

УДК 622.44

Н.А. Попов, А.С. Белоусова, О.В. Лаврова

**АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ
ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРНЫХ УСТАНОВОК
С ОСЕВЫМИ ВЕНТИЛЯТОРАМИ**

Семинар № 3

Рост нагрузок на забои угольных и рудных шахт предполагает высокие требования к надежности и эффективности шахтных вентиляционных систем, в том числе главных вентиляторных установок (ГВУ), которые являются важнейшей частью технологического оборудования подземной добычи полезного ископаемого.

При проектировании шахтных ГВУ одной из основных задач является определение заданных величин давления и производительности для выбора вентилятора или расчета его аэродинамических и геометрических параметров. Заданными величинами, как правило, являются полное давление вентиляторной установки, производительность вентилятора и коэффициент потерь давления в установке ΔP_0 . Потери давления в установке представляют сумму потерь во входном участке $\Delta P_{вх}$, потерь от присутствия опор (ребер жесткости) в самом вентиляторе $\Delta P_{оп}$ и потерь в выходной части, которые состоят из потерь в диффузоре $\Delta P_{диф}$, в выходном канале $\Delta P_{к}$ и при выходе в атмосферу (входе в шахту) $\Delta P_{ввх}$. Отсюда общие потери давления в установке

$$\Delta P_0 = \Delta P_{вх} + \Delta P_{оп} + \Delta P_{диф} + \Delta P_{к} + \Delta P_{ввх}. \quad (1)$$

Полное давление установки P'_v меньше полного давления вентилятора P_v на величину потерь ΔP_0 , которое принято оценивать [1] коэффициентом потерь

давления ζ , определяемого отношением величины ΔP_0 к динамическому давлению вентилятора P_{dv}

$$\zeta = \frac{\Delta P_0}{P_{dv}} = \frac{\Delta P_{вх} + \Delta P_{оп} + \Delta P_{диф} + \Delta P_{к} + \Delta P_{ввх}}{P_{dv}}. \quad (2)$$

Таким образом, полный коэффициент потерь давления определяется как сумма коэффициентов потерь в элементах установки

$$\zeta = \zeta_{вх} + \zeta_{оп} + \zeta_{диф} + \zeta_{к} + \zeta_{ввх}. \quad (3)$$

Для вентилятора, работающего в шахтной установке, его полное давление P_v определяется по формуле

$$P_v = P'_v + \zeta P_{dv}, \quad (4)$$

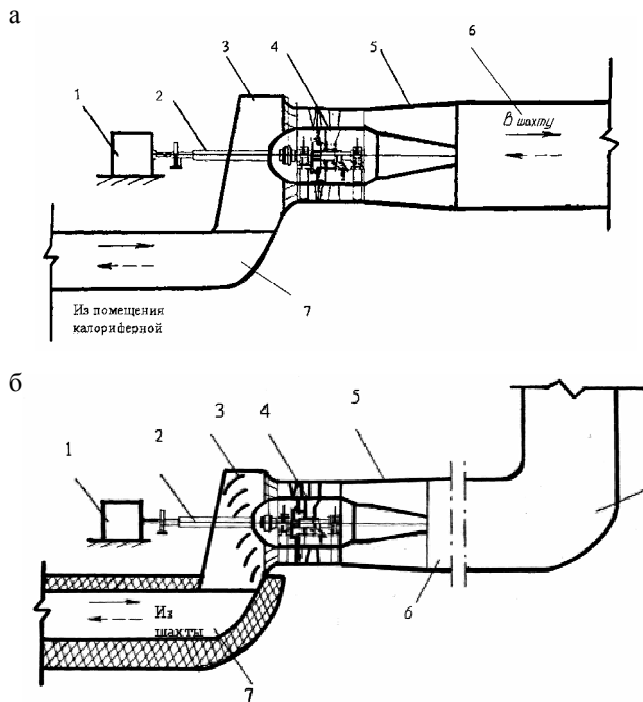
где P'_v - полное давление вентиляторной установки, Па.

Совершенство всей установки в целом характеризуется ее КПД

$$\eta' = \frac{QP'_v}{N}, \quad (5)$$

где Q - производительность вентилятора, м³/с; N - мощность, потребляемая вентилятором, Вт.

В случае всасывающих ГВУ P'_v представляет статическое давление установки P'_{sv} , а η' - ее статический КПД η'_s . Для нагнетательных ГВУ потери давления $\Delta P_{к}$ и $\Delta P_{ввх}$ относятся к



Технологические схемы ГВУ с горизонтальными (а, б) и вертикальными (в) осевыми вентиляторами: 1 – приводной электродвигатель, 2 – трансмиссионный вал, 3 – входная коробка, 4 – вентилятор, 5 – диффузор, 6 – канал, 7 – колено, 8 – выходной элемент (коробка)

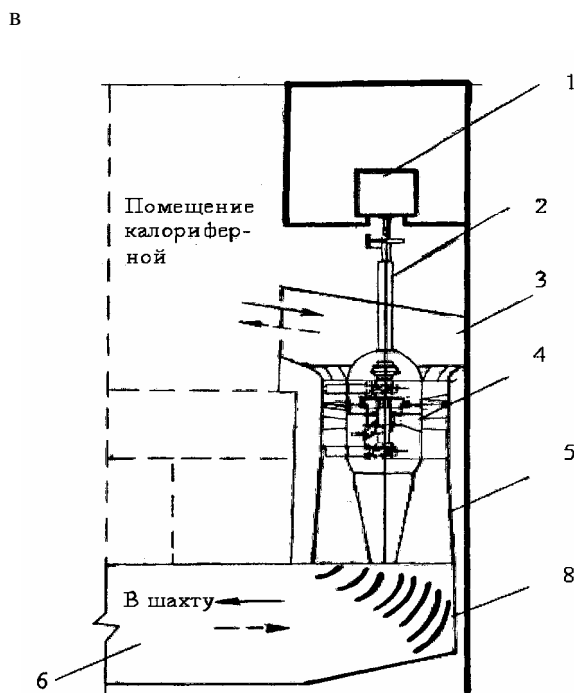
сопротивлению сети, P'_v – полное давление установки, а η' – соответствующий ему ее полный КПД.

Критерием экономичности работы вентилятора в установке может быть КПД установки, рассчитанный с учетом потерь давления ΔP_0 в переходной части от вентилятора к расположенной за ним части сети [2]

$$\eta' = \eta \left(1 - \zeta \frac{P_{dv}}{P_v} \right), \quad (6)$$

где ζ – коэффициент потерь давления в переходной части от вентилятора к нагнетательной части сети или – для вентиляторов, работающих на всасывание – потерь в выходной части установки (в диффузоре, в канале и выходной части).

С целью оценки потерь давления в элементах ГВУ рассмотрим технологические схемы ГВУ с осевыми вентиляторами (рис. 1). Всасывающие и нагнетательные установки с горизонтальными вентиляторами (рис. 1 а, б) включают элементы, потери давления в которых могут существенно повлиять на эффективность установки в целом. К таким элементам относятся



входная коробка 3, диффузор 5, канал 6, колено 7 и выходной элемент 8. Для снижения шума, создаваемого вентилятором, установки часто оборудуются устройствами шумоглушения, которые во всасывающих установках располагаются в выходном элементе 8, а в нагнетательных – в канале между помещением калориферной и входной частью установки. Расположение приводного электродвигателя перед вентилятором позволяет применить приемлемой длины трансмиссионных вал 2 и установить за вентилятором диффузор любой длины.

Установки с вертикальными вентиляторами (рис. 1, в) занимают в 2.5-3.5 раза меньше площади по сравнению с горизонтальными [3]. В них устранены традиционные каналы, в которых по данным литературы теряется 19-35% потребляемой из сети энергии.

Входные элементы установки применяются для присоединения вентилятора к шахтной сети или соединяют его с помещением калориферной. Они выполняются в виде различных колен или коробки.

Простое плавное колено широко применяется в ГВУ с осевыми вентиляторами серии ВОД. Потери давления в плавном колене не превышают $\zeta = 0.03$ [1,4]. В тех случаях, когда вес и размеры электродвигателя не позволяют расположить его над коленом можно применить входную коробку (рис. 1 а, б), которая позволяет расположить ось подводящего канала к оси вентилятора под углом, близким к 90°.

Переход от канала с коленом 7 (рис. 1 а, б) к вентилятору осуществляется при помощи входной коробки 3, течение в которой происходит с ускорением. Такое течение способствует локализации возможных отрывов потока и большей равномерности поля скоростей и давлений в сечении перед вентилятором, что важно для его нормальной работы. Коллектор вентилятора вместе с коком осуществляют дальнейшее поджатие и выравнивание потока перед лопаточным венцом. При оптимальной конструкции входной коробки

коэф-фициент потерь давления в ней может не превышать $\zeta = 0.06$ [5].

Необходимо заметить, что в аварийном режиме при реверсировании осевого вентилятора поворотом лопаток рабочего колеса (РК) на угол 120-125° (шахтные реверсивные и регулируемые на ходу поворотом лопаток РК осевые вентиляторы ВО-21К, ВО-24К, ВО-30ВК и др. [3]) входная коробка 3 становится выходной. В результате может оказаться, что в реверсивном режиме она будет иметь большой коэффициент потерь давления и создавать значительный шум в помещении установки. Таким образом, при аэродинамическом расчете входной коробки следует учитывать режимы работы ГВУ и обеспечивать коэффициенты потерь, способствующие высокой эффективности вентиляторной установки в целом.

Выходные элементы установки соединяют вентилятор с атмосферой (рис. 1, а) или присоединяют его шахтной сети (рис. 1, б, в). К ним относится диффузор 5, канал 6, выходной элемент 8, который может представлять колено (рис. 1, а) и выходную коробку (рис. 1, в).

Диффузор за вентилятором устанавливается для торможения потока. Если шахтная сеть находится на стороне всасывания (рис. 1, а), назначение диффузора состоит в том, чтобы с наибольшей эффективностью преобразовать динамическое давление вентилятора в статическое. В случае, когда вся сеть за диффузором (рис. 1, б, в), то он предназначается для уменьшения скорости до величины, заданной на входе в шахтную сеть.

В настоящее время в шахтных ГВУ с осевыми вентиляторами применяют предотрывные диффузоры [6], у которых закон изменения проходных сечений выбран из условия, что во всех сечениях пограничный слой находится в предотрывном состоянии. При таком профилировании каналов можно получить максимальную эффективность диффузора при заданной длине, либо предельное сокращение его

длины при фиксированной эффективности.

Продувки предотрывных кольцевых диффузоров [6] показали, что при длине $\bar{l} = 1.5$ ($\bar{l} = \frac{l}{d}$, где l - длина диффузора, м; d - диаметр входа в диффузор, м) полный коэффициент потерь давления в установке с моделью вентилятора ВОД составил $\zeta = 0.2$. Такой же коэффициент потерь давления имеет конический кольцевой диффузор, но только при $\bar{l} = 2$.

Коэффициенты потерь давления всей выходной части при правильном расчете конструкции ее элементов могут дости-

гать $\zeta = 0.2 - 0.25$, а всей установки - $\zeta = 0.27 - 0.33$ [1, 7].

Проведенный анализ потерь давления в элементах шахтных ГВУ с осевыми вентиляторами показал, что для выбора требуемых расчетных параметров вентилятора необходимо на стадии проектирования достаточно точно оценить полный коэффициент потерь давления в установке ζ , а для эффективной работы всей установки в целом - выбрать ее компоновку и конструктивные параметры элементов, которые бы обеспечили минимальные коэффициенты потерь давления при заданных аэродинамических и акустических параметрах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ушаков К.А., Брусиловский И.В., Бушель А.Р. Аэродинамика осевых вентиляторов и элементы их конструкций. - М.: Госгортехиздат, 1960. - 422 с.
2. Бычков А.Г. Аэродинамические характеристики, области работы и графики для выбора центробежных и осевых вентиляторов // Промышленная аэродинамика, вып. 17. - М.: Оборонгиз, 1960. - с. 102-121.
3. Петров Н.Н., Попов Н.А., Батяев Е.А., Новиков В.А. Теория проектирования реверсивных осевых вентиляторов с поворотными на ходу лопатками рабочего колеса // ФТПРПИ. - 1999. №5. - с. 79-92.
4. Шахтные вентиляторные установки главного проветривания. Справочник// Бабак Г.А., Бочаров К.П., Волохов и др. - М.: Недра, 1982. - 296 с.
5. Брусиловский Н.В. Аэродинамика и акустика осевых вентиляторов. - М.: Изд. ЦАГИ. - 2004. - 265 с.
6. Левин Е.М. Предотрывные диффузорные элементы установок с осевыми вентиляторами // Шахтные турбомашин. - Донецк: ИГМТК им. М.М.Федорова. - 1972. - №30. - с. 16-24.
7. Захарчук Г.И. Рациональные компоновки выходных элементов шахтных установок с осевыми вертикальными вентиляторами // Стационарное оборудование шахт. - Донецк: ВНИ-ИГМ им. М.М. Федорова. - 1987. - с. 156 - 164.

Коротко об авторах

Попов Н.А., Белоусова А.С., Лаврова О.В. - ИГД СО РАН.

