

Удельная мощность вентилятора. Определение и перспективы применения

Энергия, потребляемая вентиляторами, является одной из значительных составляющих общего энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования воздуха. В связи с возрастанием требований к эффективному использованию энергии, в плане экономичности и экологичности, в обиходе специалистов появились новые параметры, например, такие как «стоимость жизненного цикла» (Life Cycle Costing, LCC) и «удельная мощность вентилятора» (Specific Fan Power, SFP). Рассмотрим параметр удельной мощности вентилятора SFP, формулы для его определения, назначение и перспективы использования.

Параметр удельной мощности вентилятора SFP был впервые представлен в нашей стране в 2008 году с введением [ГОСТ Р ЕН 13779–2007 \[1\]](#), который был подготовлен некоммерческой организацией «Ассоциация инженеров по контролю микрозагрязнений» (АСИНКОМ) «на основе собственного аутентичного перевода стандарта».

Международный стандарт [2] был введён достаточно давно, и в строительных нормах многих европейских стран параметр удельной мощности вентилятора SFP вошёл в практику проектирования и валидации систем вентиляции.

В отечественной практике стандарт [ГОСТ Р ЕН 13779–2007 \[1\]](#) не получил всеобщего признания, а его требования не используются активно при выполнении проектных и строительных работ и воспринимаются как рекомендательные. В частности, нам не приходилось видеть замечаний государственной экспертизы, связанных с невыполнением требований этого стандарта.

В отечественной литературе параметр SFP используется достаточно редко (например, в [3]), а также упоминается в некоторых публикациях (например, [4]).

Международный стандарт ЕС 13779:2007 был введён достаточно давно, и в строительных нормах многих европейских стран параметр удельной мощности вентилятора SFP вошёл в практику проектирования и валидации систем вентиляции

Программы подбора оборудования отечественных поставщиков также не предоставляют данные по SFP предлагаемого оборудования, в то время как в международной практике этот параметр уже является необходимой характеристикой для принятия тендерных решений о закупке оборудования. В итоге введённый в [1] параметр SFP на настоящий момент не встретил понимания и не нашёл применения в отечественной практике.

Причины редкого использования параметра SFP

Рассмотрим основные причины, которые приводят к тому, что параметр удельной мощности вентилятора SFP не находит широкого применения на российском рынке вентиляционного оборудования.

Отсутствует полная информация на русском языке. Стандарт [2] переведён не полностью, в нём отсутствуют некоторые приложения, таблицы и пояснения, которые необходимы для понимания, расчёта и применения параметра SFP на практике.

Кроме того, в стандарте [2] используются непривычные буквенные обозначения физических величин, то есть не те, которые обычно используются в отечественной технической литературе по вентиляции и кондиционированию и в других строительных нормах, в частности, [СП 60.13330.2020](#). А ведь именно на базе этой литературы обучаются и работают отечественные проектировщики.

Рецензия эксперта на статью получена 23.11.2022 [The expert review of the article was received on November 23, 2022]

УДК 697.9. Научная специальность: 05.14.04.

Удельная мощность вентилятора. Определение и перспективы применения

В. А. Волков, к.т.н., старший преподаватель, [Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» \(НИУ «МЭИ»\); Е. В. Цепляева](#), к.т.н., доцент, кафедра тепломассообменных процессов и установок (ТМПУ), заместитель начальника Управления подготовки научных кадров [НИУ «МЭИ»](#); **А. Я. Шелгинский**, д.т.н., профессор, кафедра промышленных теплоэнергетических систем (ПТС) [НИУ «МЭИ»](#)

В статье рассматривается тема расчёта и применения параметра удельной мощности вентилятора (SFP) в отечественной и зарубежной практике. Дается определение параметра SFP, приводятся формулы для расчёта SFP с учётом особенностей учебно-методической литературы. Приводятся основные направления использования SFP на локальном рынке и потенциальные возможности.

Ключевые слова: вентилятор, вентиляционная установка, удельная мощность вентилятора, энергоэффективность, энергопотребление, расчёт SFP.

UDC 697.9. The number of scientific specialty: 05.14.04.

Specific fan power. Definition and prospects of using

V. A. Volkov, PhD, senior lecturer, [National Research University "Moscow Power Engineering Institute" \(NRU "MPEI"\)](#); **E. V. Tseplyaeva**, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Mass Transfer Processes and Installations, deputy head of the Department of Training of Scientific Personnel of [NRU "MPEI"](#); **A. Ya. Shelginsky**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Industrial Thermal Power Systems of [NRU "MPEI"](#)

The article discusses the topic of calculation and application of the specific fan power (SFP) parameter in domestic and foreign practice. The definition of the SFP parameter and formulas for calculating SFP are given, taking into account the features of the educational and methodological literature. The main directions of using SFP in the local market and potential opportunities are given.

Key words: fan, ventilation unit, specific fan power (SFP), energy efficiency, energy consumption, SFP calculation.



Необходимы дополнительные нормативные документы. Информация, содержащаяся в полном международном стандарте [2], достаточна для базового применения параметра SFP . Но этот стандарт является международным и так же, как и в России, не является обязательным к применению в каждой отдельной стране. Поэтому в тех странах, где удельная мощность вентилятора SFP получила признание и применение, были разработаны и приняты национальные нормы и стандарты, которые уже на локальном уровне подтвердили необходимость использования этого параметра и установили свои границы целевых значений с учётом национальных особенностей и уровня развития экономики. Такие стандарты есть в Великобритании, Финляндии, Швеции, Норвегии, США и др.

Низкая заинтересованность производителей оборудования и нетребовательность покупателей. Удельная мощность вентилятора является одним из простых и наглядных показателей энергоэффективности оборудования, который можно легко сравнить и представить в качестве конкурентного преимущества. Его также можно легко измерить на объекте и убедиться в том, что закупленное оборудование соответствует заявленным производителем характеристикам. Параметр SFP является востребованным, если покупатель действительно заинтересован в том, чтобы купить и использовать энергоэффективное оборудование, которое будет минимизировать его дальнейшие расходы в процессе эксплуатации. В условиях технологической конкуренции производители заинтересованы в том, чтобы продемонстрировать покупателям наилучший SFP . Однако на рынке, где идёт в основном ценовая конкуренция и производители заинтересованы в первую очередь

в том, чтобы сделать оборудование максимально простым и дешёвым, не самый лучший показатель SFP можно «спрятать» и не показывать, особенно если локальные нормы проектирования и сам заказчик этого не требуют.

В итоге покупатели приобретают оборудование с невысокой энергоэффективностью. В результате им приходится расплачиваться в течение всего «жизненного цикла оборудования» (Equipment Life Cycle, ELC), что, в свою очередь, ложится дополнительными затратами на стоимость производимой продукции и услуг, делая их неконкурентоспособными перед зарубежными аналогами.

Определение параметра удельной мощности вентилятора

Согласно определению [5], удельная мощность вентилятора SFP — это параметр, выраженный в Вт/(м³/с) или кВт/(м³/с), который указывает эффективность потребления электроэнергии для всех приточных и вытяжных вентиляторов здания. Иными словами, показатель SFP соответствует максимальной электрической мощности, которая необходима для передвижения 1 м³/с в системе вентиляции и кондиционирования здания.

Удельная мощность вентилятора также может быть рассчитана для каждой от-



дельной вентиляционной установки или вентиляторного агрегата. В этом случае показатель индивидуальной вентиляционной установки имеет дополнительный индекс SFP_E , чтобы отличаться от SFP для всего здания.

Удельная мощность вентилятора SFP для всего здания

Удельная мощность вентилятора для всего здания SFP определяется как отношение суммы электрической энергии, потребляемой всеми вентиляторами здания, к полному объёмному расходу воздуха, проходящему через здание при расчётных параметрах:

$$SFP = \frac{\sum N_{пв} + \sum N_{вв}}{L_{\max}}, \text{ Вт/(м}^3/\text{с)}, \quad (1)$$

где SFP — удельная мощность вентилятора, Вт/(м³/с); $\sum N_{пв}$ — суммарная мощность всех приточных вентиляторов при расчётной нагрузке, Вт; $\sum N_{вв}$ — суммарная мощность всех вытяжных вентиляторов при расчётной нагрузке, Вт; $L_{\max}$ — расчётный максимальный расход воздуха через здание (как правило, это расход вытяжного воздуха), м³/с.

При определении SFP для всего здания любые устройства, имеющие вентиляторы, должны быть учтены, когда они входят в состав общей системы воздухообмена. В качестве расчётных параметров нагрузки принимается перепад давления на фильтре, равный средней величине между чистым фильтром и рекомендуемым максимальным перепадом давления для этого фильтра. Также перепад давления на всех остальных компонентах (таких как теплообменник, рекуператор, увлажнитель) принимается меньшим из величин для «сухого» и «мокрого» состояния.

Удельная мощность вентилятора для отдельных вентиляционных установок SFP_E

Для того, чтобы дать возможность проектировщикам быстро определить, будет ли данная вентиляционная установка положительно или отрицательно влиять на общую энергоэффективность, введён показатель SFP_E для отдельного вентиляторного агрегата или вентиляционной установки, причём индекс «Е» в данном случае означает «каждого отдельного вентилятора» (Each Individual Fan).

Используется два варианта расчёта SFP_E — для приточно-вытяжной вентиляционной установки и для отдельных приточных или вытяжных систем. В первом случае подразумевается, что приточно-вытяжная установка имеет рекуперацию тепла (в том числе рециркуляцию).



Приточно-вытяжные вентиляционные установки с рекуперацией тепла

Удельная мощность вентилятора приточно-вытяжной установки SFP_E — это общее количество электроэнергии [Вт], потребляемой электродвигателями вентиляторов вентиляционной установки, делённое на больший из расходов приточного и вытяжного воздуха (но не наружного или выбросного воздуха) [$\text{м}^3/\text{с}$] при расчётных условиях:

$$SFP_E = \frac{N_{\text{пр.эл}} + N_{\text{вв.эл}}}{L_{\text{max}}}, \text{ Вт}/(\text{м}^3/\text{с}), \quad (2)$$

где SFP_E — удельная мощность приточно-вытяжной установки с рекуперацией, $\text{Вт}/(\text{м}^3/\text{с})$; $N_{\text{пр.эл}}$ — потребляемая электрическая мощность приточного вентилятора, Вт; $N_{\text{вв.эл}}$ — потребляемая электрическая мощность вытяжного вентилятора, Вт; L_{max} — больший из расходов приточного или вытяжного воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$.

Примечание: вентиляционная установка с рекуператором с промежуточным теплоносителем, состоящая из двух отдельных вентиляционных установок (приточной и вытяжной), также относится к этой группе оборудования.

Отдельная приточная или вытяжная вентиляционная установка

Удельная мощность отдельной вентиляционной установки SFP_E — это отношение электрической энергии [Вт], подводимой к вентилятору, к расходу воздуха при расчётных условиях [$\text{м}^3/\text{с}$]:

$$SFP_E = \frac{N_{\text{эл}}}{L}, \text{ Вт}/(\text{м}^3/\text{с}), \quad (3)$$

где SFP_E — удельная мощность вентиляционной установки или вентиляторного агрегата, $\text{Вт}/(\text{м}^3/\text{с})$; $N_{\text{эл}}$ — потребляемая электрическая мощность приточного вентилятора, Вт; L — расход воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$.

Удельная мощность вентилятора SFP_V при валидации (тестировании) оборудования после монтажа

Ещё один параметр удельной мощности вентилятора SFP_V , где индекс V означает «валидацию» — тестирование при вводе в эксплуатацию (в общем случае «валидация» — доказательство того, что требования конкретного пользователя продукта, услуги или системы выполнены). Назначение SFP_V состоит в том, чтобы иметь параметр, который можно было бы легко задать при проектировании здания и просто подтвердить (валидировать) при вводе в эксплуатацию системы вентиляции.



Удельная мощность вентилятора SFP_V рассчитывается точно так же, как и SFP_E , но в качестве расчётных параметров тестовой нагрузки принимается сопротивление чистых фильтров и сухих теплообменников и рекуператоров.

Поскольку объёмный расход воздуха, подаваемого вентилятором, сильно зависит от плотности воздуха и скорости вращения вентилятора, полученный SFP_V необходимо будет пересчитать с учётом плотности и скорости вращения вентилятора, принятых при расчёте целевого значения SFP_V .

Удельная мощность вентилятора для систем с фанкойлами

В Великобритании, где системы с фанкойлами очень популярны, локальные строительные правила устанавливают целевые значения для SFP_{FCU} отдельно от SFP .

Это происходит потому, что фанкойлы исключаются из расчёта SFP , поскольку не имеют вентиляционной сети. Фанкойлы с четырёхполюсным асинхронным электродвигателем могут достигать показателя SFP_{FCU} , равного 0,5–0,8 $\text{Вт}/(\text{л}/\text{с})$, в зависимости от холодильной мощности, в то время как фанкойлы с электронно-коммутируемыми (EC) двигателями имеют показатель 0,15–0,4 $\text{Вт}/(\text{л}/\text{с})$:

$$SFP_{\text{фанк}} = \frac{\sum N}{\sum L} = \frac{n_1 N_1 + n_2 N_2 + \dots}{n_1 L_1 + n_2 L_2} = \frac{n_1 N_1 + n_2 N_2 + \dots}{\frac{n_1 L_1}{SFP_{n1}} + \frac{n_2 L_2}{SFP_{n2}}}, \quad (4)$$

где n — количество фанкойлов одного типа и размера.

В России, помимо систем с фанкойлами, широкое применение находят мультизональные VRF-системы с вентиляторными доводчиками. В этом случае можно использовать такой подход и для других систем с местными доводчиками, таких как внутренние блоки кондиционеров.

Итак, сравнивать системы вентиляции и кондиционирования воздуха с фанкойлами, мультизональными блоками VRF, климатическими балками и системами кондиционирования воздуха с рециркуляцией на основании одного лишь показателя SFP становится невозможным. Очевидно, что для корректного сравнения по показателям энергетической эффективности различных принципиальных решений системы вентиляции и кондиционирования воздуха даже для одного и того же здания требуется использование дополнительных параметров, а сравнение различных принципиальных систем для различных зданий требует наличия более сложного подхода и методик.

Пример расчёта SFP для всего здания

табл. 1

Система	Обозначение	Приток, м³/с	Вытяжка, м³/с	Мощность вентилятора, кВт	SFP_E , кВт/(м³/с)
Группа помещений 1	ПВ1-П / ПВ1-В	0,5 / 2,5	– / 0,48	0,98 / 0,85	3,66 / –
Группа помещений 2	ПВ2-П / ПВ2-В	– / –	– / 2,38	3,36 / 3,93	2,92 / –
Санузел 1	В1	–	0,1	0,06	0,6
Санузел 2	В2	–	0,09	0,06	0,67
Кухня	В3	–	0,11	0,06	0,55
Итого		3,0	3,16	9,30	–

Примечание: $SFP = 9,3/3,16 = 2,94$ кВт/(м³/с) = 2940 Вт/(м³/с).

Классификация категорий удельной мощности вентилятора

табл. 2

Категория	$NSFP_E$, Вт/(м³/с)	Категория	$NSFP_E$, Вт/(м³/с)
SFP1	< 500	SFP5	2000–3000
SFP2	500–750	SFP6	3000–4500
SFP3	750–1250	SFP7	> 4500
SFP4	1250–2000		

Пример расчёта удельной мощности вентилятора для всего здания

Формула (1) используется с суммарным значением расхода воздуха для всего здания и с суммарной мощностью, потребляемой всеми вентиляционными установками здания для обеспечения воздухообмена. В расчёт включаются приточные и вытяжные вентиляторы общеобменной вентиляции, вытяжные вентиляторы систем местных отсосов, кухонные вытяжки и вентиляторы без подключения к воздуховодам (настенные или крышные вентиляторы). Но местные доводчики (рециркуляционные вентиляторные блоки), такие как потолочные вентиляторы, фанкойлы (без воздуховодов), мультizonальные системы VRF, не включены в стандартное определение. Это сделано потому, что эти блоки не обеспечивают необходимый расчётный воздухообмен в здании.

В табл.1 приведён пример расчёта удельной мощности вентилятора для всего здания [6]. Если система вентиляции имеет дисбаланс, в качестве расчётного расхода воздуха принимается большая величина из суммарного расхода приточного воздуха и вытяжного воздуха. В данном примере удельная мощность вентилятора для всего здания SFP составила 2940 Вт/(м³/с).



Практическое применение удельной мощности вентилятора SFP

Помимо использования параметра SFP_V при валидации (тестировании при вводе в эксплуатацию), удельная мощность вентилятора может быть полезной для решения других задач в ходе проектирования и закупки оборудования.

Сравнение с нормируемыми показателями. Нормируемые показатели SFP устанавливаются локальными нормами каждой страны в рамках государственных политик энергосбережения. Также SFP используется для контроля заказчиками и застройщиками энергетических показателей системы вентиляции здания.

Удельная мощность вентилятора SFP зависит от создаваемого напора, эффективности вентилятора, электродвигателя и механической передачи. Создаваемый напор включает напор для преодоления аэродинамического сопротивления всех компонентов вентустановки

Национальные нормы каждой страны могут предъявлять требования, выраженные в указании минимальной приемлемой категории или некоторого максимального значения SFP для всего здания либо отдельных вентустановок.

По умолчанию стандарт [2] устанавливает семь категорий удельной мощности вентилятора для отдельной вентиляционной установки (табл. 2).

В переведённом нормативе (непосредственно в табл. 17 [1]) классификация SFP также приведена, но в укороченном виде с классами SFP1–SFP5. Согласно приве-

дённому в табл.1 примеру, система вентиляции здания имеет показатель SFP , соответствующий классу SFP5.

В разделе А.12.1 [1] представлена таблица рекомендуемых типовых значений удельной мощности вентилятора, которая согласно [2] должна применяться для валидации, при этом во всём тексте используется обозначение SPF вместо SFP , что вносит определённую путаницу, а указанные значения не соответствуют оригиналу, то есть табл. D.2 [2].

Других документов, устанавливающих целевые показатели $NSFP_E$, в российской нормативной базе нет, поэтому нормирование данного показателя является добровольным и может выполняться по инициативе заказчика или застройщика объекта, а также при сооружении объектов с зарубежными инвестициями.

Повышение эффективности отдельных установок. Данные, представленные в табл. 1, показывают, что самая низкая удельная мощность вентилятора в системе ПВ1 составляет величину:

$$SFP_E = 3,66 \text{ кВт/(м³/с)}.$$

Поэтому, в случае необходимости снижения энергопотребления всего здания, необходимо улучшить показатель именно этой системы.

Удельная мощность вентилятора SFP зависит от создаваемого напора, эффективности вентилятора, электродвигателя и механической передачи. В свою очередь, создаваемый напор включает две составляющие: напор для преодоления аэродинамического сопротивления всех компонентов вентиляционной установки и свободный напор на сеть. Для снижения SFP_E можно выполнить ряд мероприятий:

1. Увеличить типоразмер вентиляционной установки, чтобы снизить её внутреннее аэродинамическое сопротивление.
2. Проверить рабочие точки вентиляторов и их типоразмер и убедиться в том, что вентиляторы не переразмерены, так как использование вентилятора повышенного типоразмера часто означает его работу в зоне с меньшим КПД относительно максимального возможного.
3. Использовать электродвигатель более высокого класса энергоэффективности, который обладает большим КПД.
4. Снизить аэродинамическое сопротивление воздухораспределительной сети — это можно сделать, если провести тщательный анализ местных сопротивлений, оптимизировать трассировку и подобрать фасонные элементы с минимальными коэффициентами местного сопротивления, а также оптимизировать конструкцию воздухозаборных и воздуховыпускных элементов.

5. Если в системе используются отдельные вентиляторы (вентиляторные агрегаты), то необходимо подобрать переходы для соединения вентилятора с сетью так, чтобы обеспечить минимальное значение «системного фактора» [4].

6. Если это не противоречит строительным правилам и нормам, то желательно объединить несколько маленьких систем вентиляции в одну большую, поскольку КПД вентиляторного агрегата для большой системы, как правило, выше.

7. И, наконец, можно выбрать другого производителя вентиляционной установки, который предлагает более энергоэффективное оборудование.

Сравнение оборудования различных производителей. При запросе оборудования у поставщика проектировщик обычно указывает свободный напор на сеть и необходимый расход воздуха с учётом потерь на неплотности воздухоподводящей сети.

Именно производитель задаёт большую часть составляющих, которые определяют SFP вентиляции. И оборудование различных производителей может значительно отличаться

В свою очередь, производитель определяет и задаёт поперечное сечение установки, типы фильтров, шаг оребрения теплообменников, сопротивление рекуператоров, конструкцию шумоглушителей и т.д. Также производитель предлагает вентилятор, электродвигатель, а иногда и устройство регулирования производительности вентилятора. Таким образом, именно производитель задаёт большую часть составляющих, которые определяют SFP вентиляционной установки. В результате оборудование различных производителей может значительно отличаться, как по цене, так и по энергоэффективности, а значит по дальнейшим затратам в процессе эксплуатации и стоимости жизненного цикла (LCC).

Чтобы быстро и удобно сравнить различные варианты вентиляционной установки, используется удельная мощность вентилятора SFP_E . При этом есть возможность сравнить отдельную установку или весь комплект оборудования для всего проекта. Несколько сложнее использовать SFP при сравнении установок с рекуператорами, так как здесь нужно убедиться, что рекуператоры обладают одинаковой эффективностью, или провести сравнение с учётом разной эффективности.



Заключение

Использование параметра удельной мощности вентилятора SFP позволяет оценить стоимость перемещения воздуха в системе вентиляции всего здания. Это может быть полезным для:

- повышения энергоэффективности системы вентиляции и кондиционирования воздуха на этапе разработки концепции и проектирования;
- выполнения экономических расчётов и обоснования применяемых решений;
- сравнения оборудования различных производителей и вариантов компоновки систем, оптимизации устройств рекуперации тепла и холода.

Показатель SFP может быть установлен заказчиком в качестве целевого при выполнении проектных работ, с целью снижения энергопотребления в процессе эксплуатации, за счёт установки, определения и ограничения максимальной мощности, потребляемой электродвигателями вентиляторов, а также использован при обосновании выбора поставщиков (производителей) и моделей оборудования.

В рамках реализации государственных стратегий энергосбережения представляется перспективным включение нормированных значений SFP в отечественную нормативную базу. Но делать это нужно не только на базе зарубежных норм. Для этого требуется провести более детальный анализ существующих и вновь создаваемых систем вентиляции с целью уточнения актуальных нормируемых значений, в соответствии с реальной технико-экономической ситуацией в стране.

Ещё одно применение параметра SFP должен найти в цифровых моделях инженерных систем зданий. В последние годы активно развиваются BIM-технологии проектирования, которые позволяют получить заказчику не только комплект чертежей, но и полную информационную модель здания. Чтобы эта информацион-

ная модель была полноценной и полезной, она должна предоставлять возможность получить значения расходов тепла и электроэнергии на работу систем отопления, вентиляции, кондиционирования (ОВиК) и холодоснабжения в течение всего срока эксплуатации.

В свою очередь, эти данные будут основой для экономического расчёта стоимости жизненного цикла всей системы. В этом случае в процессе проектирования можно будет сразу увидеть, как замена трассировки воздуховодов или применение другого оборудования и технических решений скажется на стоимости эксплуатации и стоимости жизненного цикла соответствующей системы, что позволит создавать более энергоэффективные системы ОВиК и холодоснабжения.

На сегодняшний день большинство семейств оборудования (цифровых и графических моделей), например, в программе Autodesk Revit, не имеет параметров, отображающих энергетические характеристики во всех рабочих режимах или позволяющих их рассчитать. Чтобы BIM-модель систем ОВиК и холодоснабжения позволяла получать информацию об энергопотреблении, всё моделируемое оборудование должно содержать соответствующие параметры, список которых в настоящее время не определён.

Кроме того, нужна комплексная методика обработки и сбора всех параметров различного оборудования в единую энергетическую модель, которая будет обеспечивать динамические расчёты при любых текущих нагрузках.

Одним из основных параметров для выполнения подобных расчётов как раз и может быть удельная мощность вентилятора (Specific Fan Power, SFP). ●

1. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования / Дата введ.: 01.10.2008.
 2. EC Standard for Ventilation 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings — Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems [Вентиляция для нежилых зданий. Требования к производительности систем вентиляции и кондиционирования помещений]. Withdr. date: August 9, 2017, repl. by EN 16798-3:2017 “Energy performance of buildings” [Энергетические показатели зданий] on June 8, 2022.
 3. Методика расчёта энергетической эффективности систем вентиляции жилых и общественных зданий: Метод. пособие. — М.: Минстрой России; НИИСФ РААСН, 2018.
 4. Москвитин Ю.Г. Соединение вентилятора с сетью, или Учёт системного фактора // АВОК, 2016. №5. С. 18–23.
 5. Design of energy efficient ventilation and air-conditioning systems: The REHVA guidebook. Issue 17. Brussel, Belgium. 2012. 94 p.
 6. Schild P.G., Mysen M. Recommendations on specific fan power and fan system efficiency. IEA Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme. Technical note AIVC 65. Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC). Zaventem, Belgium. 2009. 42 p.
- References — see page 80.

Specific fan power. Definition and prospects of using. Pp. 56–60.

Vitaly A. Volkov, PhD, senior lecturer, [National Research University "Moscow Power Engineering Institute" \(NRU "MPEI"\)](#); **Elena V. Tseplyaeva**, PhD, Associate Professor, the Department of Heat and Mass Transfer Processes and Installations, deputy head of the Department of Training of Scientific Personnel of [NRU "MPEI"](#); **Alexander Ya. Shelginsky**, Doctor of Technical Sciences, Professor, the Department of Industrial Thermal Power Systems of [NRU "MPEI"](#)

1. *GOST R EN 13779–2007 [State Industry Standard of Russia No. 13779–2007]. Ventiljacija v nezhilnyh zdaniyah. Tehnicheskie trebovanija k sistemam ventiljacii i konditsionirovanija [Ventilation in non-residential buildings. Technical requirements for ventilation and air conditioning systems]. Date of init.: October 1, 2008. [In Russian]*
2. EC Standard for Ventilation 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings — Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. Withdr. date: August 9, 2017, repl. by EN 16798-3:2017 on June 8, 2022.
3. *Metodika rascheta jenergeticheskoy jeffektivnosti sistem ventiljacii zhilyh i obshhestvennyh zdaniy: Metod. posobie [Methodology for calculating the energy efficiency of ventilation systems in residential and public buildings: A methodological guide]. Moscow. Minstroj Rossii [Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation]; NIISF RAASN ["Research Institute of Building Physics of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences" Federal State Budgetary Institution]. 2018. [In Russian]*
4. Ju.G. Moskovko. *Soedinenie ventiljatora s set'ju, ili Uchet sistemnogo faktora [Connecting the fan to the network, or Taking into account the system factor]. AVOK [Journal of the Russian Association of Engineers for Heating, Ventilation, Air-Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics (ABOK)]. 2016. No. 5. Pp. 18–23. [In Russian]*
5. Design of energy efficient ventilation and air-conditioning systems: The REHVA guidebook. Issue 17. Brussel, Belgium. 2012. 94 p.
6. P.G. Schild, M. Mysen. Recommendations on specific fan power and fan system efficiency. International Energy Agency (IEA) Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme. Technical note AIVC 65. Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC). Zaventem, Belgium. 2009. 42 p.