

УДК 621.182.92:533

В.А. Арсирій, д-р техн. наук, проф.,
В.П. Ярошевський, магістр,
Одес. гос. акад. стр-ва и архитектуры

НЕРАВНОЗНАЧНОСТЬ ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЙ НА ПАРАМЕТРЫ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ЗОНАХ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ И РАЗРЕЖЕНИЯ

В.А. Арсирій., В.П. Ярошевський. **Нерівнозначність впливу опорів на параметри аеродинамічної системи в зонах надлишкового тиску та розрідження.** Представлено дослідження впливу місця розташування опорів на напірному або всмоктуючому боці вентилятора на параметри роботи аеродинамічної системи. Запропоновано варіант компоновки вентиляційної установки, що дозволяє збільшити подачу вентилятора при зниженні споживаної електричної потужності.

В.А. Арсирій, В.П. Ярошевський. **Неравнозначность влияния сопротивлений на параметры аэродинамической системы в зонах избыточного давления и разрежения.** Представлены исследования влияния места расположения сопротивлений на напорной или всасывающей стороне вентилятора на параметры работы аэродинамической системы. Предложен вариант компоновки вентиляционной установки, позволяющий увеличить подачу вентилятора при снижении потребляемой электрической мощности.

V.A. Arsiry, V.P. Iaroshevsky. **Unequivalence of resistances' influence on the parameters of the aerodynamic system in the areas of surplus pressure and underpressure.** Research of the influence of resistances' place of location on the pressure or suction side of the fan on the parameters of the aerodynamic system's work is presented. The variant of a ventilating plant arrangement, allowing to increase fan performance in reducing electric power, consumption is offered.

Для регулирования параметров аэродинамических систем с вентиляторами чаще всего применяется метод дросселирования, суть которого сводится к искусственному изменению — увеличению или уменьшению — сопротивления сети [2]. Для этого в непосредственной близости от вентилятора, с его напорной либо всасывающей стороны, устанавливается местное сопротивление дросселирующего типа (шибер, дроссель-клапан). Считается, что местное аэродинамическое сопротивление оказывает одинаковое воздействие на параметры работы вентилятора и системы в целом, при расположении его как с напорной стороны вентилятора (сторона нагнетания), так и с входной (сторона всасывания). Однако проведенные исследования показали, что место установки сопротивления оказывает существенное влияние на параметры работы вентилятора.

Цель проведенных исследований состояла в выявлении зависимости между местом расположения сопротивления — со стороны всаса либо с напорной стороны нагнетателя — и основными параметрами работы этого нагнетателя (подачей, напором, потребляемой электрической мощностью) [3]. В качестве нагнетателя использован центробежный вентилятор, в качестве местных сопротивлений — диафрагмы различного поперечного сечения. Отношение k площади диафрагмы S_d , к площади канала, S_k , $k = S_d/S_k$ в экспериментах изменялось от 0,07 до 0,75.

По результатам эксперимента обнаружено, что одно и то же сопротивление, установленное на всасе, а затем с напорной стороны по-разному влияет на параметры работы вентилятора, обеспечивающие требуемую подачу: потребляемую электрическую мощность N и необходимую величину перепада давления ΔP_V (рис. 1).

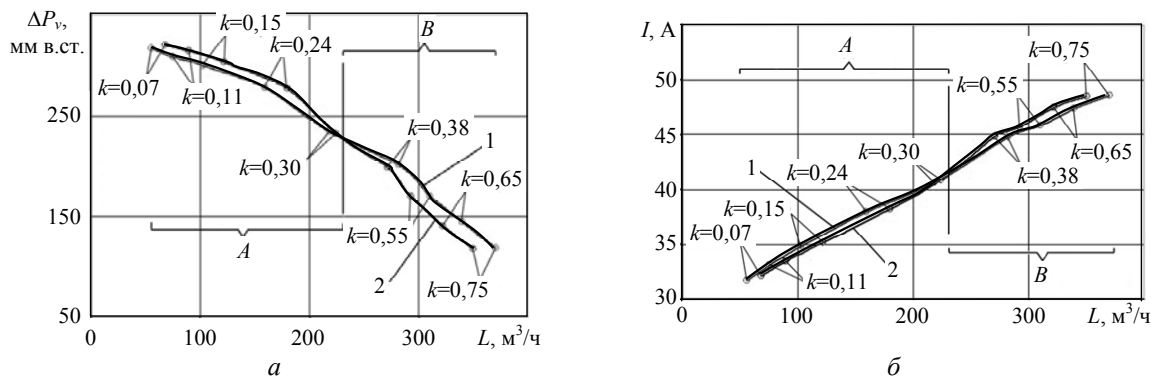


Рис. 1. Изменение полного давления ΔP_V (а) и силы тока I (б) в зависимости от подачи вентилятора L при различном расположении сопротивлений с одинаковыми значениями k : 1 — на стороне всасывания вентилятора; 2 — на напорной стороне вентилятора; А — область больших аэродинамических сопротивлений, $k = 0,07 \dots 0,30$; В — область малых аэродинамических сопротивлений, $k = 0,30 \dots 0,75$

Анализ полученных результатов показал, что:

— Диафрагмы с малым проходным сечением $k = 0,07 \dots 0,30$ (область А), т.е. с большим аэродинамическим сопротивлением, при установке со стороны всасывания вентилятора по сравнению с установкой этих же диафрагм с напорной стороны уменьшали подачу вентилятора на 5...15 %, а также увеличивали силу тока, а значит и потребляемую электрическую мощность, на 2...4 %;

— Диафрагмы с большим проходным сечением $k = 0,30 \dots 0,75$ (область В), соответственно с малым сопротивлением, при установке со стороны всасывания по сравнению с установкой этих же диафрагм с напорной стороны увеличивали подачу вентилятора на величину 5...20 %, а также уменьшали силу тока на 2...5 %.

Следовательно, для характеристики давления вентилятора ΔP_V — L и токовой характеристики электродвигателя вентилятора I — L можно выделить две области (А и В), в которых влияние сопротивлений на работу вентилятора сказывается по-разному. Стоит также отметить, что в области В установка сопротивления со стороны всасывания вентилятора позволяет получить существенный выигрыш в подаче (до 15 %) при экономии электроэнергии по сравнению с установкой этого же местного сопротивления со стороны нагнетания вентилятора.

Представляется, что сущность описанного явления заключается в неравнозначности процессов, происходящих при движении газа под напором (при нагнетании) и при движении газа под действием разрежения (при всасывании).

Действительно, считается, что движение жидкости и газа можно осуществлять практически под любым избыточным давлением. В то же время движение жидкости и газа, побудителем которого является разрежение (вакуум), ограничено предельным значением этого разрежения равным 10 м вод. ст. (98 кПа). Таким образом, неравновесность процессов движения жидкости или газа, источником которого является в одном случае избыточное давление, а в другом — вакуум, изначально выражена в неравнозначности пределов обеспечения максимальных значений избыточного давления и разрежения. В связи с этим возникает вопрос, насколько сильно, сказывается неравнозначность процессов преобразования энергии в местных сопротивлениях при значениях избыточного давления и вакуума, далеких от предельно возможных?

Чтобы попытаться дать более-менее полный ответ, а также для подтверждения предположения о неравнозначности процессов преобразования энергии при движении потока газа под действием вакуума и избыточного давления, была проведена еще одна серия экспериментов. Суть этих исследований состояла в определении коэффициента местного сопротивления ζ для диафрагм с неизменным проходным сечением ($k = S_d/S_k = \text{const}$) при

установке их поочередно на напорном и всасывающем участках вентсистемы вблизи от вентилятора.

Одна и та же диафрагма устанавливалась сначала на напорном участке вентсистемы. Производились замеры перепада давлений на диафрагме и фиксировалась скорость воздушного потока для трех разных частот обращения рабочего колеса вентилятора. Затем диафрагму устанавливали вблизи входа в вентилятор (сторона всасывания) и производили аналогичные измерения. Коэффициенты местных сопротивлений ζ для диафрагм вычислялись по формуле Вейсбаха [1]

$$\zeta = \frac{\Delta P_V}{0,5\rho V^2},$$

где ΔP_V — перепад полного давления на диафрагме, мм вод. ст.;

$0,5\rho V^2$ — скоростное давление в сечении за диафрагмой по направлению движения воздуха, мм вод. ст.

Эксперименты показали, что коэффициент местного сопротивления диафрагмы при установке ее на всасе вентилятора $\zeta_{вс}$ отличается от аналогичного коэффициента $\zeta_{нап}$ для этой же диафрагмы, установленной с напорной стороны вентилятора (рис. 2). Причем, коэффициент местного сопротивления диафрагм с проходным сечением $k = 0,30 \dots 0,90$ при установке их на всасе вентилятора меньше, чем при установке с напорной стороны $\zeta_{вс} < \zeta_{нап}$ на $10 \dots 30 \%$. Для диафрагм с малым проходным сечением $k = 0,07 \dots 0,30$ наблюдается другая зависимость. Коэффициент местного сопротивления при установке диафрагм с малыми значениями k на всасе вентилятора больше, чем при установке с напорной стороны $\zeta_{вс} > \zeta_{нап}$ на $5 \dots 8 \%$.

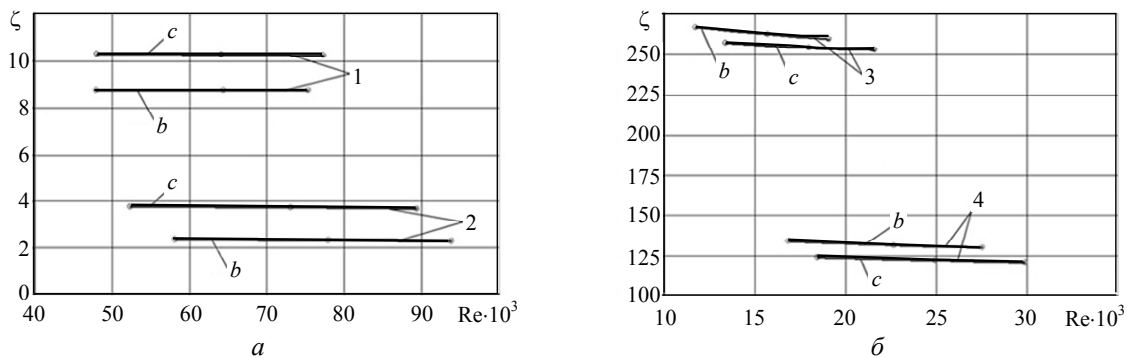


Рис. 2. Зависимость коэффициента местного сопротивления ζ от числа Рейнольдса Re для диафрагм, установленных со стороны всасывания (b) и с напорной стороны (c) вентилятора при $k = 0,38$ (1), $k = 0,65$ (2), характерных для области малых (a), и $k = 0,11$ (3), $k = 0,15$ (4), характерных для области больших (b) сопротивлений

Таким образом, предположение о неравнозначности потерь энергии в местных сопротивлениях для всасывания и нагнетания подтверждается. Для одного и того же местного сопротивления в одном и том же режиме движения коэффициенты ζ при установке этого сопротивления на всасывающем и напорном участке системы вблизи от вентилятора несколько отличаются друг от друга. Причем наблюдается изменение зависимости между размерами проходных сечений диафрагм k и коэффициентами местных сопротивлений при установке диафрагм на всасывающем $\zeta_{вс}$ и на напорном участке системы $\zeta_{нап}$:

— $\zeta_{вс} > \zeta_{нап}$ при значениях $k < 0,3$,

— $\zeta_{вс} < \zeta_{нап}$ при значениях $k \geq 0,3$.

Следовательно, области больших и малых сопротивлений (A и B , см. рисунок 1), полученные в первом эксперименте для характеристик вентилятора ΔP_V — L и I — L , являются отображением различного поведения местных сопротивлений в зонах избыточного давления и разрежения при малых и больших значениях k .

Если рассматривать коэффициент k как степень открытия регулирующего устройства, то, как правило, большинство аэродинамических машин работает в области значений $k = 0,3 \dots 0,9$, т.е. в области больших расходов и малых сопротивлений. Согласно экспериментальным данным в этой области для одного и того же местного сопротивления, установленного в непосредственной близости от вентилятора на всасывающем, а затем на напорном участке системы, соблюдается неравенство $\zeta_{вс} < \zeta_{нап}$. Таким образом, наиболее выгодным местом расположения регулирующих устройств (например, направляющих аппаратов вентиляторов дутья) и других местных сопротивлений является участок системы, расположенный перед входом в вентилятор (на стороне всасывания). Подобная компоновка вентустановки позволит несколько увеличить подачу вентилятора и снизить потребляемую эклектическую мощность по сравнению с установкой тех же сопротивлений с напорной (см. рисунок 1) или совместно с напорной и всасывающей стороны.

Проведенные исследования показали, что неравнозначность процессов преобразования энергии в местных сопротивлениях сказывается и при значениях избыточного давления и вакуума далеких от предельно возможных. Вследствие этого влияние сопротивлений на параметры аэродинамической системы, обеспечивающие требуемую подачу вентилятора L (необходимую величину перепада давления ΔP_v и потребляемую электрическую мощность N), изменяется в зависимости от места расположения этих сопротивлений (в зоне разрежения либо в зоне избыточного давления). Полученный эффект требует дальнейших исследований и теоретического обоснования.

Полученные результаты целесообразно использовать при компоновке вентиляционных установок систем вентиляции и кондиционирования воздуха, а также при проектировании и модернизации существующих тягодутьевых трактов крупных котлов, используемых на ТЭЦ, ТЭС и отопительных котельных.

Большинство котлов серий КВГМ, ПТВМ, ТП и др. работают с ограничением мощности из-за недостаточной подачи воздуха, необходимого для сгорания топлива. Модернизация тягодутьевых трактов этих котлов, с учетом полученных результатов, позволила бы решить эту проблему и увеличить мощность котлов до номинальных параметров.

Литература

1. Идельчик, И. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Идельчик; под ред. М.О. Штейнберга. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1992. — 672 с.
2. Поляков, В. Насосы и вентиляторы / В. Поляков, Л. Скворцов. — М.: Стройиздат, 1990. — 336 с.
3. Ярошевский, В. Особенности проектирования тягодутьевых трактов котельных установок / В. Ярошевский // Холодильн. техника і технологія. — Одеса: ОДАХ, 2010 — № 3 (125) — С. 52 — 54.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Мазуренко А.С.

Поступила в редакцию 19 октября 2010 г.