

Таким образом, предлагаемая методика расчета количества утечек воздуха через выработанное пространство и определения направления их движения позволяет для каждой лавы решать задачу управления газовыделением через выработанное пространство. Регулируя количество и направление притечек в призабойное пространство, можно поддерживать уровень концентрации метана в лаве при работе комбайна в пределах, определяемых Правилами безопасности.

Продолжением проведенных исследований явится разработка методов управления утечками через выработанное пространство, обоснование мест установки и типа регуляторов, предназначенных для этой цели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Милетич А.Ф. Утечки воздуха и их расчет при проветривании шахт.- М.: Недра, 1968.- 146 с.
- 2.Фабрикант Н.Я. Аэродинамика.-М.: Наука, 1964.- 384 с.
- 3.Пучков Л.А. Аэродинамика подземных выработанных пространств.- М.: МГУ, 1993.- 267 с.

УДК 622.514

И.И. Пожитько, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин,
Л.А. Новиков, В.А. Белый, Э.Я. Пирогов

ОБВОДНЕННОСТЬ КАНАЛОВ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ: ИССЛЕДОВАНИЕ И ПУТИ СНИЖЕНИЯ

Розглянуто основні питання, пов'язані з урахуванням впливу обводненості каналів на ефективність роботи вентиляторів головного провітрювання, в тому числі при реверсуванні вентиляційного струменя у холодну пору року.

SUPPLYING WITH WATER OF CHANNELS VENTILATOR FANS OF THE MAIN AIRING: INVESTIGATION AND WAYS OF LOWERING

The principal questions connected with calculation influence of supplying with water channels on effectivity working of ventilator fans of the main airing, including in the time of reverce of ventilation current in winter.

При выборе и эксплуатации вентиляторов главного проветривания (ВГП) необходимо учитывать ряд особенностей шахтной вентиляционной сети (ШВС), в числе которых одна из важнейших – отличие перемещаемого ВГП воздуха от атмосферного, а также тот факт, что при определенных условиях Правила безопасности регламентируют изменять направление движения воздуха в выработках на обратное, т.е. реверсировать вентиляционную струю.

Воздух в шахте отличается от атмосферного наличием вредных газов, значительной запыленностью и повышенной влажностью. Смешиваясь с водой, находящейся в капельном состоянии в канале ВГП, пыль отлагается в главном вентиляционном канале установки; при этом увеличивается аэродинамическое сопротивление ШВС. Пыль в вентиляционном потоке вызывает износ элементов поточной части вентилятора, заполняет внутренние полости лопаток, налипает на них, чем нарушается балансировка ротора агрегата. К таким же негативным последствиям ведет попадание влаги в полости лопаток и образование льда на их поверхностях в холодный период времени во время реверса. Следст-

вием влияния на работу ВГП перечисленных вредностей техногенного характера является сход его с паспортной характеристики работы и, как следствие, ухудшение проветривания шахты.

При осуществлении в шахте нормального вентиляционного режима (на подавляющем большинстве шахт нормальным является режим, когда все ВГП работают на всасывание вентиляционной струи) фактор обводненности вентиляционных потоков, как правило, не оказывает серьезного влияния на работу главной вентиляторной установки. Исключением являются случаи, когда ВГП эксплуатируется на территории с высокими грунтовыми водами. Примером такого положения является ВГП скипового ствола шахты им. А.Ф. Засядько, где заглубленность канала ВГП составляет 4,5 – 5 м ниже уровня земной поверхности. Высокая депрессия ВГП (порядка 500 – 600 мм вод. ст.) приводит к поступлению в канал ВГП большого количества грунтовых и дождевых вод. Это количество значительно превышает транспортируемое воздухом из шахты.

Одним из примеров, когда обводненность канала ВГП может вызвать серьезные нарушения работы ВГП, является общешахтное реверсирование вентиляционной струи. Осуществление его предусматривается планом ликвидации аварий при пожарах в надшахтных зданиях, стволах, околоствольных и других выработках, по которым поступает свежий воздух в выработки шахты. Изменение направления движения воздуха позволяет эвакуировать людей по свежей струе из аварийного и угрожаемых участков шахты.

Осуществление реверсирования в теплое и переходное (с температурами атмосферного воздуха в пределах до -5°C) время года не представляет опасности для функционирования ВГП. Некоторое увеличение поступления в шахту воздуха с повышенной влажностью не оказывает существенного влияния на реализацию противоаварийных мероприятий, тем более, что реверсирование осуществляется в течение непродолжительного времени, в период ведения работ по эвакуации горнорабочих из шахты.

Иначе обстоит дело в холодный период года. С одной стороны, в это время увеличивается приток воды в каналы ВГП, а с другой – холодный атмосферный воздух, засасываясь через диффузор и открытую атмосферную ляду в проем нижнего вентиляционного канала, где скапливается основное количество грунтовых вод, и двигаясь с большой ($13 - 15$ м/с) скоростью, захватывает с поверхности воды ее частицы и бросает на теплые и влажные лопатки направляющих аппаратов и турбину. При этом происходит обледенение элементов ВГП; двигатель его продолжает работать, колесо – вращаться, а поступление воздуха в шахту постепенно уменьшается, т.к. проходные отверстия между открытыми лопатками направляющих аппаратов заполняются частицами льда. Кроме того, происходит и обмерзание самого колеса ВГП; при вращении же его со скоростью 600 и более оборотов в минуту часть льда за счет центробежной силы способна оторваться и повредить кожух ВГП и лопатки направляющих аппаратов. Быстро появляется дисбаланс колеса, который может привести к разрыву анкерных болтов на подшипниках ВГП и тяжелой аварии с жертвами среди обслуживающего персонала. Не говоря уже о том, что выход из строя

ВГП, обслуживающего потребности ликвидации шахтной аварии, для чего и производилось его реверсирование, сам по себе недопустим.

Следует отметить, что реверсирование вентиляционной струи осуществляется в установках с центробежными вентиляторами, какими и оборудованы скиповой, западный и восточный вентиляционные стволы шахты им. А.Ф. Засядько, только с помощью обводных каналов, перестановкой соответствующих ляд. Воздух направляется рабочим ВГП в обводной канал, а оттуда по общему каналу – в вентиляционный ствол. Такая схема характерна тем, что диффузоры работающего и резервного вентиляторов размещены рядом, а верхняя часть диффузора переходит в несколько сужающийся канал – конфузор. Он спроектирован так, что при скорости ветра до 25 м/с и любой подаче ВГП над выходными отверстиями образуется тепловая завеса, препятствующая проникновению холодного окружающего воздуха в установку и исключает обмерзание последней. Однако, как показывает опыт работы ВГП в холодное время года, такими мерами может быть ликвидировано обмерзание элементов ВГП только от поступления атмосферного воздуха в нормальном режиме; проблему подогрева воды, находящейся непосредственно в канале ВГП, они не решают.

Имеется несколько вариантов снижения вредного воздействия воды, находящейся в канале ВГП, на характеристики его работы. Один из них – откачка воды из вентиляционного канала насосами или инжекторами. Однако в условиях высокой обводненности достигаемый ею эффект недостаточен, т.к. за счет высокой степени разрежения, создаваемого ВГП в вентиляционном канале, значительное количество воды поступает непосредственно к рабочему колесу, и удаление ее насосами встречает определенные трудности. Неэффективен и тампонаж dna вентиляционных каналов, т.к. при их заглубке на глубину 5 метров ниже уровня земной поверхности на протяжении 35 – 40 м, что имеет место на ВГП скипового ствола шахты им. А.Ф. Засядько, работа эта весьма трудоемка и дорогостояща, а результативность ее вызывает сомнения.

Решением вопроса может служить установка калорифера перед проемом атмосферной будки с подключением его с целью подогрева поступающего в шахту атмосферного воздуха только в условиях реверсирования вентиляции в холодное время года. Температура поступающего воздуха должна быть не ниже $+1^{\circ}\text{C}$, чем будет исключено образование и поступление в канал ВГП частиц льда. Однако установка его на ВГП скипового ствола потребует капитальных вложений и производства строительно-монтажных работ.

Другим вариантом решения вопроса может быть орошение лопаток направляющего аппарата и колеса ВГП предварительно перед реверсированием, а также в процессе его, маслом. Поскольку температура замерзания масла (порядка -30°C) значительно ниже температуры замерзания воды, вероятность обмерзания лопаток, орошенных маслом, значительно снижается. Это происходит, во-первых, за счет того, что температура атмосферного воздуха, соответствующая точке замерзания масла, на территории Донецкой области практически не наблюдается, а во-вторых – на орошенных маслом лопатках вода не удерживается, а разбрызгивается и уносится в вентиляционный ствол.

Для осуществления орошения элементов ВГП маслом может быть предложено устройство, состоящее из двух резиновых шлангов, надетых на штуцера, вваренные в боковые металлические стенки кожуха направляющих аппаратов ВГП. Концы шлангов опускаются в емкость с маслом на глубину 10 – 15 мм, и за счет развиваемой ВГП депрессии перед открытыми лопатками обоих направляющих аппаратов создается распыленная масляная завеса. Образующийся аэрозоль оседает на лопатки направляющего аппарата, замедляя процесс его обмерзания. Если же продолжать указанные операции в течение всего процесса реверсирования, обмерзание может и вовсе не произойти.

Вместо масла может быть использован другой тип жидкости с низкой температурой замерзания, например, используемой при эксплуатации самолетов в условиях Крайнего Севера. Вопрос этот требует проведения дополнительных исследований, однако решение его настоятельно необходимо, т.к. отсутствие мер способно серьезно повлиять на состояние проветривания шахты и возникновение аварийных ситуаций.

К органическим жидкостям, используемым в авиации и автомобилестроении для снижения влияния низких температур, относят этиленгликоль и глицерин. 65% водный раствор этиленгликоля замерзает при $t = -40^{\circ}\text{C}$ и используется в качестве составной части антифризов – веществ, заменяющих воду в авиационных и автомобильных моторах. Этиленгликоль может быть использован и при борьбе с обледенением лопастей вентилятора, так как обладает смазочной способностью и низкой температурой кристаллизации. Применение различных марок технических спиртов, разбавленных водой, которые тоже имеют низкую температуру замерзания, нежелательно по причине пожароопасности и относительно высокой стоимости. Можно использовать специальные покрытия, напылением которых на поверхности лопастей и других работающих узлов вентилятора обеспечивается защита от обледенения и коррозии. Эти покрытия, обладая низкой смачиваемостью, не позволяют образовываться водяной пленке. Широко используются для покрытий подземных сооружений, в частности трубопроводов, пластифицированные эмали на основе каменноугольной смолы и битума [1]. В горной промышленности для условий работы шахтных крепей в районах Крайнего Севера используют морозоустойчивые рабочие жидкости. К ним относятся изготавливаемые за рубежом эмульсолы типа ВР-Еnergol SB-4, В 2010, Дромус, Пирогидроль, эмульсолы на основе минерального масла Гидрол-20 Р и эмульгатора Экстра-2 [2]. Эти жидкости имеют свойство образовывать защитную пленку, противодействующую коррозии и образованию льда, для чего в их состав вводят поверхностно активные вещества. В отечественной горной промышленности используются 35% водные растворы полимеров с рабочей температурой от -20 до $+60^{\circ}\text{C}$, а также безводные жидкости с рабочей температурой от -20 до $+150^{\circ}\text{C}$. К таким жидкостям относятся технические масла.

Как было сказано выше, технические масла, широко используемые в технике, могут быть использованы при борьбе с обледенением лопастей вентилятора и защите их от коррозии. При этом необходимо исключить их пожароопасность путем выбора плохо горючих или не горючих марок масел. Учитывая большую скорость воздушного потока при реверсивном режиме проветривания в зимнее

время в условиях отрицательных градиентов температур, наличие большого количества воды, а также динамику распределения масла по поверхностям лопастей вентилятора и кратковременность работы последнего в режиме реверса, возможность воспламенения незначительна. Используемые масла должны иметь низкую вязкость, позволяющую осуществлять их засасывание внутрь кожухов направляющих аппаратов за счет депрессии, развиваемой вентилятором. Обеспечения необходимой вязкости можно добиться разбавлением масла с высокой вязкостью или выбором соответствующей марки технического масла. Можно использовать масла марок ВМ-4, ТМ-1, трансформаторное масло и др., но для этого необходимо (если это возможно) ввести в них специальные химические добавки, значительно снижающие или устраняющие их пожароопасность. Хотелось бы выделить широко используемое в электротехнике трансформаторное масло, т.к. оно обладает высоким коэффициентом теплопроводности, защищающим трансформаторы от перегрева.

В используемые при решении данной проблемы масла можно добавлять ингибиторы коррозии и антиокислители.

Таким образом, использование дешевых технических масел и специальных жидкостей с низкими температурами замерзания будет способствовать повышению эффективности этого процесса.

Для обоснования принципа работы устройства орошения элементов ВГП жидкостью, снижающей вероятность их обледенения, рассмотрим процесс движения жидкости по шлангу, один конец которого опущен в бак с маслом, а другой находится внутри кожуха направляющего аппарата. В качестве рабочей жидкости выступает техническое масло, которое движется по шлангу длиной L (м) за счет перепада давлений $\Delta p = p_n - p_k$ (н/м²), где p_n – давление на входе в шланг,

$$p_n = p_0 + \rho \cdot g \cdot H,$$

где p_0 – давление окружающей среды; H – высота столба жидкости в данной точке,

а p_k – на выходе из него (на входе в кожух). Рассмотрим процесс на примере движения жидкости, качаемой насосом из бака [3] по трубопроводу диаметром d (м) (см. рис 1).

Режим течения жидкости будем считать ламинарным, что характерно для сильно вязких жидкостей с числом Рейнольдса $Re < 2000$. При расчете можно использовать формулы, широко применяемые в гидравлике.

Так как площадь сечения шланга $S = const$, то согласно уравнению для секундного объемного расхода жидкости:

$$Q = U_1 \cdot S_1 = U_2 \cdot S_2 = U \cdot S \text{ (м}^3\text{/с)},$$

где $U_1 = U_2 = U$ – скорости на входе и на выходе шланга соответственно;
 $S_1 = S_2 = S$ – соответствующие площади поперечного сечения шланга.

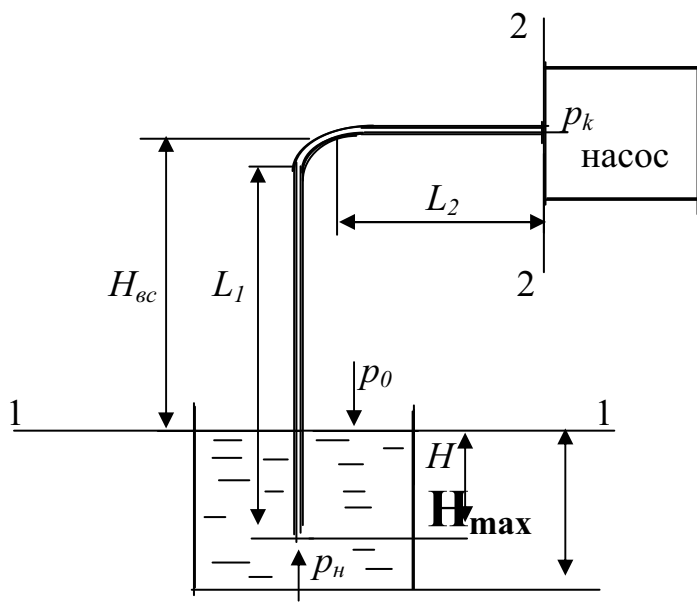


Рис. 1. Схема функционирования трубопровода.

Согласно формуле Пуазеля:

$$Q = \frac{\pi \cdot d^4 \cdot \Delta p}{128 \cdot \nu \cdot \rho \cdot L} \text{ (м}^3\text{/с)},$$

где ν – кинематическая вязкость (м²/с); ρ – плотность жидкости (кг/м³), откуда

$$U = \frac{\pi \cdot d^4 \cdot (p_n - p_k)}{128 \cdot \nu \cdot \rho \cdot L \cdot S}.$$

Полный напор жидкости H_2 (м) в сечении 2-2, создаваемый насосной установкой, расходуется на перемещение жидкости по трубопроводу и на преодоление сопротивлений в шланге. Используя уравнение Бернулли для выделенных сечений 1-1 и 2-2, имеем:

$$H_2 = H_1 - H_{ном1-2} \text{ (м)}, \quad (1)$$

где H_1 – напор в сечении 1-1

$$H_1 = \frac{p_n}{\rho \cdot g} - H_{вс} \text{ (м)}, \quad (2)$$

где $H_{вс}$ – геометрическая высота всасывания (м); $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; $H_{ном1-2}$ – потери напора между выделенными сечениями 1-1 и 2-2.

$$H_{ном1-2} = H_{l1} + H_{m1} + H_{l2} + H_{m2} \text{ (м)},$$

где H_{l1} – потери напора по длине L_1 ;

H_{m1} – местные потери напора на повороте трубопровода;

H_{l2} – потери напора по длине L_2 ;

H_{m2} – местные потери напора на выходе из трубопровода:

$$H_{nom1-2} = \left(\frac{8 \cdot \lambda}{g \cdot \pi^2 \cdot d^5} \cdot (L_1 + L_2) + \frac{8}{g \cdot \pi^2 \cdot d^4} \cdot (\xi_1 + \xi_2) \right) \cdot Q^2$$

где ξ_1 – коэффициент местных сопротивлений в месте поворота трубопровода. Значение ξ_1 можно вычислить по формуле:

$$\xi_1 = \left[0.2 + 0.001 \cdot \left(100 \cdot \frac{75 \cdot v}{U \cdot d} \right)^8 \right] \cdot \sqrt{\frac{d}{r}},$$

где r – радиус скругления трубопровода,

или определить по графику (для трубопровода $d = 2 \cdot 10^{-2}$ (м) и внутренней шероховатостью $\delta > 0,0005$ ($\xi_1 = 0,2$) [4]; ξ_2 – коэффициент местных сопротивлений в месте внезапного расширения на выходе из трубопровода (принимается $\xi_2 = 1$)

Для перевода градусов условной кинематической вязкости $^{\circ}BY$ в единицы системы СИ (m^2/c) для v можно воспользоваться эмпирической формулой Уббелюде:

$$v = \left(0.0731 \cdot {}^{\circ}BY - \frac{0.0631}{{}^{\circ}BY} \right) \cdot 10^{-4}$$

Вязкость минеральных масел в пределах давлений $p=0-50$ МПа можно вычислить по формуле:

$$v_p = v_0 \cdot (1 + 0,03 \cdot p),$$

где v_p, v_0 – кинематические вязкости соответственно при давлении p и атмосферном давлении p_0 .

Потери давления по длине трубопровода можно определить по формуле:

$$\Delta p_L = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot \rho \cdot \frac{U^2}{2}$$

Из формулы

$$H_{ec} = \frac{p_n - p_k}{\rho \cdot g} = \frac{p_0 + \rho \cdot g \cdot H - p_k}{\rho \cdot g},$$

видно, что $H_{вс}$ растет с увеличением глубины погружения H . В результате это приводит, согласно (1) и (2), к падению полного напора H_2 . Таким образом можно сказать, что при некотором значении $H = H_{max}$ значение H_2 будет минимальным, а при $H \approx 0$ достигнет своего максимального значения. При $H = H_{max}$ перепада давлений Δp будет недостаточно для подачи жидкости к насосу.

Из рассмотренного примера следует, что обеспечение наиболее благоприятного режима всасывания масла из бака и его подачи внутрь кожуха направляющего аппарата достигается погружением в масло входного конца шланга на минимальную глубину. Этому режима можно добиться изменением энергии положения поверхности жидкости в баке путем его установки на большую высоту. Кроме того, ухудшение подачи масла может быть вызвано присасыванием конца шланга к дну бака, наличием на дне слоя густого осадка, а также увеличением с течением времени вязкости масла, вызванного либо его охлаждением воздушным потоком, либо его физическими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коррозия (под редакцией Л.А. Шрайера).- М.: Металлургия, 1981.- 465 с.
2. Расчет и конструирование гидроприводов механизированных крепей / Ю.Ф. Пономаренко.- М.: Машиностроение, 1981.- 204 с.
3. Гидравлика и гидропривод. 2-е изд.- М.: Недра, 1981.- 92 с.
4. Сборник задач по машиностроительной гидравлике. 3-е изд., под ред. И.И. Куколковского и Л.Г. Подвидзя.- М.: Машиностроение, 1972.

УДК 622.512

Т.В. Бунько, Л.А. Новиков,
Б.В. Бокий, И.Е. Кокоулин

КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЗАМЕРА КОЛИЧЕСТВА ВОДЫ В ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СТВОЛАХ И КАНАЛАХ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ШАХТНОГО ЭКСПЕ- РИМЕНТА

Сформульовано основні принципи виміру кількості вологи, присутньої у вентиляційних стовбурах та каналах вентиляторів головного провітрювання у вигляді крапель. Описані пристрої для вимірювання кількості вологи та надані результати шахтного експерименту.

THE DESIGN OF DEVICES FOR MEASURING OF QUANTITY VENTILATOR OF WATER IN VENTILATING TRUNCS AND CHANNELS OF FANS OF THE MAIN AIRING AND RESULTS OF MINE EXPERIMENT

The main principles of measurement of quantity of the moisture, presents in ventilating trunks and channels of ventilator fans of the main airing as drops, are formulated. Devices for measurements of quantity of a moisture are described and results of mine experiment are given/

Воздух в шахте отличается от атмосферного наличием вредных газов, значительной запыленностью и повышенной влажностью. При транспортировании его наблюдается отложение пыли в канале вентилятора главного проветривания (ВГП) и попадание влаги в полости лопаток, что вызывает рост сопротивления шахтной вентиляционной сети (ШВС) и работу ВГП на характеристике, далеко