

УДК 622.868.883

с.н.с. Ашихмин В. Д.
(МакНИИ, Украина, e-mail: dmitrievich.valerij@yandex.ru),
м.н.с. Плотникова Ю. А.
(МакНИИ, Украина, e-mail: juli6263@qmail.com),
Чикунев А. В.
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько», Украина)

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ГИБКИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ПРОВЕТРИВАНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Проведена оценка воздухопроницаемости гибких вентиляционных трубопроводов при их «старении» и износе в процессе длительной эксплуатации во время в шахтных условиях и предложен способ учета замены воздухопроницаемости гибких шахтных вентиляционных трубопроводов при их «старении» и износе.

Ключевые слова: проветривания подготовительных выработок, гибкий вентиляционный трубопровод, воздухопроницаемость, утечка воздуха в трубопроводе, срок эксплуатации.

Основными аэродинамическими характеристиками вентиляционных трубопроводов, оказывающими существенное влияние на эффективность их применения, являются воздухопроницаемость и аэродинамическое сопротивление.

На основании проведенных исследований состояния проветривания подготовительных выработок на шахтах установлено, что аэродинамическое сопротивление трубопроводов в 1,5–2 раза, а воздухопроницаемость в 2–3 раза больше нормативных значений [1, 3].

На пути от вентилятора к забою тупиковой выработки в зависимости от воздухопроницаемости трубопровода теряется большая или меньшая часть воздуха. В ряде случаев утечки значительно превышают нормативные [2] и до забоя при длине выработки порядка 1000 м доходит только 1/8...1/6 часть подаваемого в трубопровод воздуха.

Надежное проветривание подготовительных выработок с помощью гибких вентиляционных трубопроводов может быть обеспечено только в том случае, если будут учтены все факторы, влияющие на утечки воздуха в трубопроводе, для чего

необходимо уточнять нормативный коэффициент утечек воздуха и затем с помощью него вводить соответствующие поправки и разрабатывать методы расчета, позволяющие учесть факторы определяющие эффективность вентиляционной системы местного проветривания.

Для расчета неплотных гибких вентиляционных трубопроводов разработано большое число методик, которые в зависимости от принятого закона сопротивления путей утечек воздуха подразделяются на две группы: в первую входят уравнения с учетом турбулентного режима движения воздуха, во вторую – ламинарного. Вопрос расчета проветривания длинных тупиковых выработок нельзя считать решенным.

Режим утечек в вентиляционных трубопроводах связан со степенью их проницаемости. В принципе возможны не только ламинарный и турбулентный, но и промежуточные режимы. Принято считать, воздухопроницаемость гибких вентиляционных трубопроводов определяется качест-

© Ашихмин В. Д., 2016

© Плотникова Ю. А., 2016

© Чикунев А. В., 2016

вом сборки вентиляционного става и является величиной постоянной, не зависящей от срока службы труб. В то же время в процессе эксплуатации трубопроводы под действием агрессивной окружающей среды и различного рода механических воздействий изнашиваются, в результате чего воздухопроницаемость их увеличивается. Это явление при расчетах проветривания тупиковых выработок не учитывалось.

Целью настоящей работы является – оценка изменения воздухопроницаемости вентиляционных трубопроводов при их «старении» и износе. При решении поставленной задачи приняты следующие допущения: вентиляционные трубопроводы собираются из труб из одного же материала с одинаковой тщательностью или звенья из различного материала равномерно распределены по длине вентиляционных трубопроводов; на всех шахтах вентиляционные трубопроводы со временем изнашиваются одинаково; между сроком эксплуатации вентиляционного трубопровода и его длиной существует линейная связь.

Поскольку на шахтах используются гибкие трубы разного диаметра, в качестве характеристики принимаем коэффициент их воздухопроницаемости k_u приведенный к 1 м^2 поверхности трубопровода. С коэффициентом воздухопроницаемости k , отнесенным к единице длины вентиляционного трубопровода, он связан зависимостью

$$k = \frac{k_u}{\pi \cdot d_T}, \quad (1)$$

где d_T – диаметр трубопровода, м.

Утечки воздуха в неплотном вентиляционном трубопроводе:

$$\frac{dQ}{dl} = k \cdot p^n, \quad (2)$$

где Q – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

l – переменная координата длины вентиляционного трубопровода, м;

p – избыточное давление, Па;

n – показатель степени, характеризующий режим утечек воздуха.

Как видно из уравнения (2), для экспериментального определения значений k и n нужно знать величину утечек при всевозможных значениях избыточного давления. Практически необходимо иметь зависимость следующего вида:

$$\frac{dQ}{dl} = f'(l) \text{ и } p = g(l). \quad (3)$$

Для их получения в трубопроводах, находящихся в различных условиях эксплуатации измерялись расход и избыточное давление воздуха по всей длине вентиляционного трубопровода. Ввиду того, что максимальные потери воздуха и давления происходят в начале вентиляционного трубопровода, а также для исключения возможной ошибки замеров, связанной с изменением формы его поперечного сечения при пониженном избыточном давлении, и влияния стыков вентиляционного трубопровода, замеры производились по середине звеньев труб через 50 – 100 м на расстоянии 200 – 800 м от вентилятора местного проветривания. В местах замеров определялось истинное значение диаметра вентиляционного трубопровода. Полученные значения Q и p сглаживались аппроксимацией их зависимостями (3), что позволило уменьшить влияние возможных ошибок отдельных замеров. Подставив в дифференциальное уравнение (2) вместо dQ/dl значение производной, взятой от аппроксимирующей функции $Q=f(l)$, и замерив p его эмпирическим выражением $q(l)$, получим:

$$f'(l) = k[q(l)]^n. \quad (4)$$

Прологарифмировав выражение (4) и построив графики в координатах $\ln f'(l)$ и $\ln q(l)$ или аналитически, найдём тангенс угла наклона логарифмической прямой к оси $\ln q(l)$, обратная величина которого и определит режим утечек воздуха в вентиляционном трубопроводе, т.е. n . По найденному n из выражения (4) находим k .

Проведенные на шахтах опытные результаты по 30 гибким вентиляционным трубопроводам общей протяженностью более 4000 м и экспериментальные данные ряда исследователей позволили установить связь $n=9,8$; $k^{0,1639}$ при корреляционном отношении $\eta=0,88$. С изменением k_1 колеблется и показатель n от значений, соответствующих ламинарному режиму, до близких к турбулентному режиму утечек воздуха.

Показатель степени, характеризующий режим воздуха n не является постоянной величиной, а зависит от воздухопроницаемости вентиляционного трубопровода. В процессе длительной эксплуатации под воздействием окружающей агрессивной среды и вследствие механических повреждений состояние вентиляционного става, характеризуемое коэффициентом воздухопроницаемости k , изменяется.

Обработка полученных экспериментальных данных позволила выявить связь между сроком службы трубопровода t и коэффициентом воздухопроницаемости k_1 при корреляционном отношении $\eta=0,88$:

$$k_1 = 10^{-5} \cdot [4,37 - 4,29 \cdot \exp(-0,00217t)]. \quad (5)$$

Построены графики, характеризующие изменение воздухопроницаемости гибких вентиляционных трубопроводов различного диаметра (рис. 1) и режима утечек воздуха (рис. 2) при длительной их эксплуатации в шахтах. Коэффициент k и показатель n с ростом срока службы t трубопровода существенно увеличиваются.

Так, для вентиляционного трубопровода диаметром $d_T = 600 \text{ мм}$ при длительности его эксплуатации $t = 20 \text{ дней}$ значения

$$k = 0,5 \cdot \frac{10^{-5} \text{ м}^2}{\text{с} \cdot \text{Па}^{0,83}}$$

и $n = 1,2$, а при длительности его эксплуатации $t = 200 \text{ дней}$ значения коэффициента

$$k = 3,0 \cdot \frac{10^{-5} \text{ м}^2}{\text{с} \cdot \text{Па}^{0,625}}$$

и $n = 1,6$. Так за 180 дней значения коэффициента k увеличилось в 5

раз, хотя качество сборки трубопровода не изменилось.

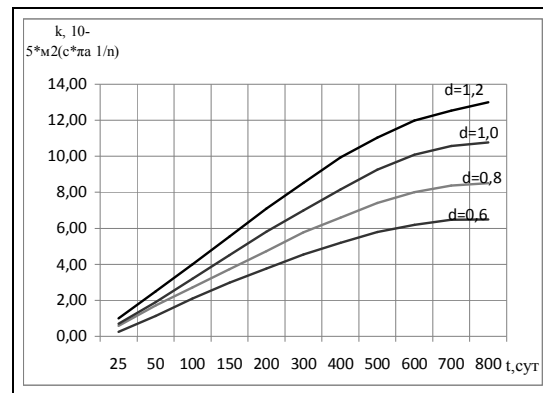


Рисунок 1 – Графики изменения коэффициента k воздухопроницаемости трубопроводов различного диаметра d_T в зависимости от длительности t эксплуатации

На основе графика рисунка 2 можно определить примерную область использования существующих методик аэродинамического расчета неплотных вентиляционных трубопроводов. При соблюдении требований, предъявляемых к монтажу воздухопроводов, методики, полученные в предположении ламинарного режима утечек, могут быть рекомендованы для приближенных аэродинамических расчетов при сроке службы вентиляционного става не более 30 дней ($n < 1,2$), т. е. для расчетов проветривания подготовительных выработок, проводимых скоростными способами, или при полной замене старого износившегося вентиляционного трубопровода новым. Методики, полученные в предположении турбулентных утечек, могут использоваться для приближенных расчетов при сроке эксплуатации труб не менее 1,5 года (при $n > 1,8$).

Таким образом, аэродинамические параметры в результате «старения» и износа вентиляционных трубопроводов изменяются, а следовательно это необходимо учитывать при расчетах. Практика эксплуатации гибких вентиляционных трубопроводов на шахтах показывает, что существует длина L трубопровода, начиная с которой при заданной воздухопроницае-

мости труб уже невозможно путем увеличения напора и расхода у вентилятора обеспечить подачу заданного количества воздуха Q_3 в забой тупиковой выработки.

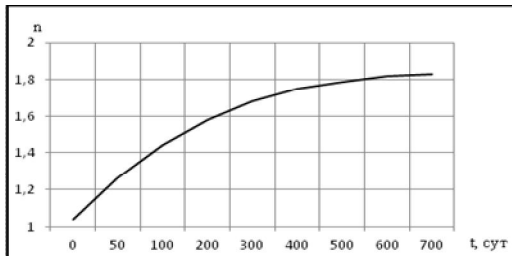


Рисунок 2 – График изменения показателя n режима утечек воздуха в зависимости от срока t службы гибких вентиляционных трубопроводов

Библиографический список

1. Справочник по рудничной вентиляции / под. ред. проф. А. И. Ксенофонтовой. – Москва, 1962. – 691 с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: НПАОП 10.0-7.08-93. – К.: Минуглепром Украины, 1994. – 311 с. – (Государственный Нормативный документ Минуглепрома Украины).
3. Определение аэродинамических характеристик трубопроводов: отчет о НИР // Макеевка: Донбасс, 1960. – 55 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Антощенко Н. И., д.т.н., с.н.с. МакНИИ Кудиновым Ю. В.

Статья поступила в редакцию 31.03.16.

с.н.с. Ашихмін В. Д. (МакНДІ, Україна), с.н.с. Плотнікова Ю. О. (МакНДІ, Україна),
 Чікунов А. В. (ПАО «Шахта ім. О. Ф. Засядька», Україна)

ОЦІНКА ВИМІРЮВАННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ ГНУЧКИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ПРИ ЇХНІЙ ТРИВАЛІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІД ЧАС ПРОВІТРЮВАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК

Проведено оцінку повітропроникності гнучких вентиляційних трубопроводів при їхньому «старінні» та зношенні в процесі тривалої експлуатації під час в шахтних умовах та запропоновано спосіб обліку зміння повітропроникності гнучких шахтних вентиляційних трубопроводів при їхньому «старінні» та зношенні.

Ключові слова: провітрювання підготовчих виробок, гнучкий вентиляційний трубопровід, повітропроникність, витік повітря в трубопроводі, строк експлуатації.

Senior researcher Ashymin V. D. (Mak-SRI, Ukraine), research assistant Plotnikova Yu. O. (Mak-SRI, Ukraine), Chikunov A. V. (PSS Zasyadko coal mine, Ukraine)

ASSESSMENT MEASURING OF FLEXIBLE BREATHABILITY VENTILATION DUCTS AT THEIR LONG OPERATION AT AIRIND DEVELOPMENT WORKING

Assessment of the air permeability of the flexible vent pipes at their «age» and obsolescence during long operation in mining conditions, and provides a method of accounting changes breathability flexible mine ventilation pipes when they «age» and obsolescence.

Key words: airing of development workings, flexible vent pipe, air permeability, air leaks in the pipeline lifespan.