

УДК 66.042.882

## ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ РЕКУПЕРАТОРЫ ТЕПЛА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА. СПРОС РОЖДАЕТ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

Барон В.Г., канд. техн. наук, профессор, директор ООО «Теплообмен» (Севастополь)

### Постановка задачи

За последние 5–7 лет сформировался устойчивый спрос на децентрализованные рекуператоры тепла вентиляционного воздуха. Данный факт легко объяснить: с одной стороны, люди уже ощутили издержки использования высокоплотных энергосберегающих окон без элементов вентиляции, а с другой — попытки организовать необходимый воздухообмен при наличии таких окон путем применения различных технических решений (от элементарной функции зимнего проветривания до существенно более сложных, интегрированных в структуру оконных переплетов, микропроветривателей) показали, что, как минимум, страдает энергосберегающая функция окон, а в более простых случаях возникает еще и тепловой дискомфорт.

Очевидно, что пребывание в помещении, где нет вентиляции, не особенно комфортно даже в течение непродолжительного времени — ухудшается самочувствие, в случае длительно и/или регулярного пребывания возникает устойчивое расстройство здоровья. При этом ни одно из предлагаемых решений этой проблемы не может быть признано удовлетворительным, единственное исключение — децентрализованные рекуператоры тепла вентиляционного воздуха. Их применение совместно с современными энергосберегающими окнами представляется тем редким сочетанием, когда удастся удовлетворить оба требования. Постепенное признание необходимости использования децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха имело кумулятивный эффект: интерес к таким рекуператорам успешно поддерживали своими действиями их производители. В результате этими устройствами стали интересоваться не только профессионалы, работающие в области климатотехники, но и обычные потребители (владельцы коттеджей, офисов, небольших спортзалов, минигостиниц, парикмахерских и даже квартир), которым неизвестны основы теплотехники и аэродинамики. В полном соответствии с законами рынка устойчи-

вый платежеспособный спрос сформировал встречное предложение. На рынке появилось большое количество достаточно разнообразных устройств, которые, согласно информации их производителей, обеспечивают решение проблемы воздухообмена в помещении, энергосбережение и тепловой комфорт.

Естественно, все потенциальные потребители не могут, да и не должны разбираться в конструктивно-технологических особенностях разнообразных рекуператоров. Они могут лишь ориентироваться на рекламные материалы, более или менее активно распространяемые производителями. Однако любой покупатель хочет понять, насколько удачен его выбор конкретной модели. И приобретение децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха — не исключение. К нам, как разработчикам и производителям рекуператора «ТеФо», относящегося к таким устройствам, регулярно обращаются потенциальные покупатели, которые выбирают модель рекуператора и хотят, чтобы мы сравнили свое изделие с аналогами других производителей. Подобные обсуждения разворачиваются довольно часто, но сами по себе малопродуктивны: объяснить все тонкости, доступные профессионалам, как правило, не удается, особенно в процессе телефонного разговора. Для того чтобы решить этот вопрос, на своем сайте ttai.ru мы создали раздел «Ответы на вопросы», несколько лет назад в журнале «Рынок инсталляций» (Львов) была опубликована серия статей на эту тему. Очевидно, сегодня существует необходимость еще раз публично изложить свое мнение по вопросу: Какой децентрализованный рекуператор лучше? Не сомневаемся, что каждый производитель имеет свое мнение на этот счет и, вероятно, оно не во всем совпадет с нашим мнением. Как известно, чем большим объемом информации владеет лицо, принимающее решение, тем последнее эффективнее. Эта очевидная истина позволяет нам надеяться, что вслед за этой статьей появятся и другие публикации, более детально и обоснованно описывающие рассмотренные нами вопросы

или те аспекты, которые мы не затронули. В настоящей статье мы попробуем проанализировать указанные рекуператоры с точки зрения выполнения ими своего основного предназначения — вентиляции помещения в сочетании с высокоэффективным энергосбережением, оговоренным расходом воздуха и максимально возможным соответствием санитарно-гигиеническим требованиям. Безусловным приоритетом является также гарантированная работоспособность в тех природных условиях, когда потребность в работе рекуператорах наиболее актуальна. Именно на эти характеристики рекуператоров мы обратим внимание читателей. Такие характеристики рекуператоров, как внешний вид, удобство первичной установки на объекте и ряд других второстепенных вопросов, оставлены за рамками данной публикации.

Итак, рекуператор должен:

- обеспечивать заявленный воздухообмен;
- обеспечивать указанную степень рекуперации, то есть эффект энергосбережения (в упрощенном варианте под этим понимается отношение изменения в рекуператоре температуры поступающего воздуха к разнице температур воздуха в помещении и вне помещения);
- не ухудшать качество поступающего воздуха;
- иметь гарантированную работоспособность при тех температурах, когда имеется наиболее острая потребность в его использовании.

### Какие бывают рекуператоры?

Считаем необходимым подчеркнуть, что настоящая статья не претендует на исчерпывающее изложение вопроса в силу ограниченности объема. Тем не менее рассмотреть основные особенности тех рекуператоров, о которых чаще всего спрашивают потенциальные потребители, представляется вполне возможным. Нижеприведенная классификация весьма условна и использована лишь для того, чтобы уточнить, на что обращать внимание при выборе рекуператора.

Сразу оговоримся, что рассматривать положительные стороны того или иного рекуператора мы не будем, это успешно делают их производители. Мы считаем необходимым раскрыть проблемы, которые склонны замалчивать производители, и откровенно недостоверные сведения, ведь эта статья призвана ознакомить потенциального покупателя с характеристиками того или иного изделия, не воспринимая его однобоко, только с положительной стороны. Не зря же существует поговорка об оборотной стороне медали, и кто-то должен хоть обозначить какие-то черты этой оборотной стороны.

### Рекуператоры с тканевыми перегородками, разделяющими потоки удаляемого и подаваемого в помещение воздуха

Существуют рекуператоры, в которых потоки удаляемого и поступающего воздуха разделяются перегородками, выполненными из ткани. Такие перегородки, составляющие теплопередающий элемент рекуператора, образуются путем складывания специальной ткани в гармошку, по обе стороны от каждой образующейся фалды движутся навстречу друг другу потоки удаляемого и поступающего воздуха. Сами рекуператоры имеют достаточно большие размеры и достаточно высокую тепловую эффективность. Тем не менее, их достаточно сложно вписать в интерьер помещения, где соблюдаются современные требования по дизайну. На наш взгляд, этот недостаток не стоит считать главным. Основная проблема таких рекуператоров связана с санитарно-гигиеническими требованиями. Нет нужды убеждать читателей, что висящая в виде множества фалд ткань является хорошим пылесборником. Вдоль поверхности этой ткани постоянно, но не очень быстро движется теплый и влажный воздух, последнее важно, так как создаются почти идеальные условия для зарождения и развития колоний различных микроорганизмов. Производители рекуператоров осознают эту проблему и подчеркивают (как преимущество своей разработки) то, что ткань можно стирать в обычной бытовой стиральной машине. Однако потребителю стоит честно ответить на вопрос: будет ли регулярно и часто (видимо, не реже одного раза в месяц) осуществляться разборка рекуператора, стирка ткани и сборка аппарата? Весьма маловероятно, что этот регламент будет соблюдаться. Значит, такой рекуператор является потенциально опасным с точки зрения создания болезнетворного микроклимата в помещении.

### Рекуператоры с пластиковыми перегородками-пластинами

На рынке существуют легкие, компактные и высокоэффективные рекуператоры, в которых теплопередающий элемент состоит из пластиковых перегородок (вероятно, из особого типа полиэтилена). Очевидным недостатком этих рекуператоров является фактическая невозможность подвергнуть очистке теплопередающий элемент. И это отражено в инструкции по эксплуатации: запрещено применять чистящие и дезинфицирующие растворы, теплопередающий элемент рекомендуют промывать теплым мыльным рас-

твором. Едва ли такой вид очистки можно признать достаточно эффективным. Между тем возможность качественной очистки таких рекуператоров весьма важна, так как их конструкция не позволяет применять те или иные способы исключить или снизить динамику образования отложений на поверхности пластин.

Есть и другие ограничения: например, производители не рекомендуют подвергать теплопередающий элемент воздействию ультрафиолетовых лучей, в том числе устанавливать так, чтобы на них падали прямые солнечные лучи. Сами фирмы существенно ограничивают ресурсные характеристики своего изделия: срок службы — 10 лет. Обратите внимание: не гарантийный срок, а срок службы! Также следует обратить внимание на температурный диапазон работоспособности: рекуператор не должен работать при температурах выше +40 °С и ниже — 10 °С. Представляется, что описанные ограничения сводят на нет ряд бесспорных преимуществ, о которых пишут их производители.

#### **Рекуператоры с металлическими теплопередающими элементами**

##### *Рекуператоры трубчатого типа «ТеФо»*

О рекуператорах типа «ТеФо», в которых передача тепловой энергии от удаляемого к поступающему потоку воздуха осуществляется гарантированно, без физического контакта этих потоков, а теплопередающий элемент собран из нержавеющей труб, писать в настоящей статье считаем некорректным. Причина проста: мы являемся разработчиками и производителями рекуператоров ТеФо. Соответствующую информацию можно найти на нашем сайте [ttai.ru](http://ttai.ru) или у производителей других рекуператоров (во втором случае можно будет получить наиболее полный набор как существующих, так и не существующих недостатков ТеФо).

##### *Рекуператоры пластинчатого типа*

**Рекуператоры, передающие тепловую энергию без физического контакта удаляемого и поступающего потоков воздуха.** Рекуператоры пластинчатого типа с металлическими пластинами наиболее широко распространены. Варьируют марка металла, схема движения потоков воздуха, геометрические характеристики каналов и некоторые другие особенности.

Недостатки данного оборудования имеют много общего:

Из-за весьма малых в поперечнике сечения каналов предъявляются высокие требования к качеству движущегося воздуха (воздух не должен содержать макрозагрязнителей, которые могут перекрыть часть каналов, например пыльца деревьев).

Наличие «холодного» угла создает проблемы с удалением образующегося конденсата и образованием наледи.

Неравномерная эпюра скоростей движущегося воздуха способствует возникновению застойных зон, где, ввиду пониженных скоростей воздуха, происходит накопление пыли и иных загрязнителей, что, в свою очередь, приводит к возникновению и развитию колоний болезнетворных микроорганизмов, осуществляющих вторичное, причем бактериальное, загрязнение поступающего воздуха.

**Рекуператоры, передающие тепловую энергию посредством периодического контакта теплопередающей поверхности то с удаляемым потоком воздуха, то с поступающим (при наличии опосредованного физического контакта двух потоков).** На сегодня можно уверенно выделить два типичных варианта реализации технического решения рекуператоров регенеративного типа — с движущимися теплопередающими элементами и с неподвижными теплопередающими элементами.

Модель с движущимися теплопередающими элементами функционирует за счет того, что благодаря движению отдельные части теплопередающего элемента поочередно вносятся то в поток удаляемого, то в поток поступающего воздуха. Бесспорно, есть возможность обеспечивать весьма высокие степени рекуперации. Вместе с тем для такого рекуператора характерны большие габариты, значительная металлоемкость и повышенное энергопотребление, не говоря уже о том, что любой механизм с движущимися элементами менее надежен, чем с неподвижными.

Модель с неподвижными теплопередающими элементами работает в силу того, что через теплопередающий элемент движется поток то удаляемого воздуха, то поступающего воздуха. Установка обладает незначительными размерами, позволяющими расположить ее, например, в толще стены, и бесспорно надежна и не энергоемка. Недостатками можно считать следующее:

- невозможность обеспечить степени рекуперации, сопоставимые с предыдущей моделью (реально достижимые, усредненные за установившийся цикл степени рекуперации будут находиться на уровне 50 %, это принято считать нижней границей для оборудования, относимого к рекуператорам тепла вентиляционного воздуха);

- необходимость использовать два таких рекуператора, работающих в противофазе, для полноценного результата (следовательно, техническое решение обходится дороже и становится сложнее, так как требует синхронизации работы этих двух устройств).

Однако общим для обоих вариантов и при том наиболее существенным недостатком, в принципе исключающим применение рекуператоров регенеративного типа на объектах нескольких типов, является тот факт, что два потока воздуха, удаляемый из помещения и поступающий туда, постоянно, хоть и опосредованно, вступают в физический контакт друг с другом. Это создает реальную опасность загрязнения поступающего воздуха в случае, если удаляемый воздух имеет нежелательные включения.

#### **Почти рекуператор с почти реализуемой функцией вентиляции помещений**

В рамках данной статьи стоит отдельно рассмотреть изделие, разработанное несколько лет назад на территории одной из крупных стран СНГ, позиционируемое его изготовителями как рекуператор тепла вентиляционного воздуха и активно в этом качестве продвигаемое самыми различными методами. Фактически оно не является ни рекуператором в принятом среди специалистов-климатотехников понимании, ни проветривателем помещений. И, кроме того, детальное описание его отрицательных сторон, ввиду их неочевидности, потребует наибольшего по сравнению с другими изделиями объема информации. Однако вопросы относительного этого «рекуператора», встречающиеся буквально в каждом обращении потенциальных потребителей рекуператоров, побудили нас рассмотреть и это изделие.

Речь идет о рекуператоре, внешне представляющем из себя трубу (корпус) с вентиляторами на обоих концах. Практически вне зависимости от типоразмера трубы, то бишь рекуператоры, имеют почти одинаковую длину — примерно 500 мм. Как правило, устройство располагается в толще стены таким образом, что один конец трубы с одним вентилятором оказывается на плоскости наружной поверхности стены, а другой — на плоскости внутренней поверхности стены.

Производители указывают достаточно привлекательные характеристики своих изделий: степень рекуперации не ниже 75 %, весьма значительные объемы удаляемого и поступающего потоков воздуха. Правда, эти цифры носят совершенно декларативный характер и заявлены абсолютно голословно: никаких документов, под-

тверждающих проведение соответствующих испытаний в признанных испытательных центрах, не предоставляется, — но потребители ориентируются на эти характеристики, не предполагая, что они являются недостоверными и — сознательно или нет — вводят потребителя в заблуждение. Специалисты-теплотехники понимают, что эти цифры являются либо откровенной ложью производителя, либо результатом его глубокого заблуждения, порожденного непрофессионализмом. К сожалению, далеко не все потребители — специалисты-теплотехники, поэтому этот вопрос стоит раскрыть более детально. Выполненные несколькими специалистами в разных городах, независимо друг от друга и по различным, но применяемым методикам, тепловые расчеты теплопередающих элементов, идентичных тем, из которых состоит рассматриваемый рекуператор, дали примерно одинаковые результаты: диапазон полученных значений степени рекуперации находится в пределах от 42 до 47 %, то есть можно считать, что он равен 45 %. Таким образом, это вообще не рекуператоры: в климатотехнике таковыми принято считать устройства, обеспечивающие степень рекуперации не ниже 50 % (даже рекуператоры с промежуточным контуром имеют степень рекуперации на уровне 50 %).

Если не предполагать столь откровенный обман потребителя и ориентироваться на информацию производителя этих устройств о проведении испытаний, в ходе которых были получены заявленные степени рекуперации на уровне 75 %, имеет смысл попытаться понять источник возникновения столь значительной ошибки производителя. Детальный анализ конструкции позволяет сделать достаточно обоснованные выводы.

Отверстия для забора воздуха в рекуператор и удаления воздуха из него находятся практически в одной плоскости: отверстие удаляемого воздуха выходит за плоскость отверстия для забора воздуха на 20–30 мм, причем эти отверстия коаксиальны, снабжены декоративными рассеивающими решетками, отверстие для удаления воздуха из рекуператора находится в центре коаксиального сечения. Из учебника по строительной теплофизике известно, что воздух засасывается в отверстие из окрестности, равной примерно радиусу этого отверстия (в рассматриваемом случае эта область будет не меньше 30–40 мм). Следовательно, часть воздуха, который удаляется из помещения, должен был, пройдя рекуператор, покинуть его и рассеяться в наружной окружающей среде, засосется обратно в рекуператор и вернется в помещение. Симметричное явление, но с обратным знаком, будет иметь место на противоположном конце трубы: часть наружного воздуха, который должен

был, пройдя рекуператор, покинуть его и попасть в помещение, засосется обратно в рекуператор и будет выброшен в окружающую среду. Таким образом, на двух концах этого рекуператора короткозамкнутый цикл, реализация которого радикально уменьшает эффект вентилирования помещения. Однако это не очевидно для рядового потребителя и не может быть зафиксировано доступными ему средствами измерения, на что, видимо, и рассчитывают производители этих изделий.

Кстати, в связи с указанной особенностью рассматриваемых рекуператоров можно обратить внимание заинтересовавшихся на то, как выполняются коаксиальные трубы котлов с закрытой камерой горения. По сути, там реализуется точно такой же вариант: коаксиально установлены две трубы, по центральной из которых удаляются отработанные газы, а в охватывающую трубу поступает наружный воздух. В нашем случае центральная труба выступает от конца охватывающей трубы на 200–250 мм!

Но рассмотренная причина далеко не исчерпывает неприглядную картину этих рекуператоров. Имеется и другая: Кроме двух рассмотренных зон смещения потоков поступающего в помещение и удаляемого из него воздуха, внутри корпуса (что делает их совершенно неочевидными) имеются еще две дополнительные аналогичные зоны. Однако наличие этих двух последних становится понятным только при более детальном знакомстве с внутренним устройством этих рекуператоров. Дело в том, что каналы для прохода потоков воздуха образованы системой металлических ребер, торцы которых упираются в ограничительные пластины на концах трубы — корпуса рекуператора. И здесь имеется вторая возможность подмеса одного потока в другой. Ведь линии соприкосновения упирающихся торцов ребер в ограничительную пластину не уплотнены должным образом (простой контакт даже хорошо обработанных поверхностей не обеспечивает надежное разделение полостей). И именно в этих местах (причем с обоих концов трубы — корпуса рекуператора) создаются идеальные с точки зрения побудительных сил для подмеса условия: здесь имеет место наибольший градиент давлений двух потоков относительно друг друга. На том конце рекуператора, который выходит на улицу, через эти неплотности наружный воздух немедленно попадает в тракт удаляемого воздуха. В то же время удаляемый воздух, но уже на конце рекуператора, обращенном в сторону помещения, точно так же попадает в тракт поступающего в помещение воздуха. Следует подчеркнуть, что если первая причина подмеса более-менее очевидна и ее можно ликвидировать при проведении кор-

ректных теплотехнических испытаний рекуператора, то вторая причина совсем не очевидна, так как находится внутри корпуса изделия, и ее влияние не удастся устранить при проведении даже вполне корректных испытаний изделия.

Таким образом, рассматриваемое изделие не только имеет степень рекуперации ниже предельного уровня, принятого для рекуператоров тепла вентиляционного воздуха, что вообще-то не позволяет именовать это изделие рекуператором, но и обеспечивает прямое загрязнение поступающего в помещение свежего воздуха значительным подмесом отработанного воздуха. Причем степень загрязнения во много раз больше, чем в вышеупомянутых регенеративных устройствах (применение которых запрещено для ряда объектов именно по этой причине).

Однако что значит «значительный подмес»? Можно ли это качественное понятие облечь в цифры и сделать количественным?

Можно, если поверить на слово производителям этих изделий о том, что они самостоятельно провели испытания своих изделий и измеренные температуры позволили им сделать вывод о степени рекуперации 75 %.

Проведение простых арифметических расчетов, базирующихся на совместном анализе теплового и материального балансов, в основу которых составляет усредненная правдоподобная степень рекуперации (45 %) и вычисленная производителями этих изделий степень рекуперации (75 %), позволяет количественно определить степень подмеса одного потока воздуха в другой. Эти несложные расчеты дают значение подмеса — 54,5 %. Следовательно, это изделие не только не рекуператор (т.к. степень рекуперации ниже 50,0 %), но даже и не проветриватель: степень подмеса равна упомянутым 54,5 %, а значит? доля свежего воздуха, то есть собственно проветривание, составляет менее 50,0 % (а именно 45,5 %).

Выше были рассмотрены теплотехнические проблемные стороны анализируемого «рекуператора». Видимо необходимо хоть и коротко, конспективно, но отметить и иные вопросы об этом изделии, на которые пока нет удовлетворительного ответа.

Один из вентиляторов в этом «рекуператоре» установлен на его наружной стороне, то есть контактирует с окружающей средой. Однако известно, что такого рода вентиляторы работоспособны при неотрицательных температурах и не способны стартовать в состоянии покоя при температурах на уровне  $-10...-15$  °С). Но ведь именно начиная с отрицательных температур возрастает актуальность применения рекуператора, и чем ниже температура, тем важнее работоспособ-

ность рекуператора. Так кому нужен рекуператор, не работоспособный именно тогда, когда он нужен больше всего?

Как отмечено выше, один из вентиляторов установлен на наружной стороне «рекуператора». Представляется, что это излишне смелое, чтобы не сказать безответственное, конструкторское решение, учитывая способ установки этого рекуператора (в толще стены с выходом наружной стороны рекуператора на внешнюю плоскость стены). Действительно, это решение обязательно вызовет вопрос: а что делать потребителю, когда настанет время менять вышедший из строя вентилятор? Ни у кого не вызывает сомнения, что в этом рекуператоре все основные элементы могут служить десятилетия. Но только не вентиляторы. Скорее всего, он выйдет из строя через два-три года. Хорошо, если речь идет об одноэтажном коттедже или о квартире, расположенной на первом этаже. А если это трехэтажный коттедж или, страшно подумать, квартира, расположенная на 21-м этаже? Как достаточно регулярно менять вентилятор? Вызывать промышленных альпинистов или вертолет? Или каждый раз извлекать все изделие из стены, а потом вставлять обратно?

Поэтому, резюмируя вышеизложенное об этом «рекуператоре», хочется написать: «Остерегайтесь подделок!» — ибо последний из рассмотренных в данной статье рекуператоров вообще не является рекуператором, а неудачной подделкой под настоящий рекуператор.

#### **Выводы**

Приведенные выше соображения призваны помочь потребителю сделать правильный выбор. Ведь если немногие потребители, не располагая достаточной информацией (и в первую очередь критического характера), сделают неправильный выбор, то ничего плохого по большому счету не произойдет, но если по этим же причинам ошибется массовый покупатель, то это уже нанесет существенный вред, в том числе и на общегосударственном уровне. Ведь в таком случае спустя несколько лет в массовом сознании укрепится мысль, что энергосбережение при проветривании — выдумки заинтересованных лиц. Тем самым будет дискредитирована очень хорошая и полезная идея. Надо постараться этого не допустить.