

УДК 622.451-52: 519.673

В.В. ШАМАЕВ (канд. техн. наук, доцент)

Е.В. ТАХТАРОВ (студент гр.КСзс-15)

Донецкий национальный технический университет, г. Красноармейск

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ.

Для эффективного управления проветриванием подготовительной выработки предложена двух-уровневая компьютерно-интегрированная система управления с использованием промышленной шины. На верхнем уровне управления расположена подсистема мониторинга и диспетчерского управления, а на нижнем - три подсистемы, соответствующие решаемым задачам управления: контроля параметров рудничной атмосферы в подготовительной выработке; автоматического управления вентиляторами ВМП; автоматической дегазации подготовительной выработки. Предложенная система автоматической дегазации тупиковых выработок повышает эффективность проветривания, осуществляет мониторинг и недопущение опасной концентрации метана, обеспечивая безопасные условия ведения горных работ.

Ключевые слова: подготовительная выработка, управление проветриванием.

Общая постановка проблемы.

В системах вентиляции горных предприятий (шахт и рудников) широко применяются вентиляторы местного проветривания (ВМП). С их помощью обеспечивается подача воздуха в тупиковые горные выработки при строительстве шахт, при подготовке новых горизонтов и выемочных полей, при проведении отдельных подготовительных выработок или используются для увеличения подачи воздуха по отдельным направлениям

Задача автоматизации технологического процесса проветривания горных выработок сводится к подаче и распределению по выработке такого количества воздуха, при котором обеспечивается заданная производительность забоев, соблюдаются требования Правил безопасности и поддерживаются оптимальные режимы работы ВМП. Аэрогазовая система подготовительной горной выработки как объект автоматизированного управления представляет собой сложный объект управления из-за нестационарности и стохастичности процессов, протекающих в ней, их многомерности. Все это влечет за собой необходимость разработки и внедрения микропроцессорной системы контроля и управления ВМП.

Постановка задач исследования. Целью работы является повышение безопасности ведения подготовительных горных работ путем создания системы микропроцессорного управления вентилятором местного проветриванием и дегазацией тупиковой выработки.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

1. исследование особенностей технологического процесса проветривания тупиковых выработок;
2. оценка эффективности функционирования существующих систем контроля и управления аэрогазовым состоянием подготовительной тупиковой выработки;
3. разработка требований к микропроцессорной системе контроля и управления аэрогазовым состоянием с учетом выявленных недостатков;
4. разработка технических решений для системы контроля, диагностики и управления аэрогазовым состоянием с учетом предъявленных требований.

Результаты разработки и исследований Управление аэрогазовым и пылегазовым режимом в подготовительной тупиковой выработке – весьма сложная задача. Из-за сложности проветривания в таких выработках существует возможность скопления опасной концентрации метана, что может привести к возникновению аварийной ситуации. По данным статистики МакНИИ на шахтах Украины более 50 % взрывов метановоздушной смеси и угольной пыли были зафиксированы именно в тупиковых выработках [1].

Проведение подготовительных (тупиковых) выработок сопровождается проявлением практически всех природных и производственных опасных факторов. Так, при проведении подготовительных выработок происходит до 35% взрывов метана и угольной пыли, 60% аномаль-

ных геодинамических и газодинамических явлений, более 9% экзогенных и эндогенных пожаров [3]. Одним из направлений предотвращения указанных факторов является подача в подготовительную выработку требуемого количества воздуха в нормальном и аварийных режимах проветривания.

Процесс проветривания подготовительной выработки газовой угольной шахты является важным технологическим процессом, который обеспечивает подачу в забой достаточного количества воздуха для работы горняков и нормализацию параметров рудничной атмосферы при увеличении концентрации метана сверх допустимых норм по правилам безопасности в угольных шахтах (ПБ) [1]. В соответствии с требованиями ПБ, проветривание подготовительных выработок газовой угольной шахты запрещается осуществлять за счет общешахтной диффузии, исключая тупики длиной до 6 м, примыкающие к стволам. Проветривание подготовительных шахтных выработок должно производиться с помощью вентиляторов местного проветривания (ВМП). Для проветривания подготовительных шахтных выработок используются осевые и центробежные вентиляторы, с электрическим и пневматическим приводами, в специальном (РВИ) исполнении для шахт, опасных по газу и пыли. Наибольшее применение нашли осевые вентиляторы серии ВМ (ВМ-4,5М,6М,8М,12М) [2]. Для проветривания выработок большой длины используются и центробежные вентиляторы, (например, ВМЦ-6,8, ВМЦГ-7), имеющие большую подачу (до 20 м³/с) и развивающие высокое давление (до 600-900 кПа). Вентиляторы имеют взрывобезопасное исполнение электродвигателей (ЗВР, ВАО2-280,315,355). Воздух в забой подается по вентиляционному трубопроводу диаметром до 800 мм. ВМП может быть регулируемым и нерегулируемым.

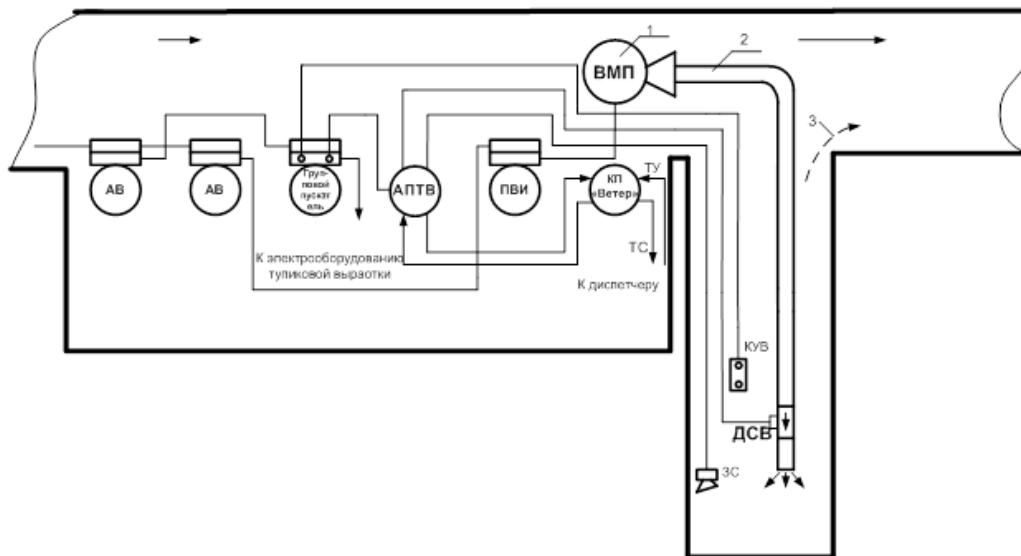


Рис. 1. Технологическая схема установки ВМП и размещения аппаратуры автоматизации

Основные требования правил безопасности в угольных шахтах (ПБ) к вентиляторам ВМП, как объектам автоматизации, следующие [1-3]:

- ВМП должны работать непрерывно;
- в случае остановки ВМП или нарушении вентиляции в тупиковой выработке, напряжение с электрооборудования должно быть снято;
- на газовых шахтах, тупиковые выработки должны быть оборудованы резервным вентилятором с резервным электропитанием, который должен включаться в работу при остановке работающего вентилятора;
- на шахтах III категории и выше тупиковые выработки длиной 50 м и более, в которых выделяется метан, должны оборудоваться устройствами для дегазации.

Сложность автоматического управления процессом проветривания подготовительной выработки газовой шахты обусловлена следующими основными причинами:

- ВМП рассредоточены по шахте и удалены на значительное расстояние от пульта горного диспетчера;
- аппаратура автоматизации должна обладать высокой надежностью, так как отказ в системе местного проветривания может быть причиной взрыва или пожара;
- необходим непрерывный контроль состава рудничной атмосферы и количества воздуха, поступающего в подготовительный забой;
- аппаратура автоматизации, наряду с функциями управления режимом проветривания, должна обладать возможностью осуществлять автоматическую дегазацию забоя.

При применении регулируемого электропривода возможно регулирование режима работы вентилятора путем изменения частоты вращения приводного электродвигателя. Регулирование рабочего режима осевых вентиляторов осуществляется при работающем или остановленном вентиляторе поворотом закрылков лопаток направляющего аппарата на угол от $+45$ до -50 градусов. При наличии направляющего аппарата регулирование возможно путем изменения угла установки лопаток направляющего аппарата. Функциональная схема такой системы автоматического регулирования (САР) приведена на рисунке 2. Объектом регулирования является звено «вентилятор - сеть». Выходной параметр Q_1 - количество воздуха, поступающего в забой тупиковой выработки. Задача САР поддержать значение Q_1 на заданном (расчетном) уровне Q_{13} .

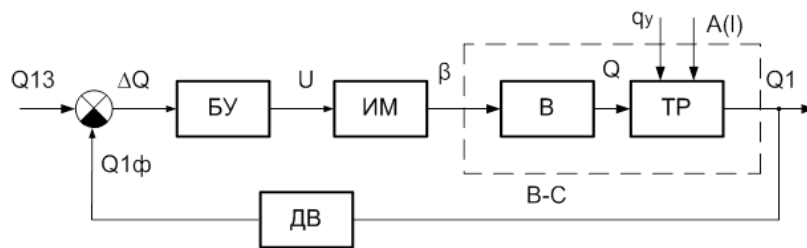


Рис. 2. Функциональная схема САР осевого вентилятора ВМП

Значение Q_1 изменяется вследствие роста утечек q_y воздуха через неплотности в трубопроводе и увеличение его длины l и, следовательно, роста сопротивления трубопровода $A(l)$. Параметры $A(l)$ и q_y представляют возмущающие воздействия в системе. Если эти воздействия приведут к снижению Q_1 , через датчик расхода воздуха ДВ на блок сравнения поступит новое значение $Q_{1\phi}$ и, поскольку $Q_{1\phi} < Q_{13}$, возникнет сигнал рассогласования ΔQ , который воспринимает блок управления БУ. Последний формирует регулирующее воздействие U на исполнительный механизм ИМ, который изменит угол установки β лопаток направляющего аппарата, что приведет к росту производительности ВМП.

Для повышения эффективности проветривания подготовительных выработок необходимо автоматически управлять процессом проветривания в зависимости от текущих значений нормированных параметров рудничной атмосферы выработки, её загазирования, подачи воздуха в забой и работоспособности вентиляторов. На рисунке 3 приведена предлагаемая структурная схема системы автоматического управления процессом проветривания подготовительной выработки шахты опасной по газу.

Подсистема мониторинга и диспетчерского управления - это программно-аппаратный комплекс диспетчера шахты для сбора, хранения и отображения информации в режиме реального времени о протекании и управлении процессом проветривания подготовительной выработки.

Подсистема аэрогазового контроля параметров рудничной атмосферы в подготовительной выработке предназначена для непрерывного местного и централизованного контроля величин скорости воздуха и метана в горной выработке, выдачи сигнала на автоматическое отклю-

чение электрической энергии контролируемого объекта при достижении предельно допустимой концентрации метана.

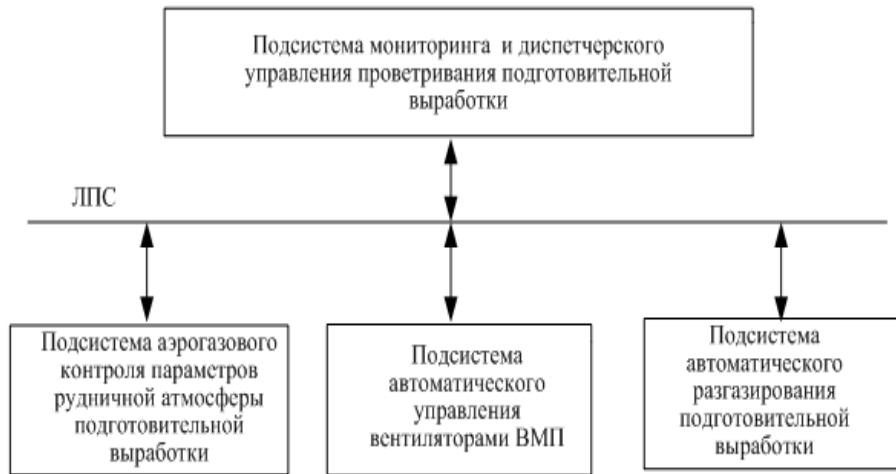


Рис. 3. Структурная схема системы автоматического управления процессом проветривания подготовительной выработки шахты опасной по газу.

Подсистема автоматического управления вентиляторами ВМП предназначена для управления вентиляторами местного проветривания ВМП и отключения электроснабжения потребителей, как возможного источника инициирования взрыва метана-воздушной среды, при отклонении от заданного режима проветривания подготовительной выработки.

Подсистема автоматической дегазации подготовительной выработки предназначена для управления дегазацией подготовительной выработки при её технологическом или аварийном загазировании.

Дегазацию подготовительных (тупиковых) выработок следует осуществлять с соблюдением мероприятий, обеспечивающих безопасность работ:

- снятие напряжения с электрооборудования и кабелей в выработках, по которым будет проходить исходящая струя на всем отрезке ее пути, включая исходящую струю крыла (шахты), и вывод людей из этих выработок;

- выставление на свежей струе постов и запрещающих знаков в местах возможного подхода людей к выработкам, по которым при дегазации будет проходить исходящая струя;

- способ дегазации, места и порядок проверки содержания метана в выработках после окончания дегазации;

- непрерывный контроль содержания метана в исходящей из загазированной выработки струе переносными автоматическими приборами. Концентрация метана в месте слияния исходящей и свежей струй воздуха не должна превышать 1%. Для снижения повышенной концентрации рекомендуется применять специальные устройства, которые должны быть расположены в выработке на расстоянии 5-10м от ее устья.

В настоящее время не существует серийно выпускаемых устройств автоматического управления проветриванием подготовительных выработок. Рассмотрим устройство автоматического управления разгазированием подготовительной выработки типа АРПВ.

На рисунке 4 приведена структурная схема устройства АРПВ. На рисунке обозначено: ДЗС – датчик контроля положения заслонки ЗС (открыта, закрыта); ДМ1, ДМ2 – датчики контроля концентрации метана; БВИ - блок ввода информации; БМ - блок микроконтроллера; БДП - блок передач данных; БВК - блок вывода информации; ПУ - пульт местного управления; ЭВМ – промышленный компьютер подсистемы мониторинга и диспетчерского управления проветривания подготовительной выработки; ПВИР ИМ - пускатель электродвигателя исполнительного механизма; САР 1 - система автоматического регулирования ВМП рабочего; САР 2- система автоматического регулирования ВМП резервного.

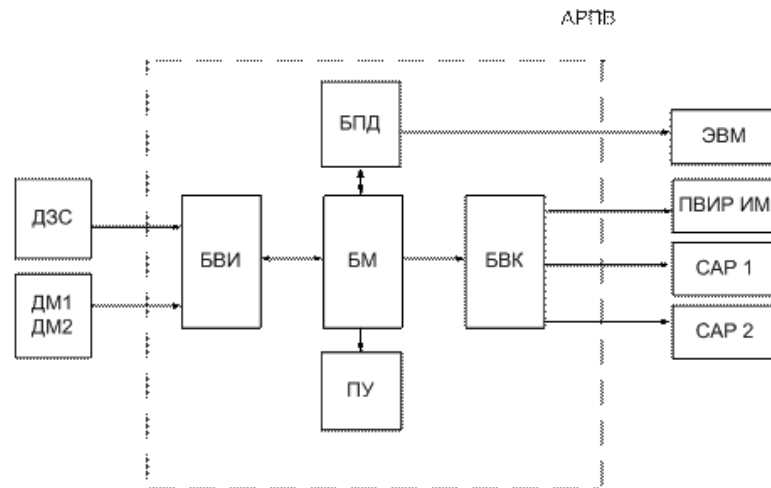


Рис. 4. Структурная схема устройства АРПВ

Основным блоком устройства является блок микроконтроллера БМ, который осуществляет прием информации от датчиков, обработку и хранение в памяти данных, а также формирует команды на исполнительные устройства и управляет передачей данных к ЭВМ подсистемы мониторинга и диспетчерского управления проветривания подготовительной выработки.

Блок БВИ осуществляет: преобразование токовых сигналов от датчиков метана ДМ1 и ДМ2 в сигнал напряжения (используются прецизионные резисторы); гальваническую развязку линий связи устройства с контактными датчиками положения заслонки ЗС (используются оптопары); защиту микроконтроллера устройства от возможных перенапряжений в соединительных линиях датчиков с помощью стабилитронов и резисторов, которые также обеспечивают искробезопасность линий датчиков, что важно для использования устройства в подземных условиях шахт. При этом блок питания БП устройства должен быть искробезопасным (на рисунке не показан).

Блок БВК обеспечивает передачу команд управления от блока БМ к исполнительным устройствам и в систему САР. Для включения пускателя ПВИР блок БВК содержит тиристорную оптопару, тиристор которой должен включаться непосредственно в цепь дистанционного управления магнитного пускателя. Для передачи команды в САР применяется релейная группа.

Связь микроконтроллера устройства с ЭВМ подсистемы мониторинга и диспетчерского управления осуществляется с помощью блока передачи данных БПД с модулем интерфейса RS-485. Модуль содержит, кроме собственно приемника и передатчика, преобразователь напряжения с разделительным трансформатором для их питания и оптронные развязки входных цепей. Эти элементы позволяют обеспечить гальваническую развязку линии связи и присоединяемых к ней устройств.

Структурная схема подсистемы автоматического управления дегазации (разгазирования) подготовительной выработки газовой шахты приведена на рисунке 5.

На рисунке 5 обозначено: АРПВ - устройство автоматического управления разгазированием тупиковой выработки; ИМ – исполнительный механизм заслонки ЗС; ДМ1 и ДМ2 – датчики метана; Q1 –подача вентилятора ВМП; Q2 – расход воздуха через трубопровод разгазирующего устройства; ЭД - приводной электродвигатель вентилятора ВМП; ВП - вентиляционный трубопровод (воздухопровод); САР1, САР2- система автоматического регулирования подачи соответственно рабочего и резервного вентилятора ВМП.

Согласно ПБ для проветривания подготовительной выработки шахт, опасных по газу, применяются два вентилятора ВМП, один рабочий, второй – в резерве. Выбор вентилятора ВМП для работы осуществляется подсистемой автоматического управления вентиляторами ВМП. Параллельная работа вентиляторов ВМП не предусмотрена.

Для разгазирования подготовительной выработки, в воздухопроводе ВП предлагается использовать специальную заслонку ЗС с электроприводом ИМ, которая размещается в тупиковой части воздухопровода в 5—10 м от устья выработки. Регулируя положение заслонки ЗС,

часть воздуха Q2 с воздухопровода сбрасывается через небольшой отрезок трубы с турболизатором в устье выработки для размешивания концентрации метана в исходящей струе до нормативного значения – 1%.

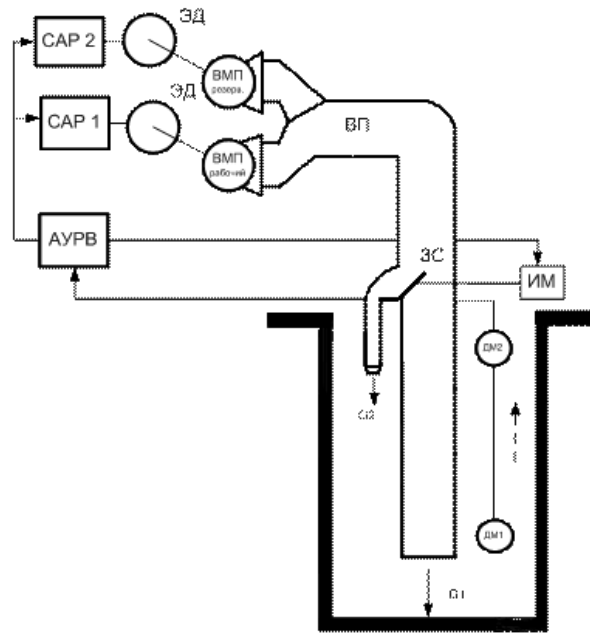


Рис. 5. Структурная схема подсистемы автоматического управления разгазированием подготовительной выработки

Датчик ДМ1 устанавливается в призабойном пространстве подготовительной выработки – под кровлей на расстоянии 3–5 м от забоя на стороне, противоположной вентиляционному трубопроводу. Пороговый уровень срабатывания датчика - 2%. Датчик ДМ2 устанавливается в исходящей струе подготовительной выработки – на расстоянии 10–20 м от устья выработки под кровлей на стороне, противоположной вентиляционному трубопроводу. Порог срабатывания датчика - 1%. Датчики ДМ1 и ДМ2 не входят в состав подсистемы аэрогазового контроля параметров рудничной атмосферы.

Прекращение и возобновление электроснабжения приемникам подготовительной выработки при загазировании и разгазировании осуществляется подсистемой аэрогазового контроля параметров рудничной атмосферы.

Алгоритм управления автоматической дегазацией (разгазированием) подготовительной выработки следующий. При достижении концентрации метана в забое выработки значения 2% (фиксирует датчик ДМ1), устройство АУРВ формирует сообщение диспетчеру шахты – «Местное скопление метана». Одновременно в автоматическом режиме поступает команда на САР1 работающего вентилятора ВМП для увеличения подачи вентилятора до номинального значения. Далее осуществляется контроль концентрации метана в исходящей струе воздуха в устье выработки (датчик ДМ2). Если контрольное значение концентрации метана превысит 1%, то устройство АУРВ формирует сообщение диспетчеру шахты – «Общее загазирование выработки» и передает команду на автоматическое открытие заслонки ЗС (команда поступает в пускатель ПВИР для его включения). После открытия заслонки ЗС продолжается контроль концентрации метана в призабойном пространстве и в устье выработки. При снижении контролируемых величин до нормированных значений заслонка ЗС закрывается, и частота вращения приводного электродвигателя ЭД работающего вентилятора ВМП переводится на частоту, согласно расчету для проветривания выработки в нормальном режиме. Устройство АРПВ формирует сообщение диспетчеру шахты – «Выработка разгазирована». Следует отметить, что коэффициент соотношения $Q2/Q1$ остается постоянным в течение всего времени разгазирования.

Выводы.

Для угольных шахт Донбасса повышение безопасности труда является актуальной задачей. Решение этой задачи достигается совершенствованием технологий ведения и организации горных работ, автоматизацией и механизацией производственных процессов, использованием объективного контроля состояния горного массива, оборудования и окружающей среды.

Предложенная система микропроцессорного управления вентилятором местного проветривания, дегазации подготовительных (тупиковых) выработок повышает эффективность проветривания, осуществляет контроль и недопущение опасной концентрации метана, обеспечивает безопасные условия ведения горных работ.

Библиографический список

1. Правила безпеки у вугільних шахтах. Наказ Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду № 62 від 23.03.2010. -150 с.
2. НПАОП 10.0-5.19-04 «Инструкция по контролю состава рудничного воздуха, определению газообильности и установлению категорий шахт по метану» приказ Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда от 26.10.2004 г. № 236.
3. НПАОП 10.0-5.22-04. «Инструкция по дегазации угольных шахт» приказ Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда от 26.10.2004 г. № 236.
4. Гаврилов П.Д., Гимельштейн Л.Я., Медведев А.Е. Автоматизация производственных процессов. Учебник для вузов. М.: Недра, 1985 - 215с.
5. Автоматизация производства на угольных шахтах / Г.И. Бедняк, В.А., Ульшин, В.П. Довженко и др. - К.: Техника, 1989. - 272с.
6. Научные основы автоматизации в угольной промышленности: опыт и перспективы развития: монография / В.Г. Курносков, В.И. Силаев; Междунар. институт независимых педагогических исследований МИНПИ – ЮНЕ-СКО, ОАО «Автоматгормаш им. В.А. Антипова». – Донецк: изд-во «Вебер» (Донецкое отделение), 2009. – 422 с.
7. Пак В.В., Иванов С.К., Верещагин В.П. Шахтные вентиляционные установки местного проветривания. – М.: Недра, 1974. – 240 с.
8. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.
9. Автоматизація технологічних процесів підземних гірничих робіт. Підручник/А.В. Бубликов, М.В. Козарь, С.М. Проценко та ін., під заг. ред. В.В. Ткачова – .: Національний гірничий університет, 2012. – 304 с.

Надійшла до редакції 10.05.2015

В.В.Шамась, Є.В.Тахтаров

Донецький національний технічний університет, м. Красноармійськ

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЄЮ ПІДГОТОВЧОЇ ВИРОБКИ

Для ефективного управління провітрюванням підготовчої виробки запропонована дворівнева комп'ютерно-інтегрована система управління з використанням промислової шини. На верхньому рівні управління розташована підсистема моніторингу та диспетчерського управління, а на нижньому - три підсистеми, відповідні важливості справ управління: контролю параметрів рудничової атмосфери в підготовчій виробці; автоматичного управління вентиляторами ВМП; автоматичної дегазації підготовчої виробки. Запропонована система автоматичної дегазації тупикових виробок підвищує ефективність провітрювання, здійснює моніторинг та недопущення небезпечної концентрації метану, забезпечуючи безпечні умови ведення гірничих робіт.

Ключові слова: підготовча виробка, управління провітрюванням

V.V.Shamaev, Y.V.Takhtarov

Donetsk National Technical University, Krasnoarmis`k

THE MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM DEVELOPMENT WORKING VENTILATION

The first case in the normal mode with increasing length of development, in the second – in excess of permissible concentration of methane. Research on the computer process ventilation shaft mine development showed that the effective dose the ventilation fan VPM by increasing the speed of the drive motor, since both were appropriate results that characterize less time removing methane from the generation that is effective in gassing preparatory mine development. The developed system for automatic degassing of blind drifts increases the efficiency of ventilation and removing the gas, controls and prevents dangerous concentrations of methane, provides safe mining at the mine.

Keywords: preparatory development, ventilation control