

Н.В. Макаров, П.А. Костюк, И.Ю. Патракеева

ДИНАМИКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ РЕЖИМОВ ВЕНТИЛЯТОРОВ МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ

Дифференцированный анализ вентиляционных режимов и длин тупиковых выработок угольных шахт позволил установить закономерности изменения аэродинамических параметров ВМП, сделать прогноз динамики потребных вентиляционных режимов, а также установить, что распределение длин тупиковых выработок соответствует экспоненциальному закону распределения. Приведены гистограммы и графики плотности распределения длин тупиковых выработок, оснащенных трубопроводами 600 мм, 800 мм и 1000 мм, в соответствии с полученным прогнозом до 2015 г.

Установлено несоответствие методики определения проектных аэродинамических параметров ВМП динамике изменения фактических вентиляционных режимов тупиковых выработок.

Предложен параметрический ряд типа ВРВП, обеспечивающий эффективное проветривание тупиковых выработок большой длины. Ключевые слова: вентиляторы, местное проветривание, аэродинамика, вихреисточники, радиально-вихревые вентиляторы, энергоэффективность горных предприятий.

Актуальность модернизации вентиляторов местного проветривания (ВМП) для газообильных угольных шахт обусловлена важностью обеспечения надежного и безопасного их проветривания, снижения энергоемкости вентиляции, устранения проявления метаноопасности и газового барьера [2, 3].

Технические параметры ВМП не в полной мере соответствуют вышеуказанным требованиям, предъявляемым к вентиляции тупиковых выработок. Увеличение нагрузки на очистной забой, ускоренный прирост длины тупиковых выработок требуют применения вентиляторов, обладающих большей аэродинамической нагруженностью и адаптивностью [1, 2, 7].

Для повышения эффективности вентиляции тупиковых выработок угольных шахт необходимо совершенствование методики проектирования ВМП [2, 7].

Статистические характеристики тупиковых выработок, приведенные в работе МакНИИ, относятся к 1993 г., и требуют уточ-

нения для обоснования параметров новых высокоэффективных ВМП [7].

На рис. 1–3 приведены гистограммы распределения длин тупиковых выработок, оснащенных трубопроводами 600 мм, 800 мм и 1000 мм, построенные на основании исследований вентиляционных систем шахт за 2010 г., 2015 г. и прогноза на 2020 г.

Дифференцированный анализ вентиляционных режимов и длин тупиковых выработок угольных шахт, выполненный на основании приведенных гистограмм позволил установить закономерности изменения аэродинамических параметров ВМП,

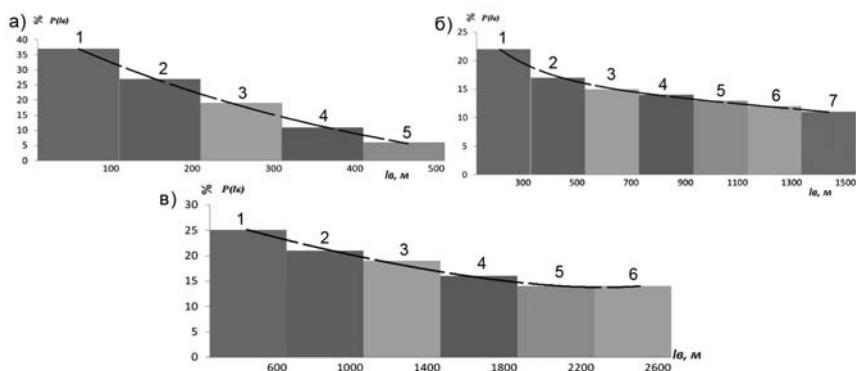


Рис. 1. Гистограмма и плотность распределения длин тупиковых выработок, оснащенных трубопроводами 600 мм (а), 800 мм (б), 1000 мм (в) в расчете на 2010 г.

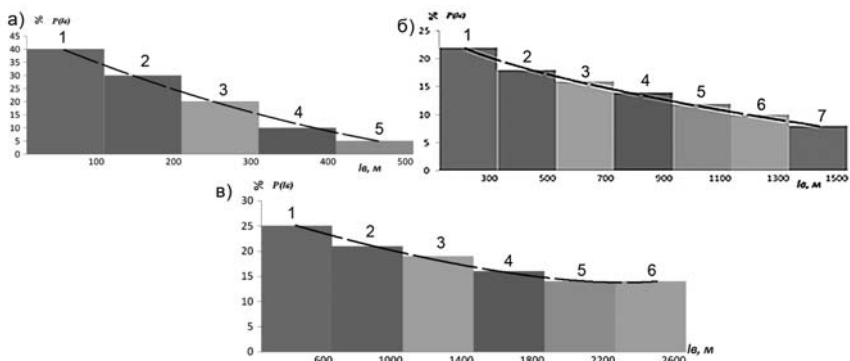


Рис. 2. Гистограмма и плотность распределения длин тупиковых выработок, оснащенных трубопроводами 600 мм (а), 800 мм (б), 1000 мм (в) в расчете на 2015 г.

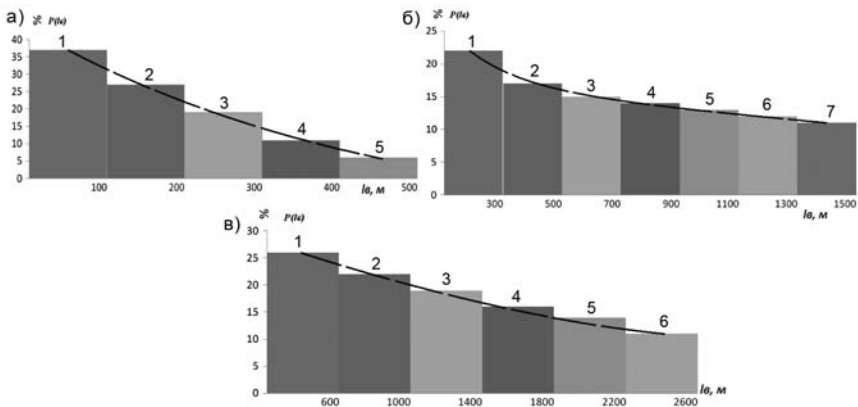


Рис. 3. Гистограмма и плотность распределения длин тупиковых выработок, оснащенных трубопроводами 600 мм (а), 800 мм (б), 1000 мм (в) в расчете на 2020 г.

сделать прогноз динамики потребных вентиляционных режимов в расчете на 2020 г.

Закон распределения длины выработки, оснащенной воздухопроводами 600 мм, 800 мм и 1000 мм соответствует экспоненциальному. Необходимо учесть, что данный закон распределения получен при условии, что отсчет длины воздухопроводов произведен для трубопровода диаметром 600 мм — с нуля; для трубопровода диаметром 800 мм — с длины 100 м; для трубопровода диаметром 1000 мм — с длины 300 м, что как показано выше дает погрешность распределения длин тупиковых выработок не превышающую 5%.

Дифференциальная функция для ряда распределения длин за 2010, 2015 и 2020 гг. соответственно имеет вид:

- для трубопроводов диаметром 600 мм:

$$p(l_o) = k_i^{-1} e^{-\frac{1}{k_i}}, \text{ где } k_{i=1;2;3} = 145; 151; 159; \quad (1)$$

- для трубопроводов диаметром 800 мм:

$$p(l_o) = k_g^{-1} e^{-\frac{1}{k_g}}, \text{ где } k_{g=1;2;3} = 578; 586; 594; \quad (2)$$

- для трубопроводов диаметром 1000 мм:

$$p(l_o) = k_n^{-1} e^{-\frac{1}{k_n}}, \text{ где } k_{n=1;2;3} = 1104; 1121; 1147. \quad (3)$$

Проверка по критерию согласия Пирсона χ^2 показала, что вероятность расхождения между теоретическими и статистическими распределениями составляет для трубопроводов диа-

метрами: 600 мм, 800 мм, 1000 мм соответственно 0,759 и 0,659; 0,734 и 0,719; 0,769 и 0,695. Этого достаточно, чтобы признать гипотезу не противоречащей опытными данным.

Из анализа гистограмм, приведенных на рис. 1–3, можно сделать следующие выводы:

- с вероятностью не менее 95% для тупиковых выработок длиной не более 500 м диаметры воздухопроводов 600 мм, используются с длиной от 0 до 350 м;
- с вероятностью не менее 90% для тупиковых выработок длиной не более 1500 м трубопроводы диаметром 800 мм используются в диапазоне длин от 100 до 1100 м. Воздуховоды длиной менее 100 м используются с вероятностью менее 2%;
- с вероятностью не менее 85% при длине тупиковых выработок до 2000 м используются воздухопроводы диаметром 1000 мм в диапазоне длин от 300 до 1800 м. Вероятность использования трубопроводов длиной до 300 м не превышает 3%.

Таким образом, имеет место следующая закономерность: по мере увеличения длины выработки увеличивается математическое ожидание длины используемых воздухопроводов.

Поскольку с увеличением длины выработки увеличивается потребный расход воздуха для тупиковой выработки, а диаметр воздухопровода подбирается из расчета постоянства скорости при номинальном расходе для различных диаметров воздухопровода, с увеличением длины выработки необходимо не только увеличение подачи вентилятора, но и увеличение давления, создаваемого им. Данный факт вступает в противоречие с применяемым в настоящее время методологией разработки параметрического ряда ВМП. Используемые в настоящее время вентиляторы ВМЭ, ВМЭВО и ВМЦ(Г) построены по принципу увеличения подачи при сохранении или даже уменьшении давления, развиваемого вентилятором, с ростом его диаметра, что явно противоречит статистическим данным потребных расходов и давлений, необходимых для обеспечения эффективного проветривания тупиковых выработок. По этой причине во многих случаях, при большой длине тупиковой выработки в шахтах вынуждены использовать последовательное соединение двух и более ВМП.

Выполненный анализ статистических характеристик тупиковых выработок, а также сделанный прогноз динамики изменения длины тупиковых выработок и используемых воздухопроводов, позволяет сделать вывод о том, что применяемые в настоящее время аэродинамические схемы не в полной мере обеспечивают

требуемый уровень аэродинамической нагруженности и экономичности ВМП, что приводит к снижению их функциональной и экономической эффективности.

Результаты анализа совместно с данными об аэродинамических характеристиках воздухопроводов, нагрузках на очистной забой, интенсивности метановыделения позволили уточнить поля вентиляционных режимов и предложить параметрический ряд высокоэффективных ВМП типа ВРВП [3, 5, 6].

Таким образом, приведенные результаты подтверждают эффективность применения адаптивных вихреисточников для управления течением в радиальных рабочих колесах ВМП в целях повышения их аэродинамической нагруженности, адаптивности и экономичности. Этот метод позволяет существенно снизить удельную быстроходность ВМП при сохранении их экономической эффективности, обеспечить эффективное проветривание тупиковых выработок газообильных угольных шахт большой протяженности. Наиболее целесообразно применение вентиляторов типа ВРВП при длине тупиковых выработок $L_B = 1500-3000$ м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбунов С. А., Макаров В. Н., Макаров Н. В., Корнилова Т. А. Аэродинамический расчет вентиляторов местного проветривания с вихревыми камерами // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2013. — № 8. — С. 162–167.
2. Косарев Н. П., Макаров В. Н. Генезис эффективности проветривания // Известия вузов. Горный журнал. — 2012. — № 1. — С. 22–26.
3. Макаров В. Н., Макаров Н. В., Леонтьев Е. В. Особенности расчета радиально-вихревых вентиляторов местного проветривания // Известия вузов. Горный журнал. — 2012. — № 2. — С. 127–132.
4. Макаров Н. В., Горбунов С. А. Радиально-вихревые прямоточные вентиляторы местного проветривания. Особенности идеальной аэродинамической характеристики / Материалы Уральской горнопромышленной декады. — Екатеринбург, 2013. — С. 386–387.
5. Косарев Н. П., Макаров Н. В., Макаров В. Н. Патент 2430274 (Россия). Кл. F 04 D 29/28. Радиально-вихревая турбомашина, опубл. 27.09.2011.
6. Макаров Н. В., Макаров В. Н., Абдулкаримов М. К., Горбунов С. А. Патент 2525762 (Россия). Кл. F 04 D 29/28. Радиально-вихревая турбомашина, опубл. 20.08.2014 г.
7. Разработать требования по подаче и давлению и технико-экономическое обоснование типажного ряда вентиляторов местного проветривания и вентиляторов для отвода метана из выработанного пространства с учетом полей вентиляционных режимов до 2010 г.: отчет МакНИИ. — Макеевка, 1993. — 350 с. **ПАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Макаров Николай Владимирович*¹ – кандидат технических наук, зав. кафедрой, e-mail: mnikolay84@mail.ru,
*Костюк Петр Андреевич*¹ – аспирант, e-mail: kostyukpetr@bk.ru,
*Патракеева Ирина Юрьевна*¹ – аспирант, e-mail: Patrakeeva2208@yandex.ru,
¹ Уральский государственный горный университет.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 4, pp. 62–67.

UDC 622.44

N.V. Makarov, P.A. Kostyuk, I.Yu. Patrakeeva **DYNAMICS VENTILATION MODES** **LOCAL VENTILATION FANS**

The differentiated analysis of ventilation modes and lengths of the blind workings of coal mines allowed to establish patterns of change in the aerodynamic parameters of the LVF, to predict the dynamics of required ventilation modes, as well as to establish that the length distribution of blind workings corresponds to an exponential distribution. Fig. 1 shows histograms and graphs of density distribution of the lengths of blind workings equipped with pipes of 600 mm, 800 mm and 1000 mm, in accordance with this forecast to 2015.

Established methodology for determining the mismatch of design aerodynamic parameters LVF dynamics of the actual modes of ventilation of blind workings. We propose a parametric series of type FCVF, providing effective ventilation of blind workings of great length.

Key words: fans, local ventilation, aerodynamics, vortex sources radial vortex fans, efficiency of mining enterprises.

AUTHORS

*Makarov N.V.*¹, Candidate of Technical Sciences, Head of Chair, e-mail: mnikolay84@mail.ru,
*Kostyuk P.A.*¹, Graduate Student, e-mail: kostyukpetr@bk.ru,
*Patrakeeva I.Yu.*¹, Graduate Student, e-mail: Patrakeeva2208@yandex.ru,
¹ Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia.

REFERENCES

1. Gorbunov S.A., Makarov V.N., Makarov N.V., Kornilova T.A. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2013, no 8, pp. 162–167.
2. Kosarev N.P., Makarov V.N. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2012, no 1, pp. 22–26.
3. Makarov V.N., Makarov N.V., Leont'ev E.V. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2012, no 2, pp. 127–132.
4. Makarov N.V., Gorbunov S.A. *Materialy Ural'skoy gornopromyshlennoy dekady* (Материалы Уральской горнопромышленной декады), Ekaterinburg, 2013, pp. 386–387.
5. Kosarev N.P., Makarov N.V. Makarov V.N. *Patent RU 2430274 Kl. F 04 D 29/28*, 27.09.2011.
6. Makarov N.V., Makarov V.N., Abdulkarimov M.K., Gorbunov S.A. *Patent RU 2525762 Kl. F 04 D 29/28*, 20.08.2014.
7. *Razrabotat' trebovaniya po podache i davleniyu i tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie tipazhnogo ryada ventilyatorov mestnogo provetrivaniya i ventilyatorov dlya otvoda metana iz vyrabotannogo prostranstva s uchetom poley ventilyatsionnykh rezhimov do 2010 g.: ochet MakNII* (7. Compilation of fan capacity and blast standards and technical and economic substantiation for series of types of booster fans and mined-out void methane drainage fans, considering fan duty field, up to 2010: MaknII Report), Makeevka, 1993, 350 p.