

Н.П. Косарев, В.Ф. Копачев

ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ ДИАГОНАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Рассмотрены основные адаптивные свойства диагональных шахтных вентиляторов. Приведены результаты их экспериментальных исследований. А также дан сравнительный анализ конструктивного решения диагонального вентилятора по сравнению с осевыми вентиляторами. Приведены аэродинамические характеристики рассматриваемых воздухоудувных машин.

Ключевые слова: диагональный вентилятор, вентиляторная установка, повышение адаптивности, аэродинамические характеристики.

В условиях рыночной экономики при постоянном росте цен на энергетические ресурсы вопросы сокращения непроизводительных расходов принимают все большую актуальность. Вентиляторы главного проветривания, которые обеспечивают необходимые санитарно-гигиенические условия ведения горных работ в шахтах, выполняя вспомогательную функцию, потребляют значительную часть электроэнергии от общей энергоемкости предприятия. Необходимым условием минимизации эксплуатационных расходов для вентиляторных установок становятся вопросы обеспечения технической адаптации вентиляторов и главных вентиляторных установок к меняющимся характеристикам вентиляционных сетей и условиям проветривания горных выработок.

Для решения этой проблемы требуется новый подход к повышению адаптивных свойств поверхностных комплексов главных вентиляторных установок, включающий в себя передовые достижения горной науки и внедрение современной техники.

Разработанные в последние годы аэродинамические схемы шахтных вентиляторов обладают высокими значениями эксплуатационных показателей. Отечественные серийные вентилято-

ры главного проветривания типа ВЦ, ВЦД, ВЦГ, ВОД, ВО и Аэровент-ВО имеют статический КПД, достигающий 0,87, глубину экономичного регулирования по давлению свыше 0,5. Однако эксплуатационная эффективность отечественных главных вентиляторных установок (ГВУ) остается на низком уровне [1]. Связано это с тем, что высокоэкономичные вентиляторы находятся в работе на неоптимальных режимах (режимах с низким КПД). Основные причины данного явления заложены в особенностях работы установок: переменный характер вентиляционных сетей и режимов вентиляции и обеспечение ГВУ, представляющее собой ограниченный параметрический ряд перекрытия поля шахтных вентиляционных режимов. Таким образом обеспечение экономически выгодной эксплуатации ГВУ требует технической адаптации ее составляющих элементов в комплексе системного подхода к главной вентиляторной установке и шахтной вентиляционной системе.

Адаптивные свойства вентиляторов горных предприятий входят в характеризующие параметры методов оценки качества шахтных вентиляторов. В условиях поставленной задачи рассмотрим следующие системные критерии и параметры, характеризующие

адаптивность главных вентиляторных установок. Техническая адаптивность, определяемая средствами долговременного и оперативного регулирования, к которым относятся технические регуляторы. Аэродинамическая адаптивность, определяемая показателями, показывающими возможность с минимальными энергетическими затратами менять аэродинамические параметры машины. К ним относятся: глубина экономичного регулирования

по давлению $E_\psi = 1 - \frac{\psi_{\min}}{\psi_{\max}}$

и производительности $E_\varphi = 1 - \frac{q_{\min}}{q_{\max}}$,

где $\psi_{\min}$, $\psi_{\max}$ – минимальный и максимальный коэффициенты давления при заданной производительности, $q_{\min}$, $q_{\max}$ – минимальная и максимальная производительность при заданном давлении.

Полнота покрытия вентиляционных полей оценивается коэффициентом аэродинамической нагруженности, показывающим интегральную гидравлическую напорность машины во всем диапазоне подач

$$K_\psi = \frac{\int_{q_{\min}}^{q_{\max}} \Delta\psi dq}{\int_{q_{\min}}^{q_{\max}} dq}.$$

Данный параметр, дает косвенную оценку адаптивным свойствам воздухоудных машин и его величина свидетельствует об аэродинамическом совершенстве машины.

Использование вышеприведенных системных параметров позволяет с достаточной точностью оценивать эксплуатационную и функциональную адаптивность вентиляторов главного проветривания.

Результаты рассмотрения фактического состояния шахтного вентиляторостроения показывает, что тра-

диционные методы повышения аэродинамических параметров шахтных вентиляторов путем совершенствования формы профилей лопаток рабочих колес практически исчерпали свои возможности, поэтому улучшение технических параметров ГВУ, увеличение эффективности шахтных вентиляторов может быть достигнуто за счет повышения их адаптивных свойств путем увеличения их аэродинамической нагруженности.

Для осевых машин более целесообразным является способ повышения аэродинамической нагруженности путем радиального смещения потока. Методом конструктивной реализации этого способа является ориентация на создание вентиляторов смешанного принципа действия, обладающих более эффективным использованием проточной части машины. Следствием этого является повышение аэродинамических параметров, увеличивающих адаптивные свойства, улучшение энергетических и шумовых характеристик без увеличения массогабаритных показателей и частот вращения рабочих колес, что представляет существенный интерес с точки зрения снижения энергетических затрат как на местное, так и на общешахтное проветривание.

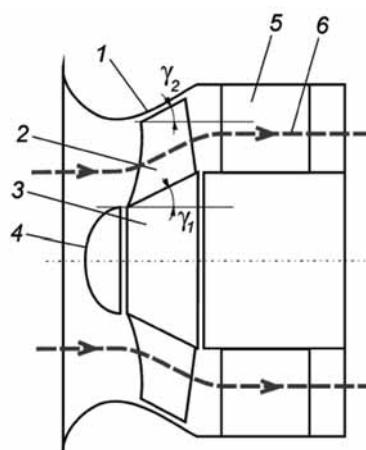


Рис. 1. Осе-радиальный вентилятор

Реализация поставленной задачи было осуществлено в конструкции диагонального вентилятора, разработанного на кафедре горной механики УГГУ совместно с ОАО «Красногвардейский крановый завод» [2]. Данная конструкция диагонального вентилятора (рис. 1), содержит корпус, выполненный в форме конуса 1 на участке рабочего колеса, рабочее колесо с лопатками 2 и конической втулкой 3, обтекатель 4, лопаточный спрямляющий аппарат 5. Воздушный поток 6 движется в осе-радиальном направлении под углом к оси вращения рабочего колеса (γ_1 – угол наклона втулки, γ_2 – угол наклона корпуса на участке рабочего колеса).

Более высокие аэродинамические и энергетические показатели достигаются в предложенной конструкции за счет соответствующей формы корпуса и втулки вентилятора в области рабочего колеса и спрямляющего аппарата, что дает возможность использовать радиальное давление, возникающее вследствие радиального смещения потока в процессе его закручивания в рабочем колесе.

Повышение аэродинамических параметров вентилятора достигается за счет снижения потерь, так как в этом случае форма проточной части вен-

тилятора соответствует траектории смещения потока воздуха в рабочем колесе и спрямляющем аппарате. При этом происходит расширение области устойчивой работы и промышленного использования вентилятора путем уменьшения вращающегося срыва в его лопаточных венцах, что достигается отношением углов конусности втулки и корпуса в пределах 1,28–1,33. При данных отношениях углов конусности втулки и корпуса достигается достаточно полное использование центробежных сил, действующих в рабочем колесе в направлении радиуса от втулки к корпусу и создающих статическое давление, препятствующее возникновению вращающегося срыва. Основными определяющими параметрами диагонального вентилятора являются: относительный диаметр втулки рабочего колеса по среднему значению $\bar{d}$, число лопаток входного направляющего аппарата (ВНА) $Z_{ВНА}$, число лопаток рабочего колеса (РК) Z_K , число лопаток спрямляющего аппарата (СА) $Z_{СА}$, угол установки лопаток РК θ_K .

Для подтверждения выдвинутой гипотезы, а также ввиду чрезвычайно сложного пространственного течения в диагональном вентиляторе были проведены его экспериментальные исследования на стенде испытательной

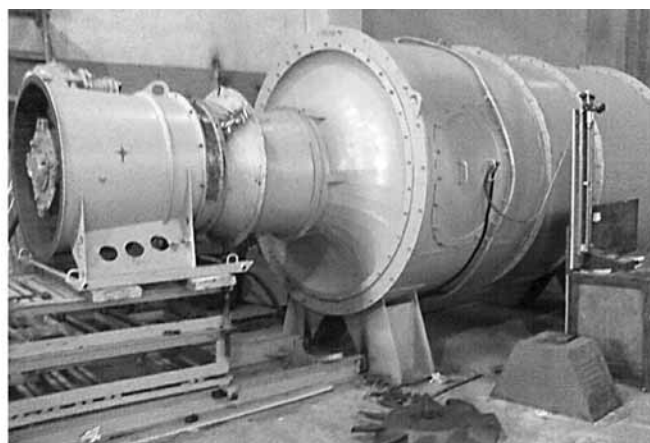


Рис. 2. Стендовые испытания диагонального вентилятора

станции ОАО «Красногвардейский машиностроительный завод» (рис. 2). Для этих целей были изготовлены опытные образцы диагональных вентиляторов с диаметром рабочего колеса $D_{\text{ср}} = 8,0$ дм, для которых было принято обозначение ВМЭ-8,2ГК.

В результате испытаний была получена аэродинамическая характеристика вентилятора и подтверждены основные положения теоретических исследований аэродинамики диагональных вентиляторов. На рис. 3 приведена типовая безразмерная аэродинамическая характеристика вентилятора, построенная на основе экспериментальной размерной характеристики и стандартной методики пересчета [3]. Характер кривой давления показал расширение области устойчивой работы (левая часть характеристики) и повышение давления до 15% по сравнению с осевыми вентиляторами при производительностях менее номинальной. В области максимального значения КПД вентилятора параметры имели значения: производительность $Q_{\text{вн}} = 15 \text{ м}^3/\text{с}$, полное давление $P_{\text{вн}} = 4050 \text{ Па}$.

Аэродинамические параметры, полученные на модели, превышают параметры аналогичных вентиляторов типа ВМЭ-8-90 производства ОАО «Том-

ский электромеханический завод» и ВМЭВО-8А, выпускаемого ЗАО ЗВО «Донвентилятор».

Основные параметры вентилятора предлагаемой конструкции типа ВМЭ-8,2ГК и ВМЭВО-8А, построенного на базе новой высоконапорной аэродинамической схемы «Аэровент-AV70-102с» и выпускаемого ЗАО ЗВО «Донвентилятор» и ОАО «АМЗ «ВЕНТ-ПРОМ», приведены в таблице.

Результаты сравнения показывают, что диагональные вентиляторы по сравнению с осевыми развивают давление больше чем на 9%, при этом диапазон их подач увеличился на 15%.

Коэффициент полного давления ψ вентилятора без учета влияния сжимаемости (по среднему сечению рабочего колеса)

$$\psi = \frac{2P_v}{\rho u_{\text{ср}}^2} = \frac{2 \cdot 4050}{1,2 \cdot 125^2} = 0,42,$$

где P_v – полное давление вентилятора, ρ – плотность воздуха, $u_{\text{ср}}$ – окружная скорость.

Коэффициент быстроходности n_y , определенный по размерным параметрам $n_y = 126$.

Обозначение разработанной аэродинамической схемы следующее: ОРВ 42-126 (осерадальный вентилятор

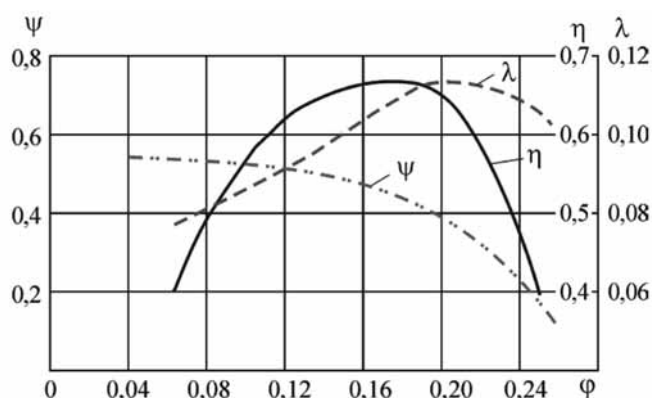


Рис. 3. Безразмерная аэродинамическая характеристика вентилятора ВМЭ-8,2ГК, схема ВНА+К+СА: $\bar{d} = 0,5$; $Z_{\text{ВНА}} = 13$; $Z_{\text{К}} = 10$; $Z_{\text{СА}} = 13$; $\theta_{\text{К}} = 25^\circ$

Сравнительные показатели вентиляторов ВМЭ-8,2ГК и ВМЭВО-8А
(при углах установки лопаток входного направляющего аппарата $\theta_{\text{вна}} = 0^\circ$)

№ п/п	Показатели	Тип вентилятора	
		ВМЭ-8,2ГК	ВМЭВО-8А
1	Аэродинамическая схема	ОРВ42-126	Аэровент-AV70-102с
2	Номинальный диаметр рабочего колеса, мм	800	800
3	Номинальная подача, м ³ /с	15	15
4	Номинальное полное давления, Па	4050	3800
5	Подача в рабочей области, м ³ /с	4–19	6–19
6	Полное давление в рабочей области, Па	1000–5200	800–4600
7	Максимальный полный коэффициент полезного действия,	0,67	0,78
8	Мощность электропривода, кВт	90	90
9	Номинальная частота вращения рабочего колеса, мин ⁻¹	2950	2950
10	Габаритные размеры, мм длина ширина высота	1186 1050 1264	1280 1100 1180
11	Масса комплекта с электродвигателем, кг	1400	1050
12	Глубина регулирования по производительности,	0,78	0,68
13	Глубина регулирования по давлению,	0,80	0,71
14	Коэффициент аэродинамической нагруженности	0,33	0,32

с коэффициентом полного давления 0,42 и коэффициентом быстроходности 126).

Для регулирования режима работы вентилятора диагональной конструкции применимы способы, связанный с закручиванием потока на входе в рабочее колесо при помощи осевого направляющего аппарата, а также изменением частоты вращения рабочего колеса. Устранение срывной зоны на характеристике вентилятора приводит к расширению его рабочей зоны и увеличению глубины регулирования по производительности.

Таким образом, повышения эксплуатационной эффективности комплек-

сов главных вентиляторных установок можно достигнуть путем улучшения их адаптивных свойств к значительным колебаниям и диапазонам изменения вентиляционных параметров. Это достигается конструкцией диагональных вентиляторов, обладающих большей аэродинамической нагруженностью в условиях эксплуатации. За счет более полного использования проточной части диагональные вентиляторы имеют более высокие аэродинамические параметры в сравнении с осевыми аналогами и их применение позволит использовать вентиляторы меньших размеров и сократить расходы на проветривание шахт и рудников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копачев В.Ф. Сравнительный анализ компоновочных схем поверхностных комплексов главных вентиляторных установок // Известия УГГА. Серия Горная электромеханика. – 2000. – Вып. 9. – С. 177–181.
2. Тимухин С.А., Копачев В.Ф., Каргин И.В., Сарасек Б.С. Диагональный вентилятор. Патент на изобретение № 2455528 от 05.05.2010 г.
3. ГОСТ 10921-90. Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний. Издание официальное. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 32 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Косарев Николай Петрович – доктор технических наук, профессор,
Копачев Валерий Феликсович – кандидат технических наук, доцент,
e-mail: ValeriyKopachev@m.ursmu.ru,
Уральский государственный горный университет.

UDC 622.44

RESEARCH ADAPTIVE PROPERTIES OF DIAGONAL MINE OF FANS

Kosarev N.P.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Kopachev V.F.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
e-mail: ValeriyKopachev@m.ursmu.ru,
Ural State Mining University, 620144, Ekaterinburg, Russia.

Describes the main properties of adaptive diagonal mine fans. Shows the results of experimental studies. And also the comparative analysis of the constructive solutions diagonal fan compared with axial fans. Aerodynamic characteristics are considered blowing machine.

Key words: diagonal fan, fan installation, increase agility, aerodynamic characteristics.

REFERENCES

1. Kopachev V.F. Izvestiya UGGA. Seriya Gornaya elektromekhanika. 2000, issue. 9, pp. 177–181.
2. Timukhin S.A., Kopachev V.F., Kargin I.V., Sarasek B.S. Patent RU 2455528, 05.05.2010.
3. Ventilyatory radial'nye i osevye. Metody aerodinamicheskikh ispytaniy. GOST 10921-90 (Radial and axial fans. Aerodynamic test methods. State Standart 10921-90), Moscow, Izdatel'stvo standartov, 1991, 32 p.



Главное лекарство от ксенофобии – изучение истории, литературы и психологических особенностей якобы враждебных народов.