

ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ

Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – эффективное энергосбережение или неоправданное расточительство

К.т.н. В.Г. Барон, директор, ООО «Теплообмен», г. Севастополь

Проблема энергосбережения и энергоэффективности из разряда умозрительной, лежащей в области интересов узкого круга профессионалов, в последнее время решительно и безоговорочно перешла в область интересов не только широких масс общественности, но и вышла на самый высокий межгосударственный, более того, планетарный уровень. Подтверждением тому служит включение вопросов энергообеспечения в повестку дня саммита Большой Восьмерки летом 2006 г.

Острота проблемы не могла не интенсифицировать работы по внедрению в практику отопления и кондиционирования зданий и сооружений ранее почти не применявшихся на территории СНГ машин и устройств, способных обеспечить снижение необходимого уровня энергопотребления при сохранении современных требований к тепловому комфорту.

Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – что это?

К числу таких устройств относятся и рекуператоры тепла вентиляционного воздуха. Но если центральные рекуператоры, пусть и в ограниченных количествах, применялись еще с советских времен и на сегодня более или менее известны, то децентрализованные рекуператоры еще совсем недавно промышленностью не выпускались, т.к. по объективным причинам не были востребованы, а потому были не известны не только потребителям, но и специалистам, работающим в соответствующих областях техники. Ситуация радикально изменилась с появлением современных, высококачественных окон с высокоплотными притворами и стеклопакетами, а в последнее время, на наш взгляд, резко обостряется и вопрос использования децентрализованных рекуператоров, который может выйти на уровень вопросов, требующих первоочередного решения.

Действительно, применение современных, энергосберегающих окон, как это ни прискорбно признавать и что все еще продолжает замалчи-

ваться их производителями, несет с собой и существенные проблемы. Причем это многоплановые проблемы, лежащие как в области охраны здоровья людей, находящихся в помещениях, оборудованных такими окнами, так и области сохранности самих зданий, в которых имеются такие окна [1]. Кратко можно напомнить, что применение таких окон без сопряженных специальных мер по обеспечению контролируемой принудительной вентиляции ведет к изменению качественного состава воздуха в помещениях (снижается уровень кислорода, повышается содержание углекислого газа, радона и пр.), что отрицательно сказывается и на текущем самочувствии, и на общем состоянии здоровья людей. Кроме того, применение таких окон приводит, как правило, к росту влажности в помещениях, обуславливающей появление и развитие (в дальнейшем очень трудно удаляемой) плесени, т.е. колоний грибов, что имеет двояко проявляющиеся, отсроченные негативные последствия. Во-первых, некоторые виды плесневых грибов смертельно опасны для человека и, во-вторых, все виды плесневых грибов оказывают разрушительное воздействие на строительные конструкции зданий и сооружений. В Европе в связи с начавшимся, после замены ранее установленных окон на современные энергосберегающие, ускоренным процессом разрушения зданий, стоявших до этого столетия, даже сформировался термин «синдром больного здания» и в настоящее время запрещена установка таких окон без выполнения специальных мер, обеспечивающих необходимую вентиляцию.

Обострению ситуации в части необходимости использования рекуператоров на территории СНГ способствует как стремительно дорожающие энергоносители (что объективно подталкивает людей искать пути снижения расхода энергии на поддержание комфортной температуры в помещениях), так и призывы руководителей разного уровня, от самого высокого до низового, в массовом порядке заменять ранее установленные окна на современные.

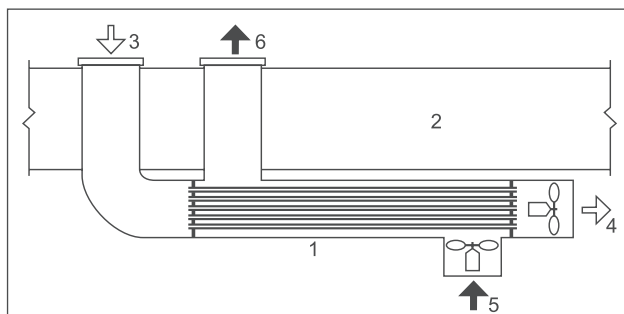


Рисунок. Принципиальная схема работы рекуператора тепла вентиляционного воздуха:

- 1 – рекуператор тепла; 2 – стена помещения, в которой, как правило, устанавливается рекуператор;
3 и 4 – температуры соответственно входа ($t_{н1}$) и выхода ($t_{н2}$) наружного, поступающего в помещение воздуха;
5 и 6 – температуры соответственно входа ($t_{вн1}$) и выхода ($t_{вн2}$) внутреннего, удаляемого из помещения воздуха.

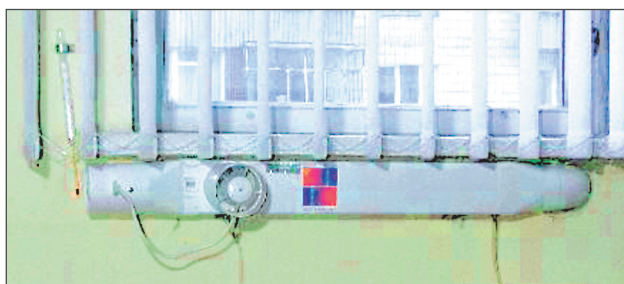


Фото. Рекуператор тепла, установленный в подоконной нише.

Итак, что же такое рекуператор тепла, как и когда его применять и что он дает?

Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – это устройство, обязательно имеющее в своем составе теплообменный элемент, имеющее, как правило, вентиляторы (обычно – два) для прокачивания через этот теплообменник потоков вытяжного, удаляемого из помещения, и свежего, подаваемого в помещение воздуха и, зачастую, оснащенное различными дополнительными приспособлениями, призванными автоматизировать работу устройства, улучшить качество подаваемого воздуха (или хотя бы, предотвратить его ухудшение) и т.д. В таком устройстве тепло от воздуха, который должен быть удален из помещения, отдается воздуху, поступающему в помещение (а летом наоборот – поступающий воздух охлаждается более прохладным удаляемым воздухом, если, конечно, помещение оснащено кондиционером), т.е. практически даром осуществляется тепловая подготовка воздуха перед подачей его в помещение. Принципиально схема работы рекуператора изображена на рисунке.

Таким образом, рекуператор выполняет по сути роль обычной форточки, которая столетия успешно справлялась с задачей воздухообмена в помещениях, но только рекуператор – это, образно говоря, теплая форточка (применительно к зимнему, основному режиму функционирования), т.к. воздух, проходя через рекуператор в

помещение, одновременно подвергается тепловой обработке. Общий вид базового исполнения рекуператора тепла представлен на фото.

В принципе, как было отмечено выше, рекуператоры тепла вентиляционного воздуха использовались и раньше, но в весьма ограниченных количествах и исключительно для тепловой обработки общего потока воздуха, поступающего/удаляемого из здания целиком (т.н. центральные рекуператоры). Необходимость применения децентрализованных рекуператоров возникла относительно недавно и полностью обусловлена применением в зданиях современных энергосберегающих окон. Дело в том, что применение таких окон, особенно в ранее построенных зданиях (впрочем, и в строящихся в настоящее время зданиях зачастую возникают те же проблемы), приводит к полному нарушению вентиляции помещений, а центральной вентиляции, обеспечивающей возможность применения центральных рекуператоров, такие здания либо не имеют, либо ею по ряду причин не целесообразно пользоваться. Столкнувшись с этим, люди, порой даже не осознавая причин повышенной утомляемости, снижения работоспособности и других симптомов недомогания, формулируют свое видение проблемы очень просто – «в помещении душно», и открывают (приоткрывают) окна, тем самым, сводя практически на нет их энергосберегающую функцию. Единственный выход из положения, который видится на сегодня, состоит в применении децентрализованных рекуператоров тепла вентиляционного воздуха. Такие рекуператоры, будучи установлены в каждом помещении, позволяют, во-первых, вентилировать только те помещения, которые в этом объективно нуждаются, т.е., например, те, в которых находятся люди (что уже является энергосберегающим мероприятием), во-вторых, вентилировать контролируемо, т.к. речь идет все же о принудительной вентиляции, и, самое главное, при таком вентилировании удается сохранить почти в полном объеме энергосбережение современных окон. Правда, все же «почти в полном», т.к. часть тепловой энергии неизбежно будет уходить с вытяжным воздухом ввиду того, что на сегодня не существует (да и не может быть создано в принципе) устройство, обеспечивающее 100% рекуперацию.

Применение децентрализованного рекуператора, в отличие от центрального, доступно каждому отдельно взятому владельцу помещения. Причем его применение не сопряжено ни с какими более или менее значимыми строительными или ремонтными работами. Установка рекуператора на месте сводится к образованию в наружных стенах двух отверстий (оговоримся сразу – небольшого размера), закреплению ре-

куператора в выбранном месте и подключению его к источнику электропитания (весьма и весьма маломощному).

Применение децентрализованного рекуператора целесообразно всегда, если помещение оборудовано современными энергосберегающими окнами и не имеет центральной принудительной вентиляции. Иначе возникает дилемма: что важнее – здоровье и сохранность здания или энергосбережение. И только применение децентрализованного рекуператора удовлетворительно решает эту дилемму.

Однако автору уже приходилось сталкиваться и с негативным отношением к самой идее использования рекуператоров, особенно децентрализованных. Во всех этих случаях, при отсутствии каких-либо подкрепляющих такое мнение аргументов, высказывалось голословное утверждение о том, что это экономически не выгодно, т.к. и само изделие не из дешевых, да и, кроме того, для его работы требуется электроэнергия. Такие заявления нельзя просто игнорировать. Напротив, раз существуют такие сомнения, то они должны быть либо признаны, либо аргументированно опровергнуты. Ничто не может служить лучшим опровержением, чем конкретные цифры, причем цифры, позволяющие каждому желающему самостоятельно выполнить их анализ и сделать свои выводы. Приводимые в настоящей статье цифры и соображения должны послужить такой доказательной основой.

Насколько эффективны рекуператоры тепла, как энергосберегающая техника?

Эффективность рекуператоров тепла вентиляционного воздуха с точки зрения энергосбережения определяется двумя параметрами (а точнее, их соотношением) – степенью энергосбережения рекуператора и его удельным энергопотреблением. Ниже будет дана количественная оценка степени рекуперации (энергосбережения) разработанных нами рекуператоров, а также приведены абсолютные значения, характеризующие количество сэкономленной энергии на нескольких режимах.

Необходимо обратить внимание на то, что первая из этих величин (степень энергосбережения) неоднозначно определена терминологически, а обе они не имеют зафиксированного значения для данного рекуператора и меняются в очень широких пределах в зависимости от соотношения температур наружного и внутреннего воздуха.

Терминологическая неоднозначность легко устраняется после введения некоторых пояснений. Дело в том, что всех (кроме проектант-расчетчика рекуператоров) интересует потребительская, так сказать «видимая», степень рекуперации. Т.е. интересует изменение температу-

ры поступающего воздуха (на сколько градусов зимой воздух нагрелся в рекуператоре) по отношению к предельно теоретически возможному изменению его температуры, которое равно, с учетом некоторых допущений и упрощений (в части возможного изменения относительной влажности воздуха и отклонения от равенства массовых расходов двух потоков), разности температур наружного и внутреннего воздуха на входе в рекуператор. Т.о. эту потребительскую степень рекуперации можно обозначить в виде отношения: $\xi_{\text{потр}}^H = (t_{н2} - t_{н1}) / (t_{вн1} - t_{н1})$.

Однако в действительности за счет собственно рекуперации произойдет другое, не видимое потребителю, изменение температур. Дело в том, что, как было отмечено выше, каждый децентрализованный рекуператор снабжен двумя (возможно, одним) вентиляторами, электрическая мощность, расходуемая на привод которых, в конечном счете переходит в тепловую и как-то влияет на температуры потоков воздуха. Если осуществить корректный учет этой особенности и откорректировать входную температуру внутреннего воздуха на экспериментально определенную (и очень хорошо коррелирующуюся с расчетной, исходя из мощности вентилятора и определенного на испытаниях расхода воздуха) величину догрева потока, то можно достаточно точно определить истинную степень именно рекуперации, исключив маскирующее влияние работы вентиляторов, что крайне важно для обширного и всестороннего анализа показателей работы рекуператора. Дело в том, что рекуператор может работать на бесконечно большом числе режимов, определяемых произвольным и взаимонезависимым изменением входных температур потоков воздуха. Очевидно, что провести испытания рекуператора на бесчисленном количестве режимов невозможно, а вот иметь возможность определять его характеристики на любом, наугад заданном режиме, весьма целесообразно, т.к. это позволит не только объективно сравнивать между собой изделия различных производителей, но и рассчитать реальную эффективность рекуператора, а также определить температурные границы как термодинамически, так и потребительски целесообразного его применения. Это становится возможно сделать, если учесть практическую инвариантность степени рекуперации (не «видимой», а истинной, теплотехнической рекуперации) от входных температур рабочих сред [4]. Тогда, располагая результатами испытаний рекуператора на любом одном режиме, можно, получив истинную теплотехническую степень рекуперации теплопередающего элемента этого рекуператора, достаточно точно определить, решая обратную задачу, его характеристики (в первую очередь «видимую» или потребительскую степень рекуперации), для любо-

Таблица. Результаты определения экспериментальных характеристик.

Тип рекуператора ТеФо	Возвращенная тепловая мощность, Вт	Мощность одного вентилятора, Вт	Полная («видимая») тепловая мощность, Вт	Изменение температуры наружного воздуха, °С	Потребительская («видимая») степень рекуперации, %
Зимний режим ($t_{н1} = -20\text{ °С}$)					
1	274	14	288	30,5	76,3
2	335	14	349	30,1	75,0
3	823	16	839	28,9	72,2
4	1134	24	1158	29,0	72,5
Зимний режим ($t_{н1} = -6\text{ °С}$)					
1	182	14	196	20,7	79,7
2	222	14	236	20,3	78,1
3	539	16	555	19,1	73,5
4	743	24	767	19,2	73,9
Летний режим ($t_{н1} = 40\text{ °С}$)					
1	116	14	102	10,8	56,7
2	144	14	130	11,2	59,0
3	376	16	360	12,4	65,0
4	514	24	490	12,3	64,7
Летний режим ($t_{н1} = 24\text{ °С}$)					
1	10	14	-4	-0,4	-14,0
2	14	14	0	0,0	0,0
3	51	16	35	1,2	40,0
4	67	24	43	1,1	37,0

Примечание. Рассмотрение данных, приведенных в таблице, позволяет осуществить количественную оценку энергосберегающего эффекта от применения рассматриваемых рекуператоров. Речь идет именно и только о рекуператорах данного типа, обладающих более чем 70% степенью эффективности. Распространение этих результатов на рекуператоры иных производителей будет глубоко ошибочным, т.к. на сегодня нам не известны иные децентрализованные рекуператоры тепла со степенью эффективности хотя бы близкой к 70%.

го режима, характеризующегося произвольным сочетанием входных температур обоих потоков воздуха (при тех же расходах). Располагая же этой величиной, легко получить и другие энергетические характеристики рекуператора для любого режима.

Опуская выполнение этих несложных математических операций и опираясь на реальные экспериментальные характеристики, оформленные протоколами аккредитованного испытательного центра и подтвержденные периодическими испытаниями изделий, в таблице приведены полученные результаты.

Перед тем, как обратиться к анализу таблицы, необходимо заострить внимание на следующих моментах:

- анализ выполнен для двух режимов работы рекуператора – нагрев поступающего воздуха (зимний режим) и охлаждение поступающего воздуха (летний режим). Уместно напомнить, что рекуператор летом автоматически начинает не нагревать, а охлаждать поступающий воздух (правда, в случае если помещение оборудовано кондиционером);
- температура внутреннего воздуха для определенности принята постоянной на уровне сле-

дующих значений – для зимнего режима принято 20 °С , а для летнего режима принято 21 °С .

Даже поверхностный анализ таблицы позволяет составить суждение об энергетической эффективности рассматриваемых рекуператоров. В частности, в зимнем режиме минимальный типоразмер 1 способен при температуре наружного воздуха -20 °С сообщать потоку поступающего воздуха 288 Вт тепла, из которых 260 Вт – это возвращенное тепло (при затрачиваемых на это 28 Вт), в то время как для максимального типоразмера 4 эти значения соответственно равны 1,16 кВт и 1,11 кВт (при затрачиваемых 48 Вт). Как видно, сэкономленная энергия многократно превосходит энергию, затраченную на эти цели (т.е. на привод вентиляторов). При этом работа рекуператоров обеспечивает нагрев потока поступающего в помещение морозного воздуха в первом случае на $30,5\text{ °С}$, а во втором на $29,0\text{ °С}$, т.е. в обоих случаях в помещение будет поступать воздух, уже нагретый примерно до 10 °С . Если же взять в качестве преобладающей температуры за отопительный сезон температуру наружного воздуха на уровне -6 °С , то каждый час работы рекуператор типоразмера 1 на протяжении сезона будет эконо-

мать 168 Вт, сообщая потоку в сумме 196 Вт, а применительно к типоразмеру 4 эти показатели составят соответственно 0,72 кВт и 0,77 кВт, обеспечивая при этом поступление в помещение воздуха с температурой около 15 °С.

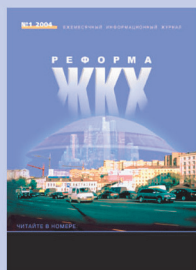
Его основное назначение все же – это экономия тепла зимой, а летом рекуператор хоть и экономит холод, но менее эффективно, чем тепло зимой. И тем не менее, летом рекуператоры автоматически становятся «холодной форточкой» и обеспечиваемая экономия холода объективно служит тем же целям энергосбережения. Напомним, что, например (см. таблицу), при температуре наружного воздуха 40 °С, рекуператор 1 будет сообщать поступающему воздуху 102 Вт холода, а рекуператор 4 – 490,4 Вт холода, что также многократно превосходит энергию, затраченную в рекуператорах на эти цели. При этом температура поступающего воздуха будет понижаться в первом случае почти на 11 °С, а во втором случае более чем на 12 °С. Приведенные в той же таблице для летнего режима данные показывают, что рекуператоры будут охлаждать поступающий воздух вплоть до температуры наружного воздуха 24 °С.

Очевидно, что работа рассматриваемых рекуператоров даже в летнем, менее эффектив-

ном режиме функционирования, является целесообразным как с точки зрения энергосбережения, так и с точки зрения поддержания комфортных температурных условий, мероприятием. И уж конечно, функционирование в зимнем режиме, обеспечивающее предотвращение потерь и возврат для отопления тепловой энергии на уровне 260 Вт для рекуператора 1 и тем более на уровне 1,11 кВт для типоразмера 4 (при пренебрежимо малом собственном энергопотреблении) в наиболее морозные дни зимы, когда особенно остро встает вопрос энергосбережения и дефицита энергии, является одним из наиболее эффективных энергосберегающих мероприятий.

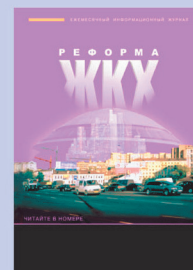
Литература

1. Гершкович В.Ф. Плесень на окнах. Германский урок // Энергосбережение в зданиях, Киев. 2001. № 1. С. 14-16.
2. Барон В.Г. Комнатный воздухообменник // Тепло-энергоэффективные технологии. 2004. № 2. С. 44-45.
3. Барон В.Г. Рекуперация тепла в современных системах вентиляции // Новости теплоснабжения. 2006. № 6. С. 46-51.
4. Барон В.Г., Софийский И.Ю. Диагностика технического состояния судовых теплообменных аппаратов. – Киев: Знание, 1980.



РЕФОРМА

«Реформа ЖКХ»
российский информационный журнал



Всероссийский информационный журнал «Реформа ЖКХ» регулярно освещает актуальные вопросы проведения реформы ЖКХ в российских регионах, новации в действующем законодательстве, опыт регионов, банкротство и финансовое оздоровление предприятий ЖСК, внедрение новых технологий, создание и опыт работы ТСЖ, зарубежный опыт.

Журнал распространяется среди специалистов и руководителей ЖКХ и строительных организаций, администраций городов и регионов, а так же участвует во многих специализированных общероссийских и международных выставках, конференциях, совещаниях по проблемам реформирования ЖКХ и строительной отрасли. Организована подписка через почтовые отделения и редакцию. Подписной индекс - 82850, 82938 и 36003 в Объединенном каталоге «Пресса России».

Полиграфическое исполнение журнала:

Формат А4;
Полноцветная печать;
Объем 50-60 полос;
Тираж 10 000 экз.

Мы рады сотрудничать с Вами!

Ждем от Вас интересных материалов и предложений!

Контактные телефоны: (495)788-77-40,
E-mail: info@reforma-gkh.ru, klimovalarisa@yandex.ru,
Http: www.reforma-gkh.ru

