ACADEMIC RESEARCH IN EDUCATIONAL SCIENCES VOLUME 2 | ISSUE 6 | 2021
ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКА ДВИЖЕНИЯ ПОТОКА ВОЗДУХА ПРИ ВЕНТИЛЯЦИИ ТУПИКОВЫХ РАБОЧИХ МЕСТ ШАХТЫ

И. Т. Мислибаев
Доцент Навоийского государственного горного института
mislibaev65@mail.ru

А. Махмудов
Заведующей кафедры Навоийского государственного горного института
maxmudov-azamat@inbox.ru

Э. Ш. Мусурманов
Базовый докторант Навоийского государственного горного института
elyor8606@mail.ru

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены методы кинематического исследования движения воздушного потока и применение эффективных схем вентиляции при вентиляции рабочих мест в тупиковых подземных горных выработок.

Ключевые слова: шахта, тупиковые выработки, аэродинамическое сопротивление, вентиляция, воздушно-депрессионная съёмка, местное проветривание, депрессия шахты, рабочая точка вентилятора, характеристика вентилятора, угол установки рабочего колеса, направляющий аппарат, единые правила безопасности.

STUDY OF THE KINEMATICS OF THE AIR FLOW MOVEMENT DURING VENTILATION OF DEAD-END WORKING PLACES OF THE MINE

ABSTRACT

The article discusses the methods of kinematic study of the movement of air flow and the use of effective ventilation schemes for ventilation of workplaces in dead-end underground mine workings.

Keywords: mine, dead-end workings, aerodynamic drag, ventilation, air depression survey, local ventilation, mine depression, ventilator operating point, ventilator characteristic, impeller mounting angle, guiding device, uniform safety rules.

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное ведение горных работ и развитие сети горных выработок требует постоянного ведения воздушно-депрессионных измерений и соответственно совершенствование технологических схем вентиляции шахт и рудников. При этом обязательно строго соблюдать требования правил шахтной безопасности: вентилятор местной вентиляции должен устанавливаться в выработках со свежим потоком не менее чем в 10 м от потока, выходящего из устья тупиковой выработки; производительность вентилятора местной вентиляции не должна превышать 70 % расхода потока, из которого вентилятор забирает свежий воздух. При необходимости проведении выработок на вентиляционном горизонте с разрешения главного инженера шахты допускается установка ПМП на отходящем потоке, но при условии, что содержание газов в нем не превышает 0,5 %, а содержание токсичных газов находится в пределах установленных санитарных норм.

При проведении исследований нами рассматривались вопросы проветривания горных выработок в шахтах следующие различные методы и схемы проветривания:

-проветривание горных выработок за счет общей шахтной депрессии, при котором воздух подается непосредственно через горные выработки, или выработки делятся на отсеки с помощью парусов, перегородок и т. д.

-напорный нагнетательный способ вентиляции с использованием гибких вентиляционных труб и вентиляторов местного проветривания;

- ввсасывающий способ вентиляции который может использоваться, когда взрывоопасные и токсичные газы не выделяются из забоев и выработок;

- комбинированная вентиляция с одним или двумя вентиляторами с перемычкой или без перемычки заключается в том, что основной вентилятор, установленный в устье шахты, работает в режиме всасывания, а вспомогательный, с меньшей производительностью, работает в режиме продувки и предназначен для передачи воздуха в заблокированном пространстве или в пространстве;

ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ И МЕТОДОЛОГИЯ

В настоящее время во многих странах преобладающим способом вентиляции шахт и тупиковых горных выработок является напорная схема вентиляция с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП) с использованием гибких вентиляционных труб.

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

В дальнейших исследованиях рассматривались вопросы кинематики движения воздуха и передачи энергии струи в горных выработках.

При нагнетательной вентиляции с помощью ВМП в горных выработках могут существовать три зоны вынужденного движения воздуха с разной аэродинамической структурой (рис. 1): I - зона вихревого движения; II - зона действия струи ВМП; III - зона поступательного движения.

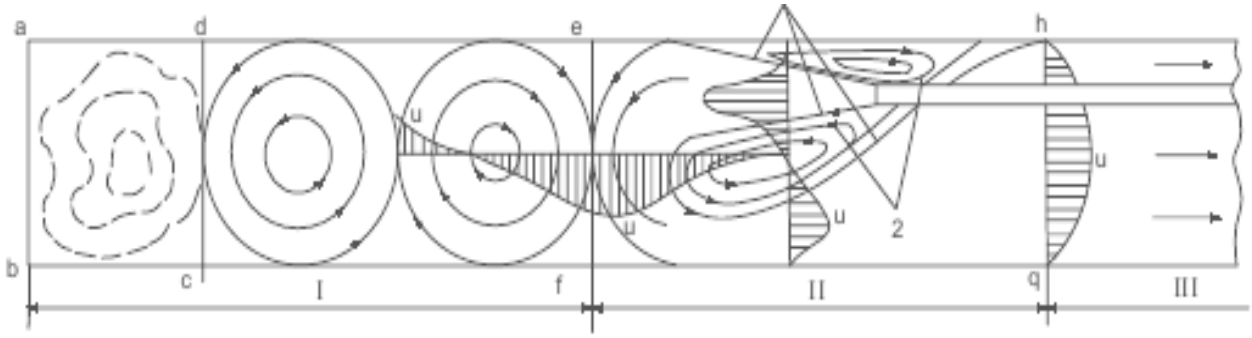


Рис. 1. Схема аэродинамических зон в тупиковой выработке при нагнетательной вентиляции: *I, II, III* – аэродинамические зоны; 1 – граница ядра постоянной массы; 2 – присоединенные массы.

Зона I существует при значительном удалении конца трубопровода от забоя. В этом случае частично ограниченная струя, выходящая из трубопровода, отражается от воздушных масс, заполняя зону I, и поворачивается в сторону головы шахты. При этом он притягивает пограничные воздушные массы в зоне I, заставляя их циркулировать: образуется первый (считая от зоны действия струи) вихрь в зоне I. Если этот вихрь не заполняет всю длину I-зоны, за ним может образоваться второй вихрь и так далее. Таким образом, воздух в зоне I находится в равномерно циркулирующем движении, образованном пространственными вихрями. Самые крупные из них имеют размер диаметра выемки. Пространство между большими вихрями заполнено вихрями меньшего размера. Источником энергии, движущей воздух в зоне I, является кинетическая энергия струи ВМП, механизмом ее передачи является трение между слоями воздуха на границе зон I и II. Точно так же энергия передается от первого вихря ко второму и т. Д., А также от больших вихрей к вихрям меньшего размера. Из-за малой внутренней вязкости воздуха взаимодействие между струей ВМП и первым вихрем будет слабым, а передача энергии от свободной струи вихрю мала. По той же причине энергия последующих вихрей также будет небольшой, уменьшаясь по мере удаления от источника энергии - выходящей струи ВМП.

Уменьшение энергии вихря в направлении забоя скважины означает

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

уменьшение интенсивности циркуляционного движения. В конечном итоге энергии последнего вихря может оказаться недостаточно для создания организованного движения воздуха за ним; в результате пространство между этим вихрем и забоем будет заполнено практически неподвижным воздухом (застойная область abcd на рис. 1). Коэффициент использования воздуха в зоне активного перемешивания при разгрузочном способе вентиляции достигает 0,8-1,0.

Тот факт, что газ и пыль, выбрасываемый с открытых поверхностей забоя и стенок выработки, удаляется из мест его выброса непосредственно в сторону устья продувочной выработки, то есть исключается возможность его попадания в рабочую зону, также способствует созданию благоприятных условий в зоне газового потока.

Дальнейший процесс проветривания длинных глухих выработок с нагнетанием свежего воздуха по трубопроводу заключается в непрерывном растяжении и деформации газовой волны на горных выработках за счет нового притока воздуха (рис. 2).

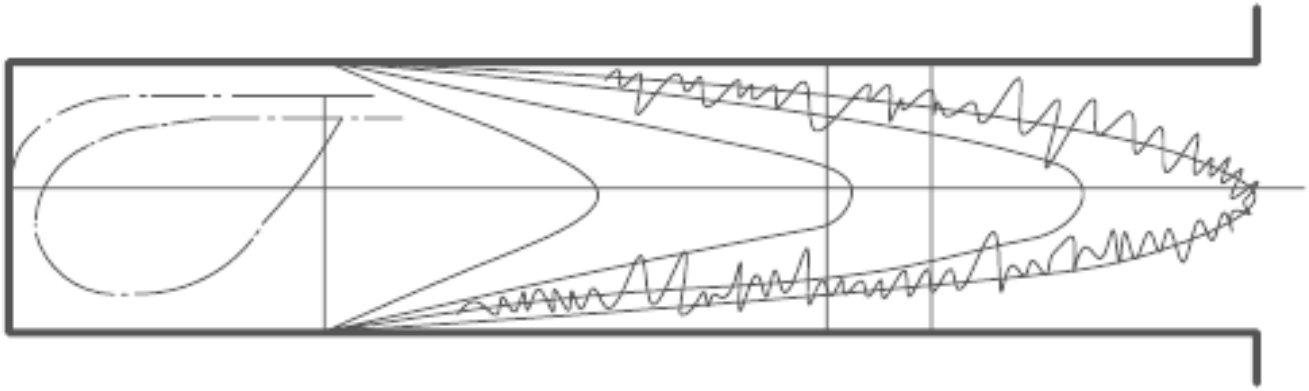


Рис. 2. Схема деформации и растяжения газовой волны при нагнетательном проветривании тупиковой выработки. Когда газовая волна удаляется от забоя скважины, газы сжижаются.

Анализом установлено, что ппреимущества всасывающего метода заключается в том, что отсасываемый из забойного пространства воздух, содержащий продукты разложения взрывчатых веществ характерных для рудных шахт и газов при использования самоходной техники, удаляется по вентиляционным трубам, и свежий поток движется по выемке из устья в забой, поэтому работы не могут быть остановлены. В первые минуты вентиляция интенсивна за счет всасывания воздуха в трубы с очень высокой концентрацией токсичных газов, определяемой количеством взорванного взрывчатого вещества и объемом зоны выброса газа из забоя скважины. Однако затем

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

интенсивность вентиляции снижается за счет всасывания в трубы относительно чистого воздуха, несмотря на то, что воздух, содержащий взрывоопасные газы высокой концентрации, застаивается в забойной части. Этот способ вентиляции очень эффективен в тех случаях, когда конец вентиляционных труб находится на расстоянии 2-3 м от забоя скважины.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Зависимость эффективности всасывающей вентиляции от длины горной выработки не очень высока, поэтому данный метод рекомендуется для проветривания длинных выработок. Этот метод наиболее эффективен когда вентилятор установлен не в штреке со свежим штреком, а непосредственно в глухом штреке вблизи забоя, как показывает практика, концентрация газа не превышает допустимых санитарных норм. Основная часть газов выбрасывается из конца трубопровода в исходящий поток.

С точки зрения борьбы с пылью в подготовительных выработках эффективен всасывающий метод вентиляции, когда весь загрязненный воздух удаляется из вентилируемых выработок изолированно по трубопроводу, а свежий воздух движется к забою по всей его длине. Ниже приведена схема района действия, всасывающего трубопровода Следует также отметить, что способ всасывания характеризуется низким коэффициентом расхода воздуха (0,08-0,2) из-за ограниченного поля активного воздействия всасывающей струи воздуха (рис. 2).

Из-за разрежения воздуха в трубопроводе под действием вентилятора наружный воздух устремляется в трубопровод. В свободном пространстве при всасывании создается поле скоростей (спектр скоростей), имеющее круглую сферическую форму (рис. 2). Линии 1-6 показывают поверхности с равными скоростями, направленные к входу в трубу.

Как видно из рисунка, скорость воздуха максимальна на входе в трубу, которые задаются в относительных координатах. Она резко уменьшается с расстоянием, и на расстоянии одного диаметра трубы скорость воздуха составляет менее 7% от скорости всасывающего отверстия, а на двух диаметрах скорость очень незначительна. Это показывает, что область всасывающего отверстия простирается на небольшое расстояние.

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

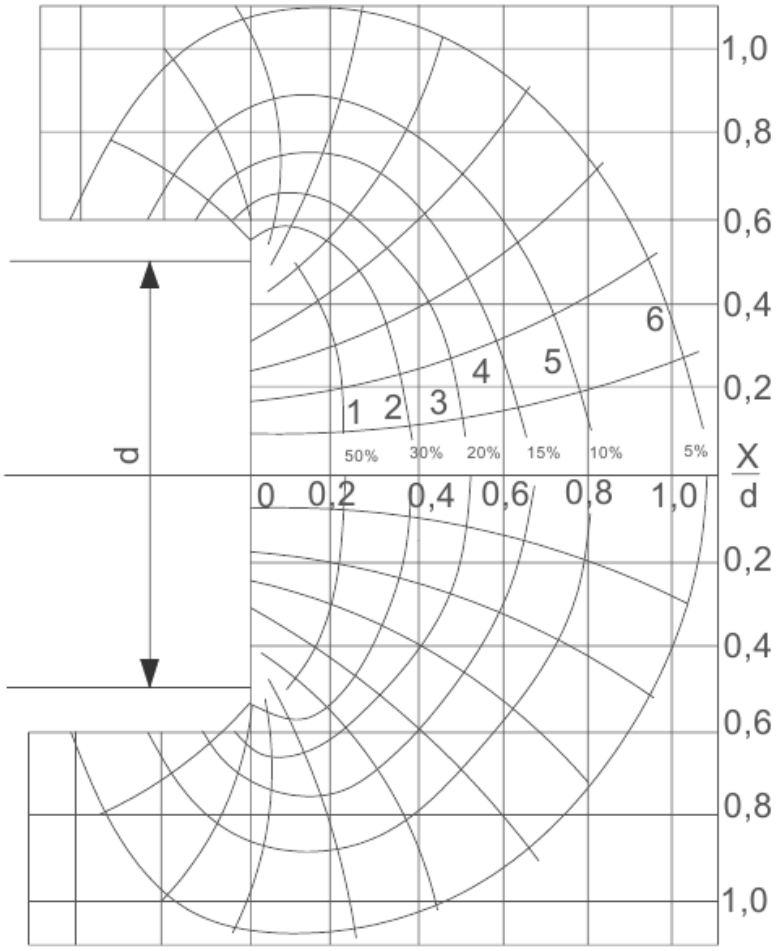


Рис. 2. Район действия всасывающего трубопровода

Форма всасывающей струи в условиях вентилируемой выемки изменяется под воздействием близлежащих стен и забоя выемки. Помимо процессов всасывания, диффузия также влияет на газовое облако в выработке. Газы перемещаются из области с высокой концентрацией в область с более низкой. Взаимодействие этих двух факторов (всасывания и диффузии) приводит к очистке призабойного пространства от газов.

Всасывание газа вдоль вентиляционных труб в основном вызвано турбулентной деформацией, т. е. растяжением газовой волны по длине выработки из-за неравномерности ее скорости по поперечному сечению выработки.

Для обеспечения эффективной продувки газа из забоя при данном способе вентиляции расстояние от конца трубопровода до забоя не должно превышать 0,5S м (S-поперечное сечение горной выработки). При большем расстоянии вблизи площади забоя может образоваться трудновентилируемая

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

зона.

Исследования показывает, что, при всасывающей вентиляции в тупиковой шахте также можно выделить три аэродинамические зоны (рис. 3): I-зона вихревого движения, II-зона всасывающего отверстия трубопровода, III-зона поступательного движения.

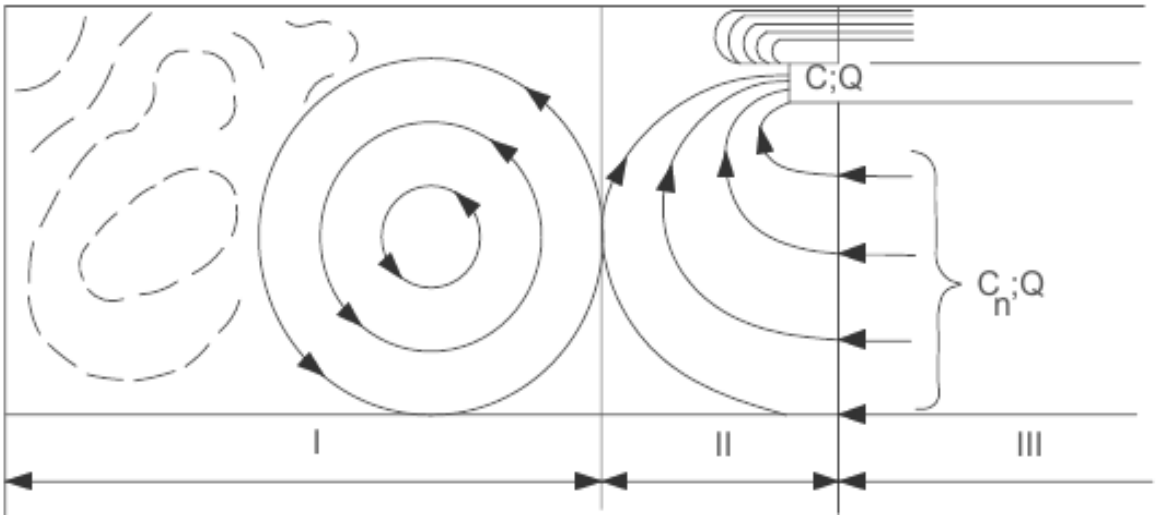


Рис. 3. Схема аэродинамических зон в тупиковой выработке при всасывающей вентиляции: *I, II, III* - аэродинамические зоны

Зона I аналогична аналогичной зоне при принудительной вентиляции. Разница заключается главным образом в низком энергетическом уровне движения в этой зоне, что, в свою очередь, вызвано низкой энергией движения в зоне II. Кроме того, объемный характер всасывания воздуха в трубопроводе может препятствовать образованию единого вихря в I зоне. Отмеченные особенности определяют низкую вероятность упорядоченного вихревого движения в этой зоне.

Зона II– это область ограниченного потока, возмущенная действием стока - всасывающего отверстия вентиляционного канала. Движение в этой области характеризуется искривлением линий тока, ранее прямых, и вытягиванием их к отверстию трубы. Сечение потока в направлении его движения уменьшается от сечения выемки к сечению трубопровода, в соответствии с чем скорость движения воздуха увеличивается при приближении к трубопроводу.

Зона III– это зона ограниченного потока, не отличающаяся от аналогичной зоны в нагнетательной вентиляции.

ОБСУЖДЕНИЕ

Анализом наблюдений установлено, что форма вихрей в зоне I может

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

быть круглой, вытянутой или даже неправильной. Между вихрями часто возникают области неупорядоченного движения. При всасывающей вентиляции перенос газа в зоне I качественно аналогичен переносу в зоне I при нагнетательной вентиляции. Разница может быть только количественной из-за меньшей интенсивности движения при всасывающей вентиляции.

В зоне II преобладает конвективный транспорт газа в направлении основного движения, усиливающийся по мере приближения к устью трубопровода. Из-за низких скоростей движения в этой зоне интенсивность турбулентности потока невелика. Соответственно, возрастает роль молекулярного транспорта газа и процесса вытеснения. Эти три вида транспорта потока обеспечивают поступление газа в зону II из зоны I, а также со стен горных выработок в зоне II, если они выделяют газ. Зона II также будет демонстрировать центробежный эффект, способствуя транспортировке легкого газа в устье трубопровода и затрудняя транспортировку тяжелого газа в этом направлении.

Зона III– это зона ограниченного потока. Преобладающими видами транспорта потока являются Нео конвективный (в направлении движения) и турбулентный (в поперечном направлении). Максимальное содержание транспортируемого газа в этой зоне обычно наблюдается вблизи стен, как при непрерывном выбросе газа из стен, так и при периодическом выбросе газа, что объясняется низкими скоростями воздуха (расходами) в пристенных зонах котлована. Поток воздуха, движущийся вдоль зоны III, будет прижимать объем газа к забою, если он будет выделяться в этой зоне, что, например, часто имеет место при взрывных работах. Из-за разницы скоростей движения воздуха в поперечном сечении зоны III центральная часть загазованного объема будет быстрее перемещаться в устье трубопровода, периферийные (пристенные) участки будут отставать. В результате свободная граница газообразного объема превратится в воронку, заполненную чистым воздухом, за пределами которой находятся газообразные участки потока.

Комбинированная вентиляция с двумя вентиляторами (рис. 4.) без перемычки заключается в том, что основной вентилятор, установленный в устье шахты, работает в режиме всасывания, а вспомогательный, с меньшей производительностью, работает в режиме продувки и предназначен для передачи воздуха в заблокированном пространстве или в пространстве, определяемом активной зоной вспомогательного вентилятора, с целью максимально равномерного распределения токсичных газов в этом объеме.

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

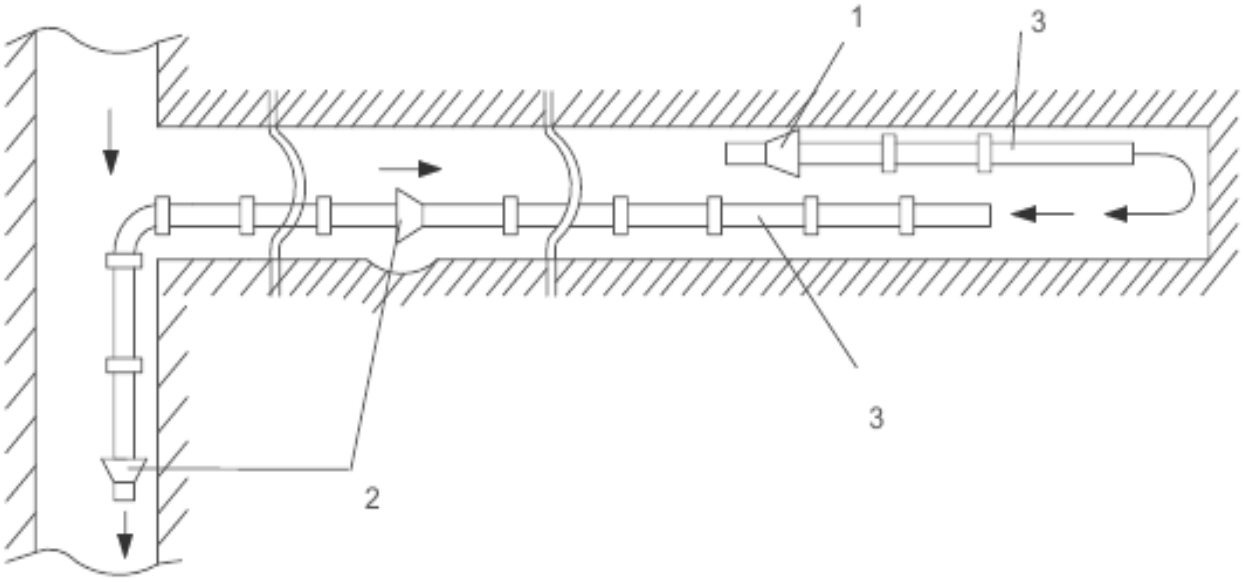


Рис. 4. Комбинированное проветривание двумя вентиляторами: 1–нагнетательный вентилятор; 2–всасывающий вентилятор; 3–трубопроводы.

Преимуществом данного способа вентиляции является то, что горные выработки заполняются свежим воздухом, вентиляция осуществляется быстро, что позволяет использовать этот способ при большой протяженности горных выработок, с использованием относительно небольших вентиляторов, а также при высокоскоростной проходке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным выводом работы является то, что, для газосодержащих горных выработок рекомендуется использование схему продувочно-всасывающей вентиляции, учитывающую пылевые, газовые и другие факторы. В настоящее время с освоением производства пылеотделительных установок серии ППУ появилась возможность реализации различных схем продувки-отсоса комбинированной вентиляции.

Для проветривания подготовительных горных выработок, проводимых в газообразных рудных шахтах, предлагается схема (рис. 5). Он обеспечивает подачу свежего воздуха от воздуходувки в двух точках: непосредственно в забойном пространстве Q_1 и в зоне пылеулавливающего агрегата Q_2.

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

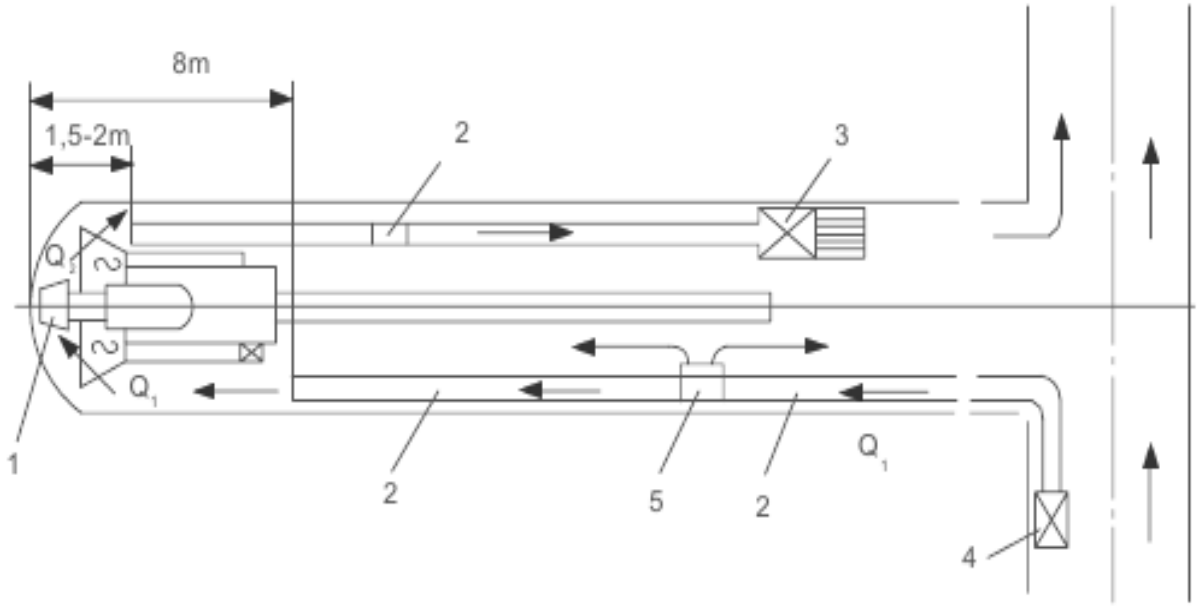


Рис. 5. Схема нагнетательно-всасывающего проветривания:
1 – подземная самоходная машина (ПСМ); 2 – датчик контроля воздуха;
3 – пылеулавливающая установка; 4 – вентилятор местного проветривания (ВМП);5 – воздуховыпускной клапан

При этом рекомендуется следующее соотношение расходов воздуха определяемое по выражению,

$$Q_1 \geq Q_2 \geq Q_1'$$

где Q_1 - общее количество воздуха, поступающего по нагнетательному трубопроводу перед впускным клапаном;

Q_2 - количество воздуха, отсасываемого пылеулавливающим агрегатом;

Q_1' - количество воздуха, поступающего в забой по нагнетательному трубопроводу.

При небольшой газообильности выработки возможен вариант $Q_2>Q_1>Q_1'$, который предусматривает частичное поступление очищенного пылеулавливающей установкой воздуха в призабойное пространство.

Следует отметить, что при $Q_3>Q_1'$ сохраняются допустимые скорости движения воздуха в призабойной части выработки и требуемая «подпитка» в сторону забоя. В этом случае атмосфера в призабойной зоне характеризуется высокими турбулентными свойствами. Если $Q_3<Q_1'$, то на участке выработки между концом нагнетательного трубопровода и воздуховыпускным клапаном может иметь место недопустимо малая скорость движения воздуха. Следовательно, необходимо соблюдать соотношение расходов воздуха.

ISSN: 2181-1385
Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2021: 5.723
DOI: 10.24412/2181-1385-2021-6-226-236

REFERENCES

1. В.И. Голинко, Я.Я. Лебедев, О.А. Муха. Вентиляция шахт и рудников, Учебное пособие, ДнепропетровскНГУ, Днепропетровск-2012 г.
2. Отчет о научно-иследовательский работе «Проведение воздушно-депрессионной съёмки на подземных объектах рудника Зармитан ЮРУ, разработка схем проветривания на перспективу и исследования по определению оптимальной схемы проветривания», Тошкент-2019 г.
3. Б.Ф. Кирин, Е.Я. Диколенко, К.З.Ушаков. Аэрология подземных сооружений (при строительстве). - Липецк: Липецкое издательство, 2000. - 456 с.
4. Колесниченко Е.А., Колесниченко И.Е., Ткачук Р.В. Закономерности вентиляции призабойного пространства тупиковых выработок: новая концепция. // Уголь. - 2007. - №2. - С. 16-19.
5. Э.Ш. Мусурманов, Структурный анализ управления вентиляцией шахт и рудников /Э.Ш. Мусурманов //Интернаука. – 2017. – №11-1(15). – С. 71-74.
6. Хамзаев, А.А. Повышение энергоэффективности вентиляторных установок /А.А. Хамзаев, Э.Ш. Мусурманов, М.Э. Хайдарова //Молодой ученый. – 2017. – № 7(141). – С. 95-98.
7. A.Makhmudov, O.M. Kurbonov, M.D. Safarova, “Substantiation of the choice of the rational control system of electric drives of pump installations of geotechnological mines”, International conference on integrated innovative development of zarafshan region achievements, challenges and prospects, 27-28 NOVEMBER, 2019. Navoi, Uzbekistan. P. – 123-129
8. А. Махмудов, О. М. Курбонов, М. Д. Сафарова, “Технические решения по совершенствованию монтажно- демонтажных работ погружных насосных агрегатов в условиях рудников ПВ”, «Горный вестник Узбекистана» (ISSN 2181-7383) Научно-технический и производственный журнал Выпуск № 3. Навоий, 2020 г, 9-12 ст.
9. Распространения ударной вольны по поверхности грунтового полупространства, применение метода характеристик / М. Ш. Тоиров, А. Ш. Жураев // Современные научные исследования и разработки. – 2017. – № 7(15). – С. 326-331.