



# О высоком КПД вентиляторов и эффективности вентиляционных систем

**В. Г. Караджи**, канд. техн. наук, советник по научным разработкам ООО «ИННОВЕНТ»

**Ю. Г. Московко**, канд. техн. наук, советник по научным разработкам ООО «ИННОВЕНТ», [otvet@abok.ru](mailto:otvet@abok.ru)

**Ключевые слова:** максимальный КПД вентилятора, КПД вентилятора на рабочем режиме, вентиляционная система, эффективность вентиляционной системы

В настоящее время большое внимание уделяется энергоэффективности процессов, оборудования и т.д., не составляют исключение и вентиляционные системы. Если систему рассматривать только с точки зрения аэродинамики (то есть не учитывать подвод или отвод теплоты), то аэродинамически эффективной мы называем систему, которая для перемещения необходимого расхода воздуха потребляет минимальную мощность. При этом следует

понимать, что речь идет о некоей вентиляционной системе, которая по своей конфигурации может быть далеко не оптимальной.

Данная статья представлена в форме скрытого диалога как ответ авторов на ряд дискуссионных вопросов, связанных с эффективностью вентиляционных систем.

Как определить эффективность вентиляционной системы? Мы предложили свой вариант, который был изложен в статье [1]. В дальнейшем на эту тему на

44-м конгрессе KGH-2013 в Белграде был сделан доклад (ISSN 0350–1426), а по предложению Российского секретариата ИСО в Комитете ISO TK 117 (Fans) была открыта работа.

Какие основные факторы влияют на аэродинамическую эффективность вентиляционной системы?

В равной мере для эффективности вентиляционной системы важны и коэффициент полезного действия вентилятора (КПД) на рабочем режиме,

и аэродинамические потери в вентиляционной системе. Что мы имеем в виду? Например, для подачи 100 000 м<sup>3</sup>/ч (27,8 м<sup>3</sup>/с) свежего воздуха в первоначальном проекте суммарные потери в вентиляционной системе (включая потери в приточной установке) составляли 1500 Па, а после ее оптимизации – 1000 Па. Если принять, что вентиляторы в обоих случаях подобраны должным образом и на рабочем режиме они имеют довольно высокий КПД, равный 80%, то потребляемая мощность вентиляторов будет равна 52 и 35 кВт. То есть выигрыш в оптимизации потерь в вентиляционной системе довольно значителен. Однако если во втором случае вентилятор подобран неоптимально, например его КПД на рабочем режиме только 54%, то он будет потреблять те же 52 кВт, то есть ожидаемого эффекта от оптимизации вентиляционной системы не будет.

## КПД вентилятора

Рассмотрим более подробно первую составляющую эффективности вентиляционной системы, а именно КПД вентилятора. Возникает вполне резонный вопрос: нужно ли гнаться за высоким максимальным КПД вентилятора? Однозначно утверждаем, что да, хотя и с некоторыми оговорками, о которых речь пойдет далее.

Сразу же необходимо пояснить: существуют два коэффициента полезного действия – по полному и статическим параметрам. Физический смысл и различие этих двух коэффициентов, как нам кажется, достаточно хорошо описаны в нашей книге [2]. В дальнейшем мы говорим

о полном КПД вентилятора, если речь идет о сети на всасывании и нагнетании вентилятора, и о статическом КПД, если сеть расположена только на всасывании.

Существует ряд национальных и международных стандартов, которые так или иначе устанавливают градации эффективности различных типов вентиляторов. Например, в международном стандарте ISO 12759:2010 «Вентиляторы. Классификация по эффективности» введена классификация эффективности вентиляторов с различными приводами. В ЕС действует Директива Европейского парламента и Совета 2009/125/ЕС, в которой прописаны требования к экологическому проектированию продукции, связанной с энергопотреблением, и Регламент комиссии (ЕС) № 327/2011 по ее применению. Россия не осталась в стороне от этого процесса. С июля этого года начал действовать ГОСТ 31961–2012 «Вентиляторы промышленные. Показатели энергоэффективности», разработанный в техническом комитете ТК061 «Вентиляторы и кондиционеры». В стандарте введены три класса эффективности вентиляторов без учета потерь в электродвигателях и т.д., то есть «чисто» вентилятора. На этот год в плане ТК061 стоит разработка российского стандарта, в котором уже будут учитываться потери в приводах (электродвигатели, ременные передачи, частотные приводы и т.д.).

Еще раз повторим, что крайне важно использовать вентиляторы с высоким максимальным КПД. На сегодняшний день максимальный КПД лучших общепромышленных

**ZOTA**<sup>®</sup>

**ZOTA  
GSM**

**GSM-МОДУЛЬ**



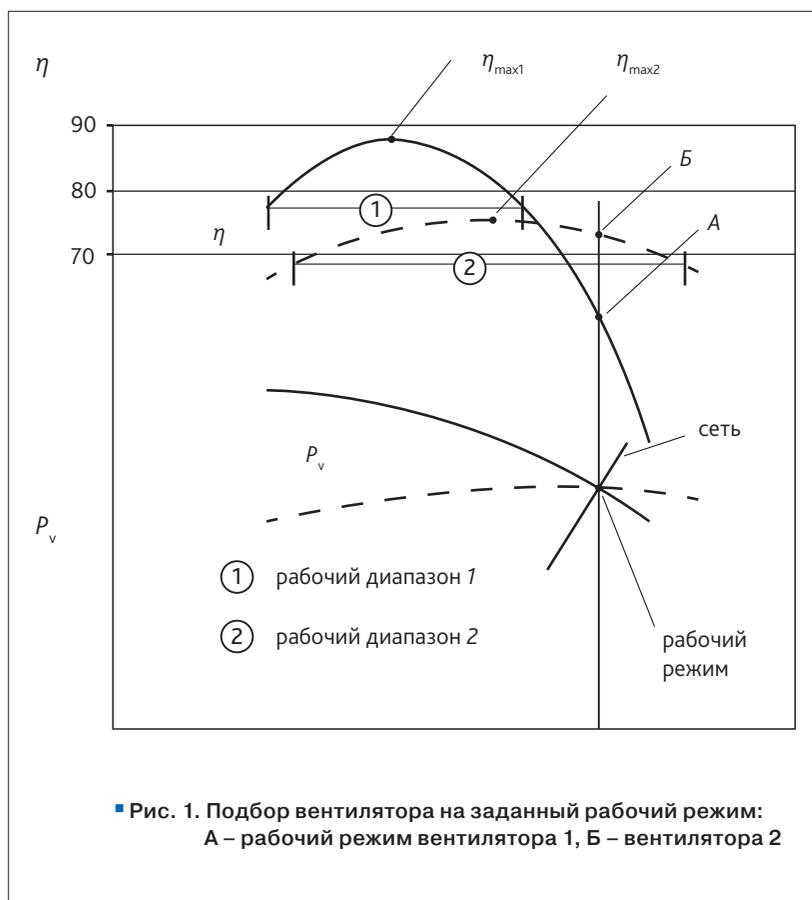
Реклама

**КОТЕЛЬНОЯ  
В ВАШЕМ  
КАРМАНЕ**

«ЗАВОД ОТОПИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИКИ»  
Красноярск, ул. Калинина, 53А  
(391) 247-77-77, 247-78-88, 247-79-99

[www.zota.ru](http://www.zota.ru)





вентиляторов достигает 85–88%, и очевидно, что это уже потолок, так как даже незначительное его увеличение сопряжено с увеличением стоимости вентилятора. Здесь стоит

сделать оговорку: в ряде случаев высокий полный КПД получен за счет большой доли динамического давления на выходе вентилятора (большой скорости потока на выходе)! Как правило,



Рис. 2. Осевые вентиляторы с упрощенными некрутящимися лопатками и большими радиальными зазорами между лопатками и корпусами

наиболее высокий максимальный КПД имеют вентиляторы остро настроенные на определенный узкий диапазон работы. Но для построения энергоэффективной вентсистемы важно, чтобы вентилятор на расчетном режиме имел высокий КПД, в идеале близкий к максимальному значению. В российском стандарте ГОСТ 10616–90 «Вентиляторы радиальные и осевые. Размеры и параметры» на это прямо указано: рабочий диапазон вентилятора должен быть ограничен областью, в которой КПД вентилятора не ниже 0,9 от его максимального значения. Насколько нам известно, мало кто сейчас подбирает рабочий режим вентилятора, учитывая это требование. Можно попасть в ситуацию, схематично изображенную на рис. 1. Здесь вентилятор 1 с максимальным КПД  $\eta_{\max 1} = 0,86$  в вентиляционной системе будет работать менее эффективно (рабочий режим – точка А), чем вентилятор 2 с меньшим максимальным КПД  $\eta_{\max 2} = 0,76$ , но работающий в оптимальном диапазоне (рабочий режим – точка Б). То есть высокий максимальный КПД вентилятора – это не самоцель. Можно провести более понятную аналогию. Представьте себе, вы купили дорогой спортивный автомобиль, а ездите по горным дорогам на первой или второй передаче, так как нет прямых участков для скоростной езды! Понятно, что речь об эффективном использовании автомобиля не идет, так как он эксплуатируется далеко не в оптимальном режиме.

Последняя международная выставка «Мир Климата – 2014» показала, что некоторые западные и отечественные



■ Рис. 3. Огромные зазоры между входными коллекторами и колесами

производители плохо представляют себе, как определенные конструктивные элементы вентилятора влияют на его КПД. Мы имеем в виду форму лопаток, радиальные и осевые зазоры между лопатками, коллектором и корпусом и т.д. Впечатления о посещении выставки мы отразили в [3], и нет необходимости здесь их повторять. Основной посыл статьи: показать, на что необходимо в первую очередь обращать внимание, чтобы по внешнему виду вентилятора определить, насколько он будет эффективен в работе. Покажем очень кратко, что бросилось в глаза: огромные радиальные зазоры, упрощенные втулки и лопатки осевых вентиляторов (рис. 2), упрощенные коллекторы, огромные осевые

зазоры между коллекторами и колесами (рис. 3) и самое впечатляющее – несоответствие радиального корпуса направлению вращения рабочих колес (рис. 4). И это все – «лучшие» образцы, специально подготовленные к выставке!

Аэродинамически эффективный вентилятор не может быть дешевым, так как для его изготовления необходимо использовать специальное оборудование, качественные комплектующие, а при сборке должны выдерживаться все необходимые элементы технологии, проводить работы должен квалифицированный персонал и т.д. Удешевление стоимости вентилятора за счет упрощения конструкции, технологии, использования неквалифицированного персонала и т.д. неизбежно приводит к ухудшению аэродинамических характеристик и КПД вентиляторов. В конечном итоге, покупая дешевый вентилятор, можно гарантированно получить шлейф проблем: невозможность вывести систему на требуемые режимы, перерасход энергии и т.д. Другими словами, «скупой платит дважды». Это не всегда значит, что чем дороже вентилятор, тем он лучше, но совсем дешевый вентилятор хорошим не бывает.

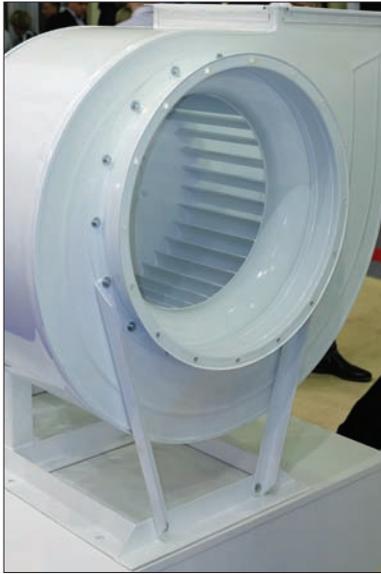
Как быть проектировщику, который отвечает за свое проектное решение? Проектировщик подбирает вентиляторы по каталогам, не видя самих вентиляторов, руководствуясь своей практикой, советами коллег, форумом, наконец. При этом если производитель привел в каталоге реальные параметры вентилятора, то можно сказать, что проектировщику (или монтажнику) повезло. Но

если параметры позаимствованы из каталога «уважаемого» производителя, который делает «качественный» вентилятор, то это прямой обман со всеми вытекающими последствиями.

Как быть монтажнику? Монтажники могут заменить оборудование, в том числе и вентиляторы, на более дешевые, так как при этом имеют прямую выгоду. При этом если система не выходит на нужный режим, то всегда можно сослаться на «плохой» проект. Насколько нам известно, редко дело доходит до того, что для решения спора вентилятор испытывается в аэродинамической лаборатории.

К сожалению, в России отсутствует независимый орган (лаборатория), который мог бы дать квалифицированную техническую оценку тому, что есть на вентиляционном рынке. Исключение, насколько нам известно, составляет независимая лаборатория АПИК, которая верифицирует небольшие воздушно-тепловые завесы. По вентиляторам, приточным установкам, кондиционерам ничего подобного нет. Над созданием лаборатории сейчас работают в комитете ТК061.

Здесь хотелось бы сделать замечание. Представьте себе: вы спроектировали вентиляционную систему, заложили вентилятор известного производителя с высоким максимальным КПД, монтажники все реализовали на объекте в металле без отступлений от проекта, но при наладке оказалось, что вентилятор не выходит на заданный расход. В чем проблема? С большой долей вероятности – в соединении вентилятора с сетью (в западной технической литературе – System Factor). Другими



■ Рис. 4. В спиральном корпусе установлено колесо не того направления вращения

словами, элементы вентиляционной сети, расположенные перед вентилятором, могут ухудшать его аэродинамические характеристики. Равно как и вентилятор может увеличивать аэродинамические потери в элементах сети, расположенных непосредственно на его выходе. Но это уже совершенно другая тема.

Завершая тему вентиляторов с высоким КПД, следует сказать, что существует расхожее мнение, что проблему малого КПД вентилятора на расчетном режиме (или же неоптимального выбора вентилятора) может решить частотный преобразователь. Оно ошибочно. Частотный преобразователь изменяет частоту вращения колеса, и соответственно давление и потребляемую мощность, но не изменяет его КПД (если не меняются характеристики самой вентсистемы). Например, при уменьшении частоты вращения потребляемая

вентилятором мощность уменьшается пропорционально кубу уменьшения частоты вращения. То есть имеет место прямая выгода. Но при этом КПД вентилятора остается неизменным, и если вентилятор изначально плохо подобран, то он и будет продолжать работать с низким КПД при всех частотах вращения. К слову сказать, при частотном регулировании существует ряд проблем, на которые пока не обращают внимания. Общий КПД привода (электродвигатель плюс частотный привод) сильно зависит от частоты вращения, загрузки электродвигателя и частотного преобразователя. В ряде случаев, несмотря на высокий исходный КПД вентилятора, общий КПД системы может уменьшиться на 20–30%. Кроме этого, при малых частотах вращения ухудшаются условия охлаждения электродвигателя при увеличивающихся внутренних тепловыделениях электродвигателя.

### Аэродинамические потери в вентиляционной системе

О второй стороне проблемы, а именно об аэродинамических потерях вентиляционной системы или о том, как построена сама система. Для вентиляционной системы основным параметром является расход воздуха, а необходимое давление вентилятора – производной величиной, которая зависит от множества параметров: скорости воздуха в воздуховодах, конфигурации воздуховодов и т.д. Таким образом, чтобы увеличить эффективность

вентиляционной системы, необходимо не только использовать вентилятор с высоким КПД на рабочем режиме, но и оптимизировать аэродинамические потери в самой системе. Говоря об аэродинамической оптимизации вентсистемы, мы подразумеваем, что это не только уменьшение потерь трения в воздуховодах, потерь в сетевых элементах и т.д., но и рациональное построение самой вентиляционной системы. Возвратимся к более понятной аналогии с автомобилем. Для минимизации затрат топлива при перевозке большого груза по маршруту с заездами в ряд удаленных от магистрали населенных пунктов маршрут должен быть соответствующим образом оптимизирован. Например, можно пустить по маршруту две менее грузоподъемные машины (разбиение вентсистемы на две), можно пустить одну большую машину, а для заезда в удаленные населенные пункты использовать менее грузоподъемные машины (использование вентиляторов-доводчиков) и т.д. Оптимизация вентиляционных сетей – довольно обширная тема, и мы предлагаем рассказать о ней в следующем номере журнала.

### Литература

1. Караджи В.Г., Московко Ю.Г. Об оценке аэродинамической эффективности вентиляционных систем // АВОК. 2008. № 7.
2. Вентиляционное оборудование. Технические рекомендации для проектировщиков и монтажников. М.: АВОК-ПРЕСС, 2010.
3. Караджи В.Г., Московко Ю.Г. Картинки с выставки // Мир климата. 2014. № 84. ■