

О НЕОБХОДИМОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРА МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ПРИ ПРОВЕТРИВАНИИ ШАХТНОЙ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ

Капран Б.Н., студент; Оголубченко А.С., доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк)

Состав рудничного воздуха газовых шахт регламентируется правилами безопасности в угольных шахтах (ПБ), и для его поддержания в установленных пределах в тупиковых (подготовительных) горных выработках применяются системы местной вентиляции, которые для газовых шахт построены, как правило, нагнетательным способом с применением вентиляторов местного проветривания (ВМП). При этом расчет необходимой подачи вентилятора ВМП производится на стадии проектирования выработки, и рассчитывается на весь срок проходки (т.е. на максимально возможную протяженность). Поэтому на начальном этапе проходки подача вентилятора во много раз завышена, из-за этого нарушены нормальные условия труда рабочих проходческого забоя, существует перерасход электроэнергии на проветривание.

Так, расход воздуха Q_0 для нормального проветривания шахтной подготовительной выработки рассчитывается как [1]:

$$Q_0 = \frac{s}{t} \sqrt[k_n \frac{c_0}{c_d} l_0 \mu \left(\frac{x}{Q_{ут.}}\right)^2}, \quad (1)$$

где: s - сечение шахтной подготовительно выработки, m^2 ; t - время проветривания, с; k_n - коэффициент начальной концентрации метана; l_0 - расстояние от конца вентиляционного трубопровода к забою выработки, м; x - длина выработки, м; $Q_{ут.}$ - утечки воздуха из вентиляционного трубопровода, m^3/c ; c_0 - начальная концентрация метана, %; c_d - допустимая концентрация метана, %; μ - поправка на снижение концентрации взрывчатых газов, вследствие их поглощения.

Утечки воздуха из вентиляционного трубопровода определяются как:

$$Q_{ут.} = \exp\left(\frac{2x}{d_T} \sqrt{\frac{4}{\pi^2} (\alpha)^3}\right), \quad (2)$$

где: d_T - диаметр вентиляционного трубопровода; x - длина вентиляционного трубопровода; м; α - коэффициент не плотности, $\alpha = 2,5 \cdot 10^{-4}$

Необходимая подача вентилятора Q_v определяется как:

$$Q_v = Q_{ут.} * Q_0, \quad (3)$$

Исследование режимов работы вентилятора местного проветривания на переменную сеть выполнен для условий шахтной подготовительной выработки, которая имеет сечение $S = 10m^2$ и ее длина x изменяется от 500 до 3000 м. Выработка проходится комбайном без применения буровзрывных работ, самоходное оборудование с ДВС не применяется. Для проветривания выработки используется вентилятор ВМП типа ВЦПД - 8. Диаметр вентиляционного трубопровода составляет $d = 0,8m$. Начальная концентрация газов $c_0 = 1\%$, допустимая $c_d = 2,0\%$. В забое одновременно работает 4 человека. Поправка $\mu = 1,76$. Расстояние от конца вентиляционного трубопровода до забоя выработки $l_0 = 10m$.

Минимально возможный расход воздуха по людям составляет:

$$Q_{min} = 6 N_{люд} = 6 * 4 = 24 m^3/мин = 0,4 m^3/c$$

Длина выработки $x = 3000$ м:

$$Q_0 = \frac{10}{1800} \sqrt[3]{1 \frac{1}{2} 10 * 0,5 \left(\frac{3000}{1,76}\right)^2} = 7,89 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{ут.} = \exp\left(\frac{2 * 3000}{0,8} \sqrt{\frac{4}{\pi^2} (2,5 * 10^{-4})^3}\right) = 1,76 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_v = 7,89 * 1,76 = 13,88 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Результаты расчетов параметров проветривания шахтной подготовительной выработки при различной её протяженности приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты математических расчетов параметров проветривания шахтной подготовительной выработки при различной её протяженности

№ п/п	Наименование расчетного параметра	Длина подготовительной выработки, м					
		3000	2500	2000	1500	1000	500
1	Подача вентилятора ВМП, Q_v , $\text{м}^3/\text{с}$	13,88	11,57	8,146	6,941	4,624	2,314
2	Утечки воздуха в вентиляционном трубопроводе, $Q_{ут.}$, $\text{м}^3/\text{с}$	1,76	1,55	1,24	1,10	0,94	0,65
3	Необходимый расход воздуха в забое выработки, Q_0 , $\text{м}^3/\text{с}$	7,89	7,467	6,57	6,31	4,92	3,56

Зависимости необходимого расхода воздуха Q_0 в забое подготовительной выработки и подачи вентилятора ВМП Q_v при изменении протяженности подготовительной выработки приведены на рисунке 1.

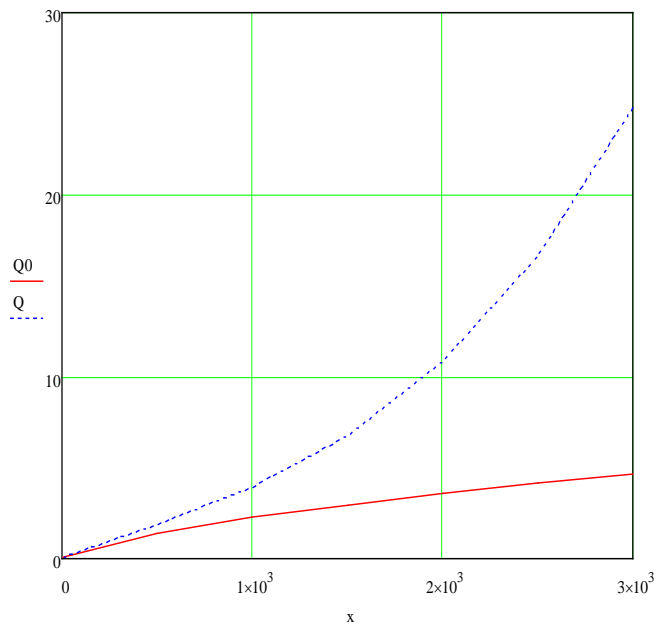


Рисунок 1 - Зависимость расхода воздуха Q_0 и подачи Q_v вентилятора ВМП для проветривании подготовительной выработки при различной её протяженности

Таким образом, при изменении длины подготовительной выработки изменяется необходимый расход воздуха для её проветривания, а следовательно и подача вентилятора ВМП. Для повышения эффективности проветривания подготовительной выработки при изменении ее длины необходимо регулировать подачу вентилятора ВМП.

Автоматическое регулирование подачи вентилятора ВМП в процессе проходки подготовительной выработки возможно путем изменения сопротивления вентиляционного трубопровода или изменением частоты вращения рабочего колеса вентилятора [1]. Способ изменения пропускной способности вентиляционного трубопровода экономически не выгоден, так как связан с потерей энергии на дросселирующем органе. Только при изменении частоты вращения рабочего колеса вентилятора ВМП возможно регулировать подачу вентилятора и соответственно величину мощности, потребляемой электроприводом вентилятора.

Расчет частоты вращения рабочего колеса вентилятора для обеспечения необходимой подачи вентилятора при изменении длины выработки выполняется как [1]:

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{Q_1}{Q_2}, \quad (4)$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 * Q_2}{Q_1}, \quad (5)$$

где: ω_1 – максимальна частота вращения рабочего колеса вентилятора, $\omega_1 = 2980$ об/мин; ω_2 – частота вращения рабочего колеса вентилятора для обеспечения необходимой подачи вентилятора, при изменении длины выработки; Q_1 – максимальная подача вентилятора; Q_2 – необходимая подача вентилятора для проветривания подготовительной выработки.

Результаты расчета частота вращения рабочего колеса вентилятора ВЦПД – 8 для обеспечения необходимой подачи вентилятора, при изменении длины выработки приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты расчета частота вращения рабочего колеса вентилятора ВЦПД – 8 для обеспечения необходимой подачи вентилятора, при изменении длины выработки

№ п/п	Наименование параметра	Длина подготовительной выработки, м					
		3000	2500	2000	1500	1000	500
1	Частота вращения рабочего колеса вентилятора, об/мин	2980	2064	1348	843	490	235
2	Подача вентилятора, м ³ /с	13,88	11,57	8,146	6,941	4,624	2,314

Зависимость частоты вращения рабочего колеса вентилятора ВЦПД – 8 для обеспечения необходимой подачи вентилятора, при изменении длины выработки приведена на рисунке 2.

Автоматическое регулирование частоты вращения рабочего колеса вентилятора ВМП можно осуществить как при неизменной частоте вращения приводного электродвигателя (при помощи регулировочной муфты скольжения), так и путем изменения частоты вращения приводного электродвигателя. Наиболее эффективным способом является автоматическое изменение частоты вращения приводного электродвигателя вентилятора. Так как в качестве приводных электродвигателей вентилятора ВМП, как правило, используются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, то для изменения их частоты вращения наиболее приемлемым является частотно - регулируемый электропривод, так как он в сравнении с остальными имеет более высокие энергетические и механические характеристики.

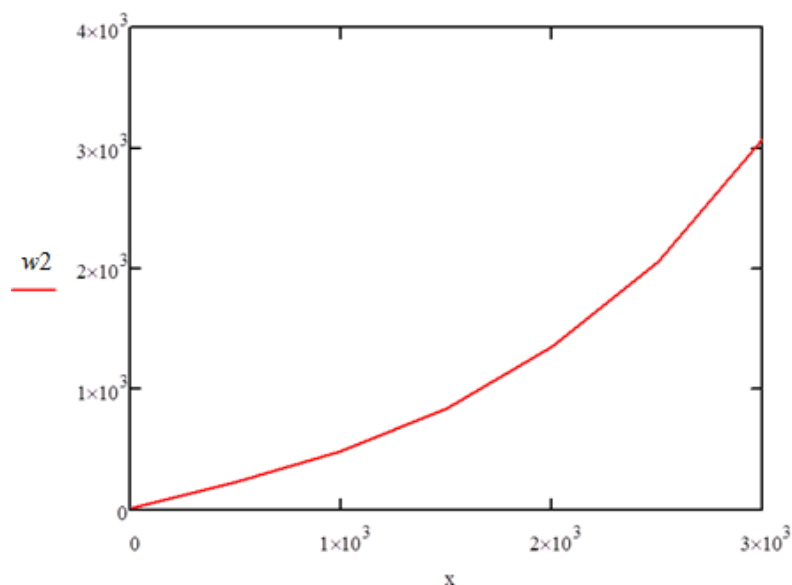


Рисунок 2 - Зависимость частота вращения рабочего колеса вентилятора ВЦПД – 8 для обеспечения необходимой подачи вентилятора, при изменении длины

В настоящее время разработаны частотные преобразователи для вентиляторов местного проветривания, например, частотный преобразователь типа ЧПВП производства ООО «Электромашина», г. Кемерово [2]. Также на рынке имеется преобразователь частоты БЧРВ–30 производства НПО «Аэросфера», имеющий схожие с ЧПВП технические характеристики и особенности.

Для автоматического регулирования частоты вращения приводного электродвигателя вентилятора ВМП необходима специальная система автоматического регулирования (САР). Предлагается типовая система САР в виде двухконтурной системы подчиненного регулирования с наличием в каждом контуре регулятора давления воздуха и регулятора частоты вращения приводного электродвигателя вентилятора ВМП. Основным требованием к настройке системы САР частоты вращения приводного электродвигателя вентилятора ВМП, является, то что перерегулирование выходной величины – величины давления воздуха в конце вентиляционного трубопровода не должно превышать 25% от заданного (для исключения порыва трубопровода).

Чтобы определить, какой тип регулятора лучше обеспечит показатели качества регулирования, выполнено математическое моделирование системы САР на ЭВМ в пакете MatLab.

Опуская промежуточные расчеты, проанализировав полученные переходные процессы для разных типов регуляторов, можно сделать вывод, что наиболее приемлемые показатели качества имеет система автоматического регулирования частоты вращения приводного электродвигателя вентилятора ВМП с ПИД-регулятором, настроенным на модульный оптимум.

Перечень ссылок

1. Пак В.В., Иванов С.К., Верещагин В.П. Шахтные вентиляционные установки местного проветривания. - М.: Недра, 1974. – 240с.
2. Продукция ООО «Электромашина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elektro-mashina.ru/section/213.html>.