

СОЗДАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Хоружий А.Н., Васильев Ю.В., Лелека В.В., инженеры,
Донгипроуглемаш

О создании вентилятора специального назначения ВЦ13 для проветривания шахт, работающих в режиме сухой консервации.

On development of the ВЦ13 special purpose fan for ventilation of mines operating in dry preservation condition.

Проблема и ее связь с научными или практическими задачами

В последние годы в ходе реструктуризации угольной промышленности многие шахты резко снизили добычу. Нерентабельные шахты, на которых нельзя остановить водоотлив, переводятся в режим сухой консервации, при котором должна продолжаться вентиляция подземных выработок для обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала и снижения количества метана в шахтном воздухе во избежание взрыва или самовозгорания.

На таких шахтах в связи с приостановкой работ и изоляцией горных выработок сокращается шахтная сеть и резко снижается потребность в больших подачах воздуха. Существующие вентиляторные установки не могут обеспечить экономичное проветривание, т.к. работают при закрытых направляющих аппаратах и коэффициенте полезного действия (КПД) 0,15 – 0,3.

Анализ исследований и публикаций

Ряд шахт, работающих в режиме сухой консервации, как показал опыт эксплуатации, может проветриваться вентилятором, имеющим подачу 10 – 30 м³/с воздуха, зимой, при наличии естественной тяги, потребность ниже, чем летом.

При анализе известных аэродинамических схем с листовыми лопатками рабочих колес оказалось, что требуемые параметры должны составить:

$$\text{коэффициент подачи } \varphi = 0,22 \left(\varphi = \frac{Q}{FU_2} \right),$$

$$\text{коэффициент статического давления } \Psi_s = 0,8 - 0,85 \left(\Psi_s = \frac{2P_s}{\rho U_2^2} \right),$$

коэффициент мощности $\lambda = 0,21$ ($\lambda = \frac{2N}{\rho F U_2^3}$),

где Q – подача вентилятора;

F – площадь рабочего колеса;

U_2 – окружная скорость по концам лопаток;

P_s – статическое давление;

ρ – плотность воздуха;

N – мощность на валу вентилятора.

Постановка задачи

Благодаря теоретическим и экспериментальным исследованиям, Донгипроуглемашем совместно с Донецким государственным техническим университетом разработаны высокоэффективная аэродинамическая схема, новые компоновочные и конструктивные решения, которые явились основой создания нового вентилятора для проветривания шахт, работающих в режиме сухой консервации ВЦ13.

Изложение материала и результаты

Расчет схемы вентилятора производился по известной методике [2]. При режимах работы больше номинального, угол натекания потока β_1 больше угла входа лопатки $\beta_{1л}$, поэтому с ее острой передней кромки (листовая лопатка) происходит отрыв потока от рабочей стороны. Важно, чтобы отрывная зона замыкалась (локализовалась) на поверхности лопатки (рисунок 1) и воспринималась как крыловидный профиль и, следовательно, не приводила к большим потерям.

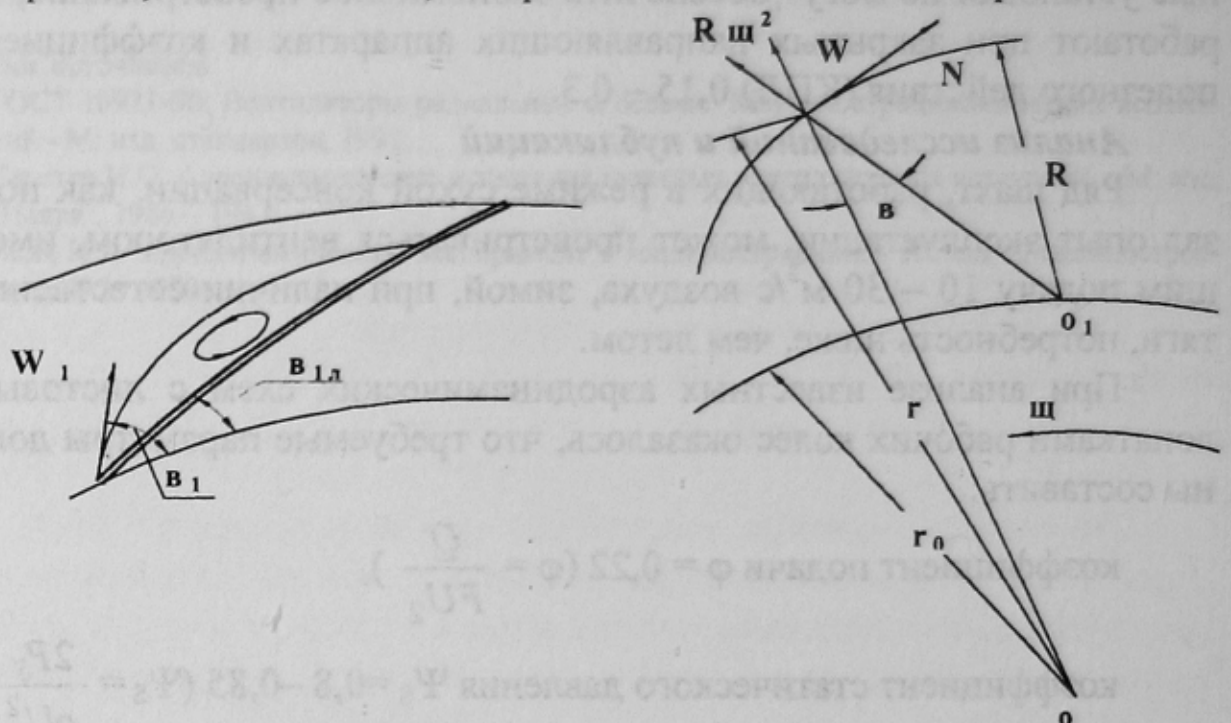


Рисунок 1 – Расчетная схема

Для этой цели необходимо определить форму границы области отрыва. Это можно сделать, исходя из того, что на свободной границе внешние силы, а таковыми являются силы инерции $m\omega^2$, mW^2/R и кориолисова сила $2\omega Wm$, действующие на частицу жидкости, уравновешиваются.

Проецируя все силы на ось N имеем (m сократилась):

$$\frac{W^2}{R} + r\omega^2 \sin \beta - 2\omega W = 0$$

или в безразмерных величинах

$$\frac{1}{4\bar{R}} + \bar{r} \cos \beta + \bar{W} = 0 \quad (1)$$

Уравнение (1) является уравнением границы области отрыва.

Подставляя в него выражения для радиуса кривизны

$$\frac{1}{R} = \frac{r^2 + 2r'^2 - r \cdot r''}{(r^2 + r'^2)^{3/2}} \quad (2)$$

И тангенса угла наклона касательной к линии тока

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{r'}{r} \quad (3)$$

Получим нелинейное уравнение II порядка относительно $r = r(\theta)$, решение которого весьма проблематично. Поэтому решим его графоаналитическим методом. Из (1) найдем \bar{R}

$$\bar{R} = \frac{0,5\bar{r} \cdot \bar{W}^2}{\bar{r}\bar{W} - 2\bar{r}^2 \sin \beta} \quad (4)$$

Во входном сечении межлопаточного канала ($r=r_1$) имеем

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\varphi}{16\bar{r}_1^2 \bar{b}_1} \quad (5)$$

$$\bar{W}_1 = \frac{\varphi}{8\bar{r}_1 \bar{b}_1 \sin \beta_1} \quad (6)$$

По найденным значениям $\beta_1=19,6$ и $W_1=0,78$ определяем радиус кривизны R границы отрыва на входе в межлопаточный канал.

Затем, откладывая отрезок Δr , находим β_2 и r_2 графически и на основании полученных данных можно вычислить

$$\bar{W}_2 = \frac{\varphi}{8\bar{r}_2\bar{b}_2 \sin \beta_2} \quad (7)$$

Из (2) находим R_2

$$\bar{R}_2 = \frac{0,5\bar{r}_2 \cdot \bar{W}_2^2}{\bar{r}_2\bar{W}_2 - 2\bar{r}_2^2 \cos \beta_2} \quad (8)$$

Таким образом определяется граница области отрыва для вентилятора ВЦ13 при $\varphi_{\max} = 0,3$ (см. рисунок 2). Как видно из рисунка, зона отрыва замыкается на лопатке, т.е. выбранная длина лопатки обеспечивает минимальные потери в межлопаточном канале при работе даже на максимальной подаче, что подтверждается при испытаниях.

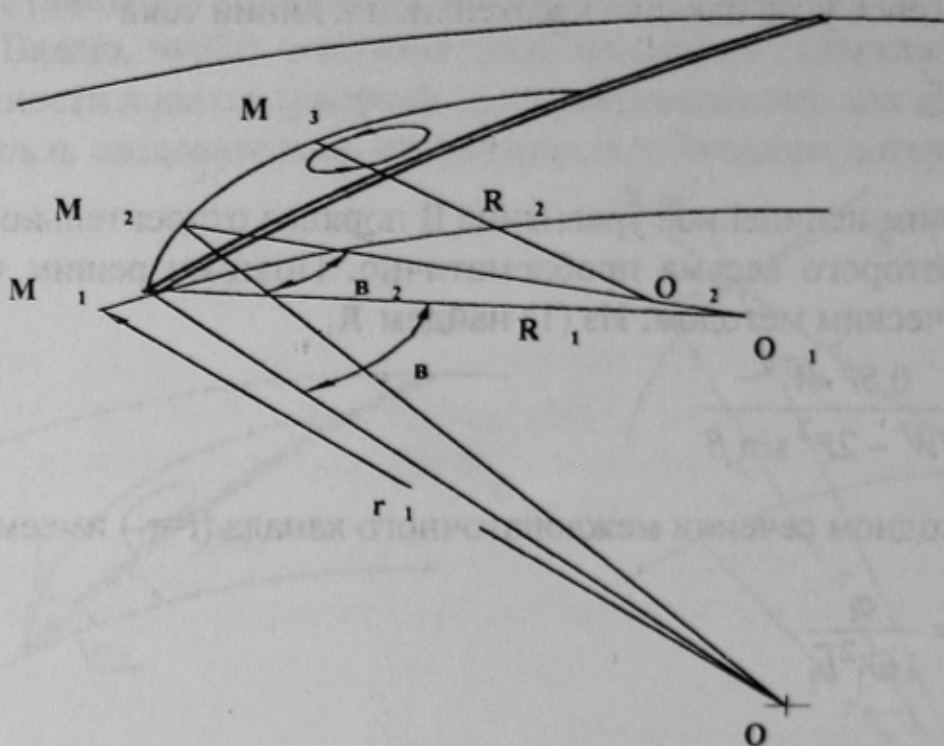


Рисунок 2 – Граница зоны

Испытания и отработка аэродинамической схемы производились на модели, изготовленной при соблюдении принципа автомодельности ($D_2 = 500$ мм). Давление и подача измерялись по разрежению в камере и коллекторе при работе аэродинамического стенда на всасывание в соответствии с ГОСТ 10921-90 "Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний".

Безразмерная аэродинамическая характеристика вентилятора показана на рисунке 3.

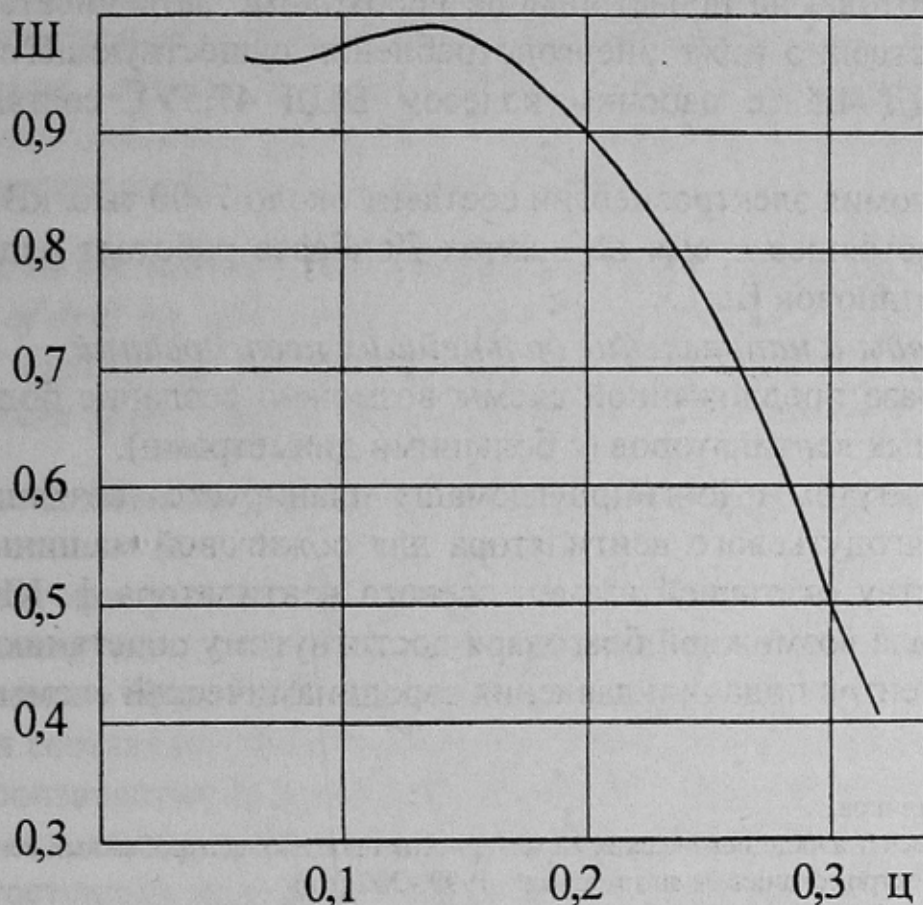


Рисунок 3 – Аэродинамическая характеристика

Вентилятор ВЦ13 имеет колесо с листовыми назад загнутыми лопатками диаметром по их концам $D = 1300$ мм и приводится электродвигателем мощностью 75 кВт. Может работать автономно и в составе вентиляторной установки.

Вентиляторная установка ВЦ13 обеспечивает резервирование и реверс воздушной струи, устанавливается вблизи существующих вентиляционных каналов и подсоединяется к ним с помощью патрубка площадью поперечного сечения не менее $1,1$ м². Выполнена полно-

стью в металле. Монтируется на фундамент за короткий период времени. В отличие от традиционных вентиляторных установок с бетонными вентиляционными каналами, вентиляторная установка ВЦ13 не требует больших затрат на строительство.

Использование вентиляторов специального назначения позволяет снизить потребление электроэнергии, расходуемой на проветривание угольных шахт.

Так, при использовании вентиляторной установки ВЦ13 на шахте им. Изотова, на проветривание необходимо затрачивать 55 кВтч, что существенно ниже энергопотребления существующего вентилятора ВРЦД 4,5 (с рабочим колесом ВЦД 47,5У), составляющего 900 кВтч.

Экономия электроэнергии составит около 7400 тыс. кВтч в год.

В настоящее время на шахтах Донбасса работает ряд вентиляторных установок ВЦ13.

Выводы и направление дальнейших исследований

На базе предложенной схемы возможно создание более производительных вентиляторов (с большими диаметрами).

Институтом «Донгипроуглемаш» планируется создание специального тягодутьевого вентилятора для обжиговой машины цеха по производству окатышей взамен осевого вентилятора ф. ККК. Такая замена стала возможной благодаря достигнутому сочетанию высоких коэффициентов подачи и давления аэродинамической схемы.

Список источников.

1. Пак В.В. Расчет аэродинамических характеристик шахтных центробежных вентиляторов // Гірничя електромеханіка та автоматика. –1999.- №2 (61).
2. Ковалевская В.И., Бабак Г.А., Пак В.В. Шахтные центробежные вентиляторы. М., «Недра», 1976, 320 с.
3. Ковалевская В.И., Лелека В.В., Пак В.В. Регулировочное устройство вентилятора для сухой консервации шахт//Изв. Горного института – 2000. - № 2 (11).
4. Патент Российской Федерации № 1301053 «Входной патрубков вентилятора» от 06.12.99 г.