

Автор В.Г. КАРАДЖИ, к.т.н., Ю.Г. МОСКОВКО, В.Г. СЕРГЕЕВ, ООО «Инновент»

Влияние формы корпуса на аэродинамическую характеристику прямооточного канального вентилятора

ООО «Инновент» на протяжении ряда лет выпускает канальные вентиляторы «Универсент»® с квадратными (в поперечном сечении) корпусами, которые по классификации [1] относятся к прямооточным канальным вентиляторам, хотя имеют возможность организации выхода потока в любых направлениях под углом 90° к оси вращения колеса. За рубежом аналогичные вентиляторы выпускает ряд компаний. Вентиляторы в прямооточном исполнении имеют название *square/quadra in-line/duct fan* [2, 3], а вентиляторы с выходом потока в любом направлении — *plenum fans* [4, 5]. Прямоточные канальные вентиляторы, по сравнению с вентиляторами со спиральными корпусами, обладают рядом преимуществ, такими как меньшие габариты, удобство установки и эксплуатации, разнообразие схем соединений и использования, возможность применять в одном корпусе разные рабочие колеса и получать разные рабочие характеристики в одном габарите, возможность эффективного звукопоглощения и т.д. [6]. Однако, надо отметить, что прямооточные канальные вентиляторы с квадратным корпусом имеют некоторые ограничения в компоновочных решениях, например, при размещении вентиляторов в узких межпотолочных пространствах (конечно, если выполняются соответствующие требования по шуму). В этих случаях прямооточные вентиляторы с прямоугольными корпусами с малой высотой могут быть более предпочтительными. В России прямооточные канальные вентиляторы с прямоугольными корпусами разработаны ООО «Климат-вентмаш» [7] и ООО «Инновент» (патент РФ на полезную модель №45482). Западные аналоги таких вентиляторов нам неизвестны (не следует путать с канальными вентиляторами «с лежа-

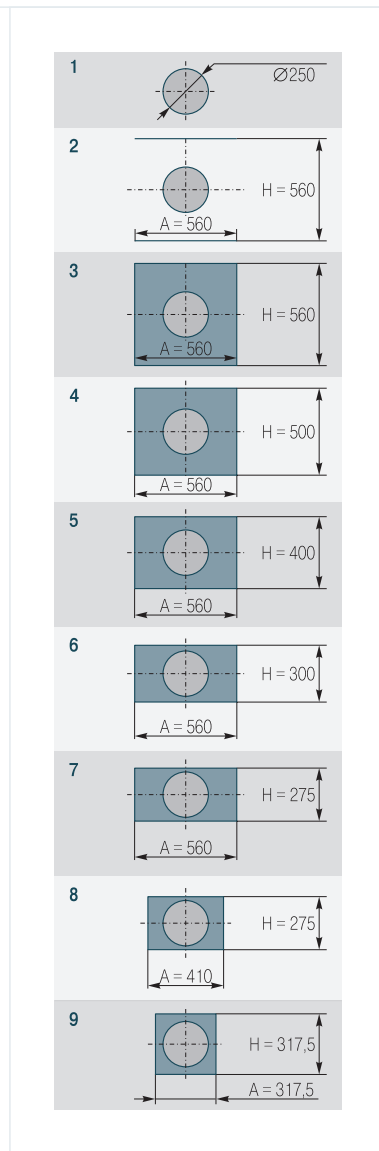


Рис. 1. Поперечные сечения вентиляторов

чими на боку колесами» [1], которые также имеют корпуса прямоугольного сечения).

Известна работа [8], в которой приведены результаты исследований влия-

ния размеров проходного сечения и несимметричности расположения колеса в корпусе на аэродинамические характеристики и шум вентилятора. Вентилятор представлял собой бокс, в котором было установлено свободно вращающееся колесо с задней стенкой (аналог вентилятора, называемого *plug fan*, в корпусе, обеспечивающем прямооточное течение), то есть не являлся прямым аналогом прямооточного канального вентилятора.

При разработке эффективного прямооточного канального вентилятора с прямоугольным корпусом ставилась задача по определению величин допустимых отклонений от квадратной формы проходного сечения корпуса, при которых не происходит заметного ухудшения его аэродинамических характеристик. Результаты научно-исследовательской работы по определению влияния формы корпуса на аэродинамическую характеристику канальных прямооточных вентиляторов приведены ниже.

Модель вентилятора и экспериментальная установка. Для аэродинамических испытаний было выбрано радиальное рабочее колесо диаметром 250 мм с загнутыми назад лопатками, угол установки лопаток на выходе из колеса составлял около 45°. Колесо имело относительно большую ширину — 92,5 мм, что в долях диаметра составляет 0,37D. Рабочее колесо было установлено непосредственно на валу асинхронного электродвигателя с мощностью 0,75 кВт и частотой вращения 3000 мин⁻¹. Характерное число Рейнольдса, рассчитанное по диаметру колеса и окружной скорости на внешнем диаметре колеса, составляло (6,0–6,5)×10⁵. Вентилятор был выполнен по прямооточной схеме. На входе в колесо был установлен штатный входной коллектор, обеспечивающий плавный, безотрывный вход по-

тока в колесо. Входной коллектор закреплялся на общей с электродвигателем конструкции таким образом, чтобы можно было свободно менять положение и поперечные размеры всех четырех стенок корпуса — двух боковых, нижней и верхней. Продольная длина вентилятора при этом оставалась неизменной, рабочее колесо полностью находилось внутри корпуса, поэтому длина корпуса не оказывала существенного влияния на аэродинамические характеристики вентилятора. Таким образом, форма корпуса вентилятора в поперечном сечении могла представлять собой квадрат или прямоугольник любых размеров, ограниченных только диаметром рабочего колеса. Как частный случай, при отсутствии стенок, вентилятор вообще не имел корпуса и представлял собой свободное колесо с входным коллектором. Испытания заключались в определении аэродинамической характеристики вентилятора при изменении формы и размеров поперечного сечения корпуса вентилятора. Это обеспечивалось перемещением стенок, образующих корпус, при этом колесо всегда было установлено симметрично относительно боковых стенок.

Измерения производились на аэродинамическом стенде с всасывающим воздуховодом по схеме С (ГОСТ 10921-90). Диаметр входного измерительного коллектора составлял 315 мм (коэффициент расхода $\alpha = 0,96$), диаметр воздуховода, подходящего к вентилятору, — 400 мм. Измерялись: разрежение во входном коллекторе, разрежение перед вентилятором, частота вращения электродвигателя, температура воздуха в лаборатории и атмосферное давление. Результаты измерений обрабатывались соответствующим образом для получения безразмерных аэродинамических характеристик испытанных моделей вентилятора в виде зависимостей коэффициента статического давления вентилятора ψ_s от коэффициента расхода ϕ .

Коэффициент статического давления ψ_s и расхода ϕ определялись по формулам:

$$\psi_s = \frac{2p_{sv}}{\rho U^2}; \quad \phi = \frac{4Q}{\pi D^2 U},$$

где: p_{sv} — статическое давление вентилятора; ρ — плотность воздуха; U — окружная скорость на внешнем диаметре D рабочего колеса; Q — расход воздуха через вентилятор.

Были испытаны девять моделей вентиляторов, поперечные сечения кото-

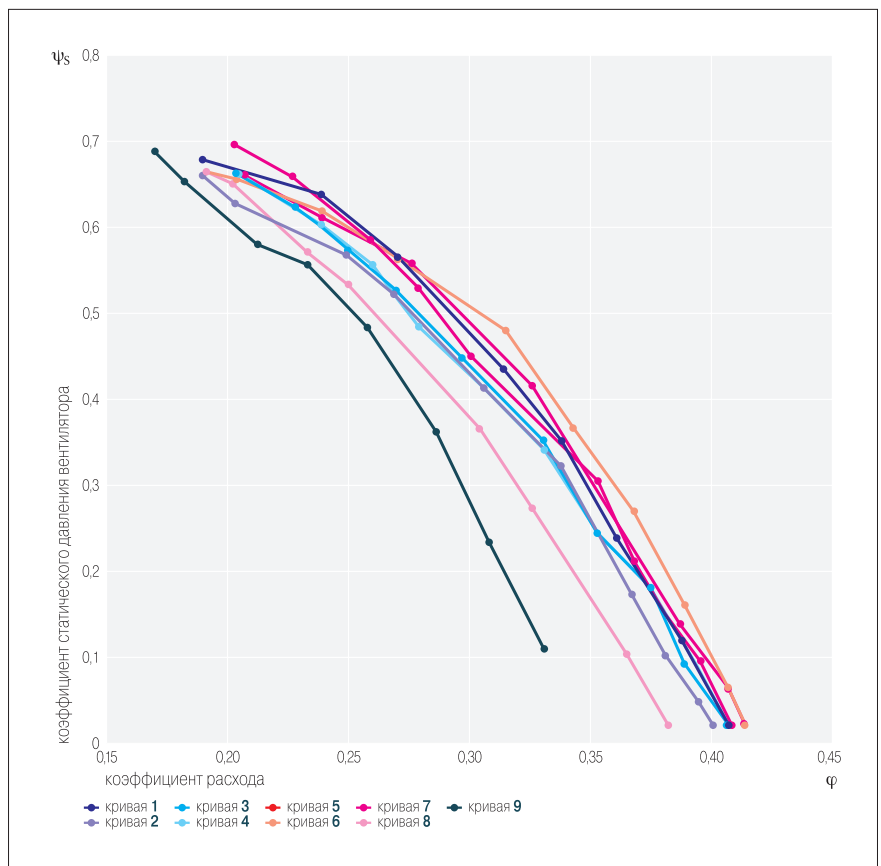


Рис. 2. Аэродинамические характеристики вентиляторов (обозначения см. табл.)

Размеры вентиляторов

табл. 1

Вентилятор	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\frac{A}{D} \times \frac{H}{D}$	Свободное колесо	Две стенки на расстоянии 2,24	2,24×2,24	2,24×2,0	2,24×1,6	2,24×1,2	2,24×1,1	1,64×1,1	1,27×1,27
\bar{s}	—	—	6,4	5,7	4,57	3,43	3,14	2,3	2,05
\bar{a}	—	—	0,62	0,5	0,3	0,1	0,05	0,05	0,136

рых (вид со стороны выхода потока из корпуса) представлены на рис. 1. Вентилятор №1 представляет собой свободно вращающееся колесо, вентилятор №2 — свободно вращающееся колесо, ограниченное двумя противоположными стенками (выход потока под углом 90° в противоположные стороны), вентиляторы №№3-9 — свободно вращающееся колесо, ограниченное четырьмя стенками. В таблице под соответствующими номерами приведены относительные размеры (приведенные к диаметру колеса D) поперечного сечения вентиляторов: относительная площадь поперечного сечения:

$$\bar{s} = \frac{S_{кор}}{S_{кол}}; \quad (S_{кор} = A \times H, S_{кол} = \frac{\pi D^2}{4})$$

и относительный зазор между колесом и близкорасположенной стенкой корпуса

$$\bar{a} = \frac{X - D}{2D},$$

($X = A$ или H — длина стороны квадрата A или меньшей стороны прямоугольника H).

Результаты испытаний. Аэродинамические характеристики вентиляторов приведены на рис. 2, где по оси абсцисс отложены значения коэффициента расхода вентилятора ϕ , а по оси ординат — значения коэффициента статического давления ψ_s (в данном случае, разница между статическим и полным давлениями невелика). Из приведенного рисунка видно, что все кривые легли довольно плотной группой вне

зависимости от размеров сторон корпуса, за исключением №8 и №9. Эти характеристики соответствуют вентиляторам с самым малым поперечным сечением корпуса $\bar{S} = 2,3$ и $2,05$ соответственно. Более наглядно влияние формы поперечного сечения представлено на рис. 3, где приведены значения коэффициентов статического давления ψ_s в зависимости от относительной площади поперечного сечения вентилятора \bar{S} («срез» при $\varphi = \text{const}$). Основное влияние на аэродинамические характеристики оказывает отношение площади поперечного сечения корпуса вентилятора $S_{\text{кор}}$ к площади сечения рабочего колеса $S_{\text{кол}}$. Как видно из рис. 3, характеристики вентилятора начинают ухудшаться при значениях $\bar{S} \leq 2,5-3$, причем наиболее интенсивно при большой производительности. Так, например, при малой производительности $\varphi = 0,2$ коэффициент статического давления практически не меняется при изменении площади поперечного сечения, а при большей производительности ($\varphi = 0,35$) резко уменьшается при уменьшении площади поперечного сечения — вентилятор «запирается». Интересно отметить, что если две стенки установлены на достаточно большом расстоянии, в нашем случае равном $2,24D$ (вентиляторы №3–7), то две другие стенки могут быть сдвинуты достаточно близко к колесу без существенных изменений аэродинамической характеристики, так, например, у вентилятора №7 относительный зазор очень мал и составляет $\bar{a} = 0,05$. Из этого следует, что аэродинамическая характеристика вентилятора определяется в основном относительной площадью поперечного сечения \bar{S} , а не его формой — квадратной или прямоугольной. В прямооточных канальных вентиляторах «Унивент»® [9] относительная площадь поперечного сечения \bar{S} составляет $2,5-2,6$, что определяется требованиями получения минимальных размеров корпуса без существенных ухудшений аэродинамических характеристик.

Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что прямооточные канальные вентиляторы могут иметь поперечное сечение (проточную часть) с произвольным соотношением сторон, но с целью обеспечения приемлемой эффективности относительная площадь поперечного сечения \bar{S} должна быть не менее $2,5-3$ (результаты использованы в патенте РФ на по-

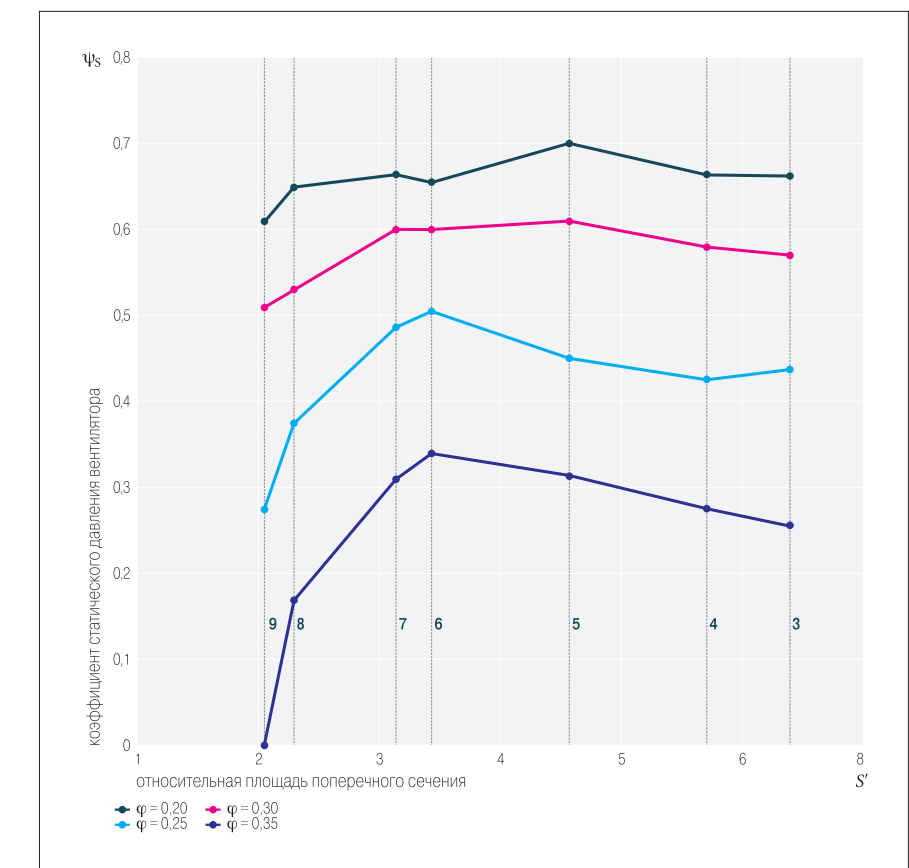


Рис. 3. Влияние формы поперечного сечения на коэффициент статического давления

лезную модель «Канальный вентилятор» №45482, дата приоритета 16.07.2004 г.). Аналогичные выводы сделали авторы статьи [8], а именно, аэродинамические характеристики прямооточного канального вентилятора с корпусом, близким к квадратному, определяются относительной площадью его поперечного сечения и существует некоторая предельная величина, ниже которой характеристики ухудшаются. При уменьшении размеров поперечного сечения корпуса, поток на выходе из колеса «зажимается», и характеристики вентилятора начинают ухудшаться аналогично изменению характеристик, которое имеет место при уменьшении ширины колеса (высоты лопатки) [8].

Следует отметить, что представленные в данной статье экспериментальные данные получены для вентиляторов с колесом с шириной равной $0,37D$, то есть очень большой для колес с назад загнутыми лопатками.

Прямоточный канальный вентилятор с таким колесом, как видно из рис. 2, имеет максимальный коэффициент производительности φ равный $0,41-0,42$.

Для сравнения, например, свободное колесо с близкими геометрическими параметрами, но с шириной равной $0,26D$, имеет коэффициент максимальной производительности равный $\varphi = 0,38$ (крышный вентилятор ВКРМ-4-01 [10], а то же колесо, но в прямооточном канальном вентиляторе — $0,34$ (ВККМ35/2,5-1/2Д [10])). Можно предположить, что прямой перенос выводов данной статьи на прямооточные вентиляторы с другими колесами (и, соответственно, входными коллекторами) не будет корректным. □

1. В.Г. Караджи, Ю.Г. Московко. Канальные вентиляторы: типы, конструктивные отличия и особенности аэродинамических характеристик. Журнал «С.О.К.», №10/2005.
2. Каталог продукции SYSTEMAIR.
3. Каталог продукции ROSENBERG.
4. Каталог продукции COMEFRI.
5. Каталог продукции TWIN CITY FANS.
6. В.Г. Караджи, Ю.Г. Московко. Некоторые особенности эффективного использования вентиляционно-отопительного оборудования, «Инновент», 2005.
7. Каталог продукции «Климатвентмаш».
8. Sadi O., Kremer P. Einfluss von Klimakastengeraten auf das Verhalten von Laufradern. HLH, Beratende Ingenieure Sondertell, October 2004.
9. Каталог продукции «Инновент».
10. Каталог продукции «Мовен».