (5.5)$$

где C_m – допустимая концентрация метана на всасе трубопровода, %; принимается равной 3,5% [3].

При отводе метановоздушной смеси по неподдерживаемой выработке за счет общешахтной депрессии с применением дополнительно газоотсасывающей установки (рис. 4.3) или только за счет общешахтной депрессии (рис.4.4) расход воздуха в вентиляционной выработке $Q_{ВШН}$ (м³/мин) и по неподдерживаемой выработке $Q_{НВ}$ (м³/мин) рекомендуется [7] определять по формулам:

$$Q_{ВШН} = \frac{100 \cdot I_{уч} \cdot \kappa_n [(1 - \kappa_{ВПУ}) + \kappa_{ДВП}'' \cdot \kappa_{ВПУ} \cdot (1 - \kappa_{ДВО})]}{C - C_0}, \quad (5.6)$$

$$Q_{НВ} = 0,3Q_{ум} = 0,3Q_{уч} (1 - 1/\kappa_{ум.в}), \quad (5.7)$$

где $\kappa_{ДВП}''$ – коэффициент, учитывающий эффективность отвода метана по неподдерживаемой выработке, доли ед.; принимается не менее 0,5 при расходе метановоздушной смеси $0,3Q_{ум}$; $Q_{ум}$ – расход воздуха в утечках через выработанное пространство, м³/мин.; $\kappa_{ум.в}$ – коэффициент, учитывающий утечки воздуха через выработанное пространство в пределах выемочного участка.

Значения $\kappa_{ум.в}$ при отработке пологих и наклонных пластов и управлением кровлей полным обрушением и плавным опусканием для схем проветривания типа 1-В, 2-В, 2-М и 3-М определяются по формуле (5.8), а для схем типа 1-М – по формуле (5.9)

$$\kappa_{ум.в} = 1 + 0,5m_{В.ПР} \exp(0,24f - 0,35 S_{оч.мин}); \quad (5.8)$$

$$\kappa_{ум.в} = 1 + 0,13m_{В.ПР} \exp(0,35f - 0,25 S_{оч.мин}); \quad (5.9)$$

где $m_{В.ПР}$ – вынимаемая мощность пласта с учетом породных прослоек, м; f – средневзвешенный коэффициент крепости пород кровли на расстоянии от кровли вынимаемого пласта равном $8 m_{В.ПР}$;

$$f = (f_{п.и} \Sigma m_{п.и} + f_{п.с} \Sigma m_{п.с} + f_{г.с} \Sigma m_{г.с}) / (\Sigma m_{п.и} + \Sigma m_{п.с} + \Sigma m_{г.с}), \quad (5.10)$$

$f_{п.и}$, $f_{п.с}$, $f_{г.с}$ – коэффициент крепости соответственно песчаников и известняков, песчаных сланцев, глинистых сланцев по шкале проф. Протодьяконова; берется из геологических отчетов; $\Sigma m_{п.и}$, $\Sigma m_{п.с}$, $\Sigma m_{г.с}$ – суммарная мощность соответственно песчаников и известняков, песчаных сланцев, глинистых сланцев, м.

Если по расчетам $f > 8$, то при определении $\kappa_{ум.в}$ значение f принимается равным 8.

Расход воздуха по формуле (5.6) должен удовлетворять условию $Q_{ВШН} \geq 0,7Q_{уч}$, а рассчитанный по выражению (5.7) – $Q_{НВ} \leq 0,3 Q_{уч}$.

Так как при работе газоотсасывающей установки в трубопровод от окна лавы до вентилятора поступают подсосы воздуха из вентиляционной выработки, то расход воздуха в ней на выходе из выемочного участка составит:

$$Q'_{ВШ} = Q_{ВШ} - Q_{ТР}(\kappa_{под} - 1), \quad (5.11)$$

где $\kappa_{под}$ – коэффициент подсоса воздуха в трубопровод; определяется для жестких вентиляционных труб по формуле:

$$\kappa_{под} = (0,333 \cdot \kappa_{ут.ст} \cdot d_{тр} \cdot l_{тр} \sqrt{R_{тр.ж}} / l_{зв} + 1)^2, \quad (5.12)$$

где $\kappa_{ут.ст}$ – коэффициент удельной стыковой воздухопроницаемости при фланцевом соединении трубопровода; принимается по таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Значения коэффициента удельной стыковой воздухопроницаемости для жестких трубопроводов при фланцевом соединении.

Способ уплотнения стыков	$\kappa_{ут.ст}$
Уплотнение стыков резиновыми прокладками с обмазкой синтетической мастикой	0,0006
Уплотнение стыков при помощи прокладок из пенькового каната и промасленного картона	0,003
Уплотнение стыков резиновыми прокладками с дополнительным уплотнением пеньковым жгутом, пропитанным кабельной мастикой	0,0004
Уплотнение при помощи резиновых прокладок	0,006

$l_{зв}$ – длина звена трубопровода, м;

$R_{тр.ж}$ – аэродинамическое сопротивление жесткого трубопровода без утечек воздуха, Па·с²/м⁶; определяется по формуле:

$$R_{тр.ж} = 1,2 R_{тр} + \Sigma R_m, \quad (5.13)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий нелинейности трубопровода и несоответствие стыков; $R_{тр}$ – аэродинамическое сопротивление жесткого трубопровода без утечек воздуха, даПа·с²/м⁶; определяется по формуле:

$$R_{тр} = 6,5 \alpha l_{тр} / d_{тр}^5, \quad (5.14)$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления жесткого трубопровода; принимается по таблице 5.2 в зависимости от состояния труб.

Таблица 5.2 – Значения коэффициента α для стальных труб в зависимости от их состояния.

Диаметр труб	Значение $\alpha \cdot 10^4$ для	
	новых труб	труб, бывших в употреблении
1	2	3
0,5	3,5	4,4
0,6	3,3	4,1
0,7	3,1	3,9
0,8	2,9	3,6
0,9	2,7	3,4
1,0	2,5	3,1
1,2	2,3	2,9

R_M – аэродинамическое сопротивление фасонных частей, $\text{даПа} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$; принимается по таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Аэродинамическое сопротивление фасонных частей стальных труб.

Фасонная часть	Значения R_M ($\text{даПа} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$) для труб диаметром, м						
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
1	2	3	4	5	6	7	8
Колено составное под углом							
30 градусов	0,17	0,08	0,05	0,03	0,02	-	-
45 градусов	0,27	0,13	0,07	0,04	0,02	0,02	0,01
60 градусов	0,28	0,14	0,08	0,04	0,03	0,02	0,01
90 градусов	1,16	0,58	0,30	0,17	0,11	0,07	0,03
Отвод при повороте струи под углом 45 градусов с одной стороны	-	0,46	0,25	0,14	0,09	0,06	0,03
Тройник при разветвлении струи под углом 60 градусов в обе стороны	-	0,54	0,29	0,17	0,11	0,07	0,03

Расход воздуха, подсчитанный по формуле (5.1), должен удовлетворять условиям:

$$Q_{уч} \leq 60V_{max} S_{оч.мах} K_{ум.в} \quad (5.15)$$

$$Q_{уч} \geq 6 n_{цел} \dots \dots \dots (5.16)$$

$$Q_{уч} \geq Q_{уч.мин} = 100 \bar{I}_{уч} K_H / (2-c_0) \quad (5.17)$$

где V_{max} – максимально допустимая средняя скорость движения воздуха в призабойном пространстве лавы, м/с; принимается $V_{max} = 4$ м/с [1]; $S_{оч.мах}$ – максимальная площадь поперечного призабойного пространства лавы,

свободная для прохода воздуха, м²; принимается по рекомендациям «Руководства...» [3]; $n_{чел}$ – максимальное число людей на выемочном участке, чел; принимается в соответствии с проектом; $Q_{уч.min}$ – минимально допустимый расход воздуха на выемочном участке при изолированном отводе метана при временно неработающей газоотсасывающей установке, м³/мин.; $\bar{I}_{уч}$ – среднее абсолютное метановыделение на выемочном участке при работающей газоотсасывающей установке, м³/мин [7],

$$\bar{I}_{уч} = \bar{I}_{уч}(1 - \kappa_{ВПУ} \kappa_{ДВО}) \quad (5.18)$$

Определение расхода воздуха в выработке, в которую выпускается отсасывающий метан производится в следующем порядке.

Метан, отсасываемый из выработанного пространства, доставляется по трубопроводу (неподдерживаемой выработке) к смесительной камере. Здесь он разбавляется до допустимой Правилами безопасности [1] концентрации дополнительно поступающим воздухом. Если отсасываемая МВС отводится по трубопроводу в выработку (со смесительной камерой), по которой не проходит исходящая струя выемочного участка, расход воздуха в месте сооружения смесительной камеры $Q_{ск}$ (м³/мин) должен быть не менее, подсчитанного по формуле [7]

$$Q_{ск} \geq 100[\bar{I}_B + \bar{I}_{уч} \kappa_n \kappa'_{ДВП}(1 - \kappa_{ДВО})]/(c - c_0), \quad (5.19)$$

где \bar{I}_B – средний расход метана в выработке перед смесительной камерой, м³/мин.

Если отсасываемая МВС отводится в выработку, по которой проходит исходящая струя выемочного участка, то в месте сооружения смесительной камеры расход воздуха рассчитывается по формуле

$$Q_{ск} = 100\{\bar{I}'_B + \bar{I}_{уч} \kappa_n [(1 - \kappa_{ВПУ}) + \kappa_{ВПУ}(1 - \kappa_{ДВО})]\}/(c - c_0), \quad (5.20)$$

Если МВС отводится по неподдерживаемой выработке за счет общешахтной депрессии или газоотсасывающей установки, то в месте сооружения смесительной камеры расход воздуха определяется по выражению:

$$Q_{ск} = 100(\bar{I}'_B + 0,5 \bar{I}_{уч} \kappa_n \kappa_{ВПУ})/(c_1 - c_0), \quad (5.21)$$

где c_1 – допустимая Правилами безопасности концентрация метана в выработке со смесительной камерой, %; c_0 – концентрация метана в вентиляционной струе, поступающей на выемочный участок, %; \bar{I}'_B – расход метана, поступающего из других выработок к смесительной камере, м³/мин.

6. Расчет параметров и выбор средств изолированного отвода метана

Расчет параметров изолированного отвода метана с помощью газоотсасывающего вентилятора (эжектора) из тупика погашения

вентиляционной выработки или из выработанного пространства (рис. 4.1 и 4.2) производится в следующем порядке.

Принимается ориентировочно диаметр газоотводящего трубопровода в диапазоне 0,5-0,9 м, учитывая возможности размещения его в выработке.

Для принятого диаметра трубопровода рассчитывается аэродинамическое сопротивление всасывающего ($R_{тр.в}$, даПа $с^2/м^6$) и нагнетательного ($R_{тр.н}$, даПа $с^2/м^6$) участков трубопровода по формулам:

$$R_{mp.в} = 1,2 \cdot 6,5\alpha \cdot l_{mp.в} / d_{mp}^5 + \sum_{i=1}^{n_{ф.в}} R_{M.Bi}, \quad (6.1)$$

$$R_{mp.н} = 1,2 \cdot 6,5\alpha \cdot l_{mp.н} / d_{mp}^5 + \sum_{i=1}^{n_{ф.н}} R_{M.Hi}, \quad (6.2)$$

где $l_{тр.в}$, $l_{тр.н}$ – длина линейной части соответственно всасывающего и нагнетательного участков трубопровода, м; $R_{M.Bi}$, $R_{M.Hi}$ – аэродинамическое сопротивление фасонных частей соответственно на всасывающем и нагнетательном участках трубопровода, даПа $с^2/м^6$; определяется по таблице 5.3; $n_{ф.в}$, $n_{ф.н}$ – число фасонных частей соответственно на всасывающем и нагнетательном участках трубопровода.

Необходимая производительность газоотсасывающей установки ($Q_{г.у}$, $м^3/мин$) определяется по формуле

$$Q_{г.у} = Q_{TP} \cdot K_{УТ.ТР.В}, \quad (6.3)$$

где $K_{УТ.ТР.В}$ – коэффициент подсосов воздуха на всасывающем участке трубопровода; определяется по формуле (5.12)

Определяем депрессию газоотсасывающей установки ($h_{г.у}$, даПа), которую она должна развивать:

при $K_{УТ.ТР.В} \leq 2,5$

$$h_{г.у} = 2,78 \cdot 10^{-4} Q_{г.у}^2 (R_{ТР.В} / K_{УТ.ТР.В} + R_{ТР.Н} / K_{УТ.ТР.Н}); \quad (6.4)$$

при $K_{УТ.ТР.В} > 2,5$

$$h_{г.у} = 2,78 \cdot 10^{-4} Q_{г.у}^2 [R_{ТР.В} (0,121 + 0,745 / K_{УТ.ТР.В}) + R_{ТР.Н} (0,121 + 0,745 / K_{УТ.ТР.Н})]; \quad (6.5)$$

Источник тяги выбирается аналогично выбору ВМП. На рис. 6.1 и рис. 6.2 представлены аэродинамические характеристики источников тяги. Принимается тот вентилятор или эжектор, который обеспечивает при производительности $Q_{г.у}$ депрессию $h_{г.у}$, равную или превосходящую, рассчитанное по формуле (6.4) или (6.5). Для отсоса МВС лучше использовать специальный вентилятор типа ВМЦГ-7М.

Расчет режима газоотсасывающей установки при изолированном отводе метана по неподдерживаемой выработке (рис.4.3) производится следующим образом.

Сначала с учетом заданной эффективности определяется расход МВС, который необходимо отвести по неподдерживаемой выработке за пределы выемочного участка $Q_{см}$ (м³/мин).

Для ликвидации опасных скоплений метана на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой коэффициент эффективности отвода метана должен быть $k'_{ДВП} \geq 0,5$. Для обеспечения такой эффективности расход МВС должен составлять

$$Q_{см} = 0,3 Q_{ут}, \quad (6.6)$$

где $Q_{ут}$ – утечки воздуха через выработанное пространство, м³/мин.

Величина утечек $Q_{ут}$ рассчитывается по выражению

$$Q_{ут} = Q_{уч}(1-1/k_{ут.с}) \quad (6.7)$$

$Q_{уч}$ – расход воздуха для проветривания выемочного участка без изолированного отвода метана, м³/мин; рассчитывается в соответствии с «Руководством ...» [3] или «Методическими указаниями...» [4].

Аэродинамическое сопротивление сети, по которой будет отводиться МВС, складывается из сопротивления неподдерживаемой выработки ($R_{Н.В}$, даПа с²/м⁶), всасывающего ($R_{тр.в}$, даПа с²/м⁶) и нагнетательного ($R_{тр.н}$, даПа с²/м⁶) участков трубопровода. Величины аэродинамических сопротивлений $R_{тр.в}$ и $R_{тр.н}$ рассчитываются соответственно по формулам (6.1) и (6.2), а неподдерживаемой выработки – по выражению:

$$R_{Н.В} = k_{Н.В} \cdot 10^{-5} T_{СЛ.В}^3 l_{Н.В}, \quad (6.8)$$

где $k_{Н.В}$ – коэффициент, зависящий от способа поддержания выработки, по которой отводится МВС; принимается равным 40 при отводе МВС по выработке с извлеченной крепью и 8,4 – при отводе МВС по выработке с предварительным усилением крепи стойками или кострами; $T_{СЛ.В}$ – время отработки лавы, мес; $l_{Н.В}$ – максимальная длина неподдерживаемой части выработки, используемой для отвода МВС, м.

В случае использования для отвода метана просека (рис. 4.3), закрепленного деревянными кострами :

$$R_{Н.В} = 0,3l_{Н.В} \quad (6.9)$$

Депрессия при движении МВС по неподдерживаемой выработке ($h_{Н.В}$, даПа) может быть рассчитана по выражению:

$$h_{Н.В} = 2,78 \cdot 10^{-4} R_{Н.В} \cdot Q_{см}^2, \quad (6.10)$$

где $Q_{см}$ – расход МВС, отсасываемый по неподдерживаемой выработке, м³/мин;

$$Q_{см} = 0,3Q_{уч}(1-1/k_{ут.В}) \quad (6.11)$$

Рис. 6.1 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВМЦГ-7М

Рис. 6.2 – Аэродинамические характеристики источников тяги: 1 – вентилятор ВВД-11; 2 – вентилятор ВЦО-06; 3 – эжектор ЭДД-5(диаметр сопла $d = 38\text{мм}$, давление сжатого воздуха $0,4\text{МПа}$); 4 – эжектор ЭДД-5м (диаметр сопла $d = 38\text{мм}$, давление сжатого воздуха $0,4\text{МПа}$).

Расход МВС на всасе трубопровода (Q_{TP} , м³/мин) рассчитывается по формуле:

$$Q_{TP} = 50\bar{I}_{B.П} \kappa_H / (c_m - c_0), \quad (6.12)$$

где $\bar{I}_{B.П}$ – среднее фактическое (ожидаемое) абсолютное метановыделение из выработанного пространства выемочного участка, м³/мин; определяется для действующих выемочных участков по разности расходов метана в вентиляционной выработке (20-30м от лавы) и в лаве (10-15м от вентиляционной выработки). Ожидаемое метановыделение из выработанного пространства определяется при прогнозе метановыделения по природной метаноносности пластов в соответствии с «Руководством...» [3] или «Методическими указаниями...» [4]; κ_H – коэффициент неравномерности метановыделения; рассчитывается по выражению:

$$\kappa_H = 1,94\bar{I}_{B.П}^{-0,14}; \quad (6.13)$$

c_m – максимально допустимая концентрация метана на всасе трубопровода, %; принимается 3,5%.

Расход МВС, рассчитанный по формуле (6.12), должен удовлетворять условию:

$$Q_{TP} \geq Q_{CM} \kappa_{УТ.ПЕР.} = 0,3 \kappa_{УТ.ПЕР.} Q_{УТ.}, \quad (6.14)$$

где $\kappa_{УТ.ПЕР.}$ – коэффициент утечек воздуха через перемычку; принимается равным 1,3.

Если условие (6.14) не выполняется, то Q_{TP} принимается равным 0,39 $Q_{УТ.}$. При $Q_{TP} > 0,39 Q_{УТ.}$ необходимо увеличить утечки воздуха через перемычку путем устройства вентиляционного окна.

Депрессия газоотсасывающей установки (вентилятора) с учетом подсосов воздуха через перемычку $h_{Г.У}$ может быть рассчитана по формуле

$$h_{Г.У} = 2,52 \cdot 10^{-5} (R_{TP.B} / \kappa_{УТ.ПЕР.} + R_{TP.H} / \kappa_{УТ.ПЕР.}) (\kappa_{УТ.ПЕР.} Q_{УТ.})^2 + h_{H.B}, \quad (6.15)$$

Выбор источника тяги осуществляется аналогично выбору ВМП. Если требуемые значения расхода и депрессии не могут быть обеспечены, то принимают трубопровод большего диаметра и расчет повторяют.

7. Меры безопасности при изолированном отводе метана

Проектом предусматривается:

- непрерывная работа газоотсасывающей установки; ее выключение допускается только на время профилактических осмотров и ремонтов, выполняемых по графикам, утвержденным главным инженером;

- независимое электроснабжение газоотсасывающей установки по отношению к электросети участка;
- обособленное проветривание свежим воздухом камеры, в которой располагается газоотсасывающая установка;
- контроль концентрации метана в камере газоотсасывающей установки стационарной автоматической установкой, снимающей напряжение с электрооборудования в камере при концентрации метана 1%;
- обслуживание газоотсасывающей установки дежурным машинистом; работа газоотсасывающих вентиляторов без дежурного машиниста допускается при условии их оснащения автоматическими средствами управления и контроля температуры подшипников и концентрации метана в трубопроводе, обеспечивающими отключение газоотсасывающей установки при превышении норм контролируемых параметров;
- применение источников тяги для отсоса МВС (газоотсасывающие вентиляторы, эжекторы), в которых исключена возможность воспламенения метана при ударах и трении о корпус вентилятора вращающихся частей;
- устройство смесительной камеры в выработке, куда выдается газоотсасывающей установкой МВС, представляющей часть выработки, «отшитую» сплошной продольной перегородкой из негорючего материала; длина смесительной камеры 5-6м, ширина не менее 1,5м; вход в камеру и выход из нее ограждается металлическими решетками; выработка в месте сооружения смесительной камеры и на расстоянии 5м в обе стороны от нее закрепляется негорючей крепью.
- оснащать конец трубопровода, через который выпускается МВС в смесительную камеру, коленом, обеспечивающим выход метана из трубопровода под углом 45 градусов к потоку воздуха;
- автоматическое отключение электроэнергии на обслуживаемом участке с потребителей лавы и вентиляционной выработки при любой остановке газоотсасывающего вентилятора;
- установка телефонов в камере газоотсасывающего вентилятора и в вентиляционной выработке вблизи лавы.

При осуществлении проекта изолированного отвода МВС необходимо выполнение ряда требования нормативных документов.

В камере газоотсасывающего вентилятора должна находиться «Книга учета работы газоотсасывающей установки», контроль за ведением которой возлагается на механика выемочного участка.

В обязанности машиниста газоотсасывающей установки входит:

- осуществление ежедневного контроля вентилятора (без его остановки), трубопровода и смесительной камеры и извещение начальника выемочного участка обо всех замеченных недостатках (нарушение целостности трубопровода, всасывающего патрубка или смесительной камеры, заземления и т.д.)
- измерение не реже одного раза в час содержания метана в трубопроводе у вентилятора и не реже трех раз в смену в трубопроводе у лавы шахтным интерферометром;

- регулирование поступления воздуха из штрека в трубопровод при помощи регулирующего окна вблизи лавы так, чтобы концентрация метана в трубопроводе у вентилятора не превышала 3%, а в трубопроводе у лавы – 3,5%;
- выключение газоотсасывающего вентилятора при остановке вентилятора главного проветривания или при пожаре на участках; перекрытие трубопровода у лавы при неработающем вентиляторе и открывание регулирующего окна для проветривания трубопровода;
- включение газоотсасывающего вентилятора (после его остановки) при условии снижения концентрации метана в камере установки ниже 1% и в трубопроводе у вентилятора до 3%.

Сменные ИТР участка обязаны не реже одного раза в смену, а вентиляционный надзор – не реже одного раза в сутки осуществлять контроль концентрации метана на выходе из смесительной камеры, в трубопроводе у лавы и у вентилятора.

Если концентрация метана на выходе из смесительной камеры достигает 2% и более, а в трубопроводе у лавы превышает 3,5% и у вентилятора – 3%, то должны быть приняты меры для увеличения расхода воздуха в смесительной камере и в трубопроводе.

Список используемой литературы

1. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.: 2000. – 484с.
2. Сборник инструкций к правилам безопасности в угольных шахтах . Т.1, 1996. – 425с.
3. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: «Основа», 1994 – 311с.
4. Методические указания к расчету расхода воздуха для проветривания угольных шахт./сост. В.А. Стукало – Донецк: 1999. - с.
5. Руководство по дегазации угольных шахт. – М.: Изд-во ИГД им. Скочинского , 1990. – 186с.
6. Методические занятия к практическим занятиям по дисциплине «Дегазация угольных шахт»./Сост. В.А. Стукало, А.Л. Кавера, О.В.Барановская. – Донецк : ДонНТУ, 2002. – 63с.
7. Бобров А.И., Кузьмин Д.В., Иотенко Б.Н.
Расчет расхода воздуха на выемочном участке при отводе метана из выработанного пространства.//Уголь Украины, 2001. - №4. – с.47 – 48.