

# О ТЕПЛОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ РЕКУПЕРАТОРОВ ТЕПЛА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ВОЗДУХА ТеФo (что эффективнее – тепловой насос или воздушный рекуператор тепла?)

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

Необходимость энергосбережения и повышения энергетической эффективности климатотехнических устройств на сегодня стала одним из основных приоритетов. Фаворитом среди такого оборудования стремительно и по праву становятся еще пару лет назад мало кому известные у нас тепловые насосы (ТН). Тепловой насос это тепловая машина, реализующая обратный цикл Карно и позволяющая добиваться на первый взгляд нереальных результатов – на 1 кВт затраченной энергии эта машина, в зависимости от сочетания внешних условий, может выдавать 3-4 кВт полезной тепловой энергии зимой (для отопления), а летом примерно в такой же пропорции холода (для кондиционирования). Не вдаваясь в основы функционирования ТН, т.к. это не входит в задачу настоящей статьи (и, кроме того, читатель без труда найдет немало публикаций, появившихся в последнее время на эту тему) необходимо отметить, что это бесспорно высокоэффективный источник тепла (холода), который с уверенностью можно отнести к группе наиболее целесообразного, с точки зрения применения, энергосберегающего оборудования. Хотя ТН, строго говоря, не является энергосберегающим оборудованием в обычном понимании этого термина (он, в отличие, например, от окон с высокоплотными притворами, оборудованных стеклопакетами, не сберегает тепло у потребителя), все же ТН по праву входит в состав энергосберегающего оборудования, т.к. экономит энергию у источника, позволяя получать потребителю необходимое ему количество тепловой энергии при существенно меньшем количестве энергии, потребленной на эти цели от ее источника.

В последнее время интерес к ТН стал расти лавинообразно. С одной стороны это, безусловно, очень хорошо, т.к. позволяет надеяться на то, что прорыв в области применения ТН наконец-то произойдет. Но, с другой стороны, это не может не вызывать и некоторых опасений. Дело в том, что как всегда происходит в аналогичных ситуациях, наибольшую активность проявляют не профессионалы, а люди, умеющие чувствовать «куда ветер дует». Еще не так давно, буквально несколько лет назад, трудно было найти специалиста-практика, работающего в области климатизации зданий, способного внятно и осознанно обсуждать вопросы применения ТН. Некоторые, видимо, полагали, что словосочетание «тепловой насос» является неким профессиональным ругательством. В настоящее же время большинство проектных, а особенно монтажных и сбытовых организаций, предлагает заказчикам ТН. Это, наверняка, приведет к многочисленным ошибкам на реальных объектах, но с этим придется смириться, т.к. в начале любого дела возникает период неразберихи, который неизбежно переходит в этап конструктивной работы. Безусловно, за этот период большим числом специалистов, впервые взявшихся за новое дело, будет сделано немало ошибок, еще большее число псевдоспециалистов сумеет «снять сливки», попутно дискредитируя идею, однако в целом является благом, то, что ТН вышли из тени и к возможности их применения обращается все большее число людей. Большее опасение вызывает привычка бросаться в крайности. Есть опасение, что начинающееся сейчас повальное увлечение ТН неадекватно перераспределит внимание специалистов и приведет к перекосу в предпочтениях при выборе приоритетов энергосберегающих решений. Ведь существуют и другие высокоэффективные энергосберегающие технические решения, и только профессиональный анализ особенностей объекта совместно с основными характеристиками того или иного энергосберегающего оборудования позволят принять правильное решение и добиться наилучших результатов.

В данной статье будет проведен сравнительный анализ энергетической и экономической эффективности применения упомянутых ТН и такого энергосберегающего оборудования, как рекуператоры тепла вентиляционного воздуха ТеФo. Этот анализ покажет, что есть области, где применение рекуператоров тепла вентиляционного воздуха ТеФo оказывается намного более эффективным мероприятием, чем наращивание мощности ТН. При этом хочется сразу же, дабы снять с себя подозрение в неприятии ТН как таковых, подчеркнуть, что автор настоящей статьи является убежденным сторонником широкого применения ТН и к их продвижению приложил немало усилий, но,

видимо, эти усилия были слишком преждевременными (см., например, соответствующую статью в основной газете г.Севастополя за 18 сентября 2002г.)

Рекуператор тепла вентиляционного воздуха, как энергосберегающее оборудование.

К числу классических образцов энергосберегающего оборудования относятся рекуператоры тепла, в частности, вентиляционного воздуха. Это оборудование бесспорно является энергосберегающим, т.к. оно именно «сберегает» энергию, причем непосредственно у потребителя, что обусловлено тем, что функцией рекуператора тепла вентиляционного воздуха является возврат тепла, которое могло быть потеряно вместе с вытяжным воздухом. При этом сами рекуператоры, в базовом понимании этого слова, не оснащаются никакими приспособлениями для активного выделения энергии – они не имеют ТЭНов и других аналогичных источников тепла, а всю сообщаемую объекту энергию просто возвращают в цикл за счет процесса теплопередачи.

Рекуператоров тепла вентиляционного воздуха существует великое множество – и по назначению (например, центральные или децентрализованные), и по принципу действия (например, рекуперативного и регенеративного типа), и, конечно, по конструктивному исполнению в зависимости от фирмы-производителя. Описание особенностей и преимуществ тех или иных рекуператоров имеется как в специальной, так и в рекламной литературе. Некоторый анализ целесообразности применения тех или иных рекуператоров вентиляционного воздуха приведены в статьях автора [1,2,3,4].

Настоящая статья, не ставя целью дать исчерпывающий анализ всех основных типов рекуператоров (хотя бы по той причине, что конкретные численные характеристики большинства рекуператоров в полном объеме не доступны для широкого пользования), преследует цель провести сопоставительный численный анализ конкретного типа рекуператоров – ТеФо («теплая форточка»), выпускаемых предприятием «Теплообмен» (фото одного из представителей – см.рис.1), с общепризнанно высокоэффективным энергосберегающим оборудованием – тепловыми насосами. Существует несколько причин таким образом обозначить цель статьи. Во-первых, скепсис ряда специалистов по поводу самой целесообразности применения рекуператоров – высказываются голословные опасения, что игра не стоит свеч, т.к. энергия, потраченная на привод вентиляторов рекуператора, могла бы быть более рационально использована в другом энергосберегающем оборудовании, например, в ТН. Во-вторых, имеется техническая возможность осуществить численное, причем достаточно корректное, сравнение ТеФо с ТН, т.к., с одной стороны, по рекуператорам ТеФо автор располагает всем необходимым массивом достоверной технико-экономической информации (имеются как результаты испытаний сначала экспериментального, а затем и опытно-промышленных образцов ТеФо в сертифицированной климатической камере, так и ценовые характеристики всех типоразмеров рекуператоров ТеФо) и, с другой стороны, на данный момент уже имеется достаточно публичной технико-экономической информации по современным ТН. В третьих, автор хочет еще раз показать, что не существует бесспорно и всегда выигрышных технических решений (каковым, на данный момент на волне всеобщего увлечения, может представляться применение ТН).



В ходе ряда устных дискуссий, когда автору довелось озвучить предлагаемый в данной статье методический подход, приходилось слышать мнение, что это попытка сравнивать несравнимое, т.к. ТН это источник тепловой энергии на объекте, в то время как ТеФо таковым не является. Однако если принять во внимание некоторые соображения, то осуществление сравнения ТН и ТеФо представляется вполне правомочным, несмотря на обозначенную выше некоторую разноплановость данного оборудования. В частности, нельзя забывать, что рекуператоры тепла вентиляционного воздуха обладают по отношению к ТН замещающими функциями – сколько тепла (холода) вернет в помещение рекуператор, на столько меньше тепла (холода) потребуется выработать ТН и, если следовать логике скандинавской поговорки о том, что «деньги сбереженные все равно, что деньги заработанные», то можно считать, что и тепло, сбереженное ТеФо, все равно, что тепло выработанное. И, кроме того, ТН только на первый взгляд является исключительно источником тепла, пусть и очень эффективным, в действительности же, если смотреть на дело более широко, то ТН осуществляет сбережение энергии (в источнике), что позволяет считать его энергосберегающим оборудованием. Правда, между этими двумя типами оборудования, кроме описанных общих черт, есть и различия – ТеФо в принципе не генерирует тепло на объекте (если пренебречь ничтожными тепловыделениями вентиляторов), а ТН в принципе не предназначен для осуществления воздухообмена в помещениях. Однако общие черты в данном случае являются более важными, да и по назначению как ТеФо, так и ТН входят в группу климатотехнического энергосберегающего оборудования. Роднят эти два вида оборудования и то, что как ТН, так и ТеФо зимой способны работать на обеспечение отопления здания, а летом на его охлаждение (следует подчеркнуть, что другие виды климатотехнического оборудования, например, котлы, или кондиционеры в чистом виде, или вихревые гидродинамические нагреватели и т.д. не обладают такими способностями).

Принципы сравнения ТН и ТеФо.

Поскольку речь идет о сравнительном анализе двух типов энергосберегающего оборудования, причем в рыночных условиях, то в качестве основных критериев были приняты параметры, характеризующие энергетическую эффективность этих устройств, а также их ценовые характеристики. Множество других показателей (объем, необходимый для размещения на объекте, вес, определяющий трудоемкость монтажа оборудования, сложность установки и обслуживания оборудования на объекте и ряд других), как второстепенные, количественному анализу не подвергались.

Энергетическая эффективность.

Энергетическая эффективность анализировалась по отношению величины вырабатываемой (для ТН) или возвращенной (для ТеФо) энергии к величине энергии, потребляемой этим оборудованием в единицу времени – по коэффициенту энергетической эффективности

$$\zeta = N_{\text{пол.}}/N_{\text{затр.}}/1/$$

где:

- $N_{\text{пол.}}$  – полная, «видимая», мощность;
- $N_{\text{затр.}}$  – затраченная мощность.

В качестве  $N_{\text{пол.}}$  понимается та тепловая мощность, которая будет сообщена объекту в процессе работы ТН или ТеФо, а в качестве  $N_{\text{затр.}}$  понимается та мощность, которую будет при этом потреблять от внешнего источника ТН или ТеФо.

Следует напомнить, что как ТН, так и ТеФо способны работать по прямому назначению круглый год. При этом зимой они будут обогревать объект (сообщать объекту тепловую энергию), а летом охлаждать объект (поглощать избыточную для объекта тепловую энергию).

Характеристики ТН для сравнения принимались усредненными по данному виду оборудования. При этом в качестве таковых были взяты заявленные в рекламных материалах характеристики современного ТН одного из западноевропейских производителей. Они, согласно имеющимся у автора сведениям, действительно достаточно представительно отражают наиболее высокие показатели, достигнутые на сегодня этим видом оборудования.

В частности, для зимнего режима работы (т.е. на обогрев) ТН, оборудованного воздушным теплообменником, в распоряжении автора статьи имеются три точки в зависимости от температуры наружного воздуха:

- при  $(-15)^{\circ}\text{C}$  коэффициент преобразования энергии (коэффициент энергетической эффективности) равен 1,0;
- при  $(-6)^{\circ}\text{C}$  коэффициент преобразования энергии (коэффициент энергетической эффективности) равен 2,95;
- при  $6^{\circ}\text{C}$  коэффициент преобразования энергии (коэффициент энергетической эффективности) равен 6,0.

При этом надо иметь ввиду, что при температуре наружного воздуха ниже  $(-6)^{\circ}\text{C}$  большинство западноевропейских ТН автоматически выключаются, а изделия, работоспособные при температурах ниже  $(-15^{\circ}\text{C})$ , вообще серийно не производятся.

Для летнего режима работы (т.е. на охлаждение) ТН, оборудованного воздушным теплообменником, в распоряжении имеются две достоверные точки:

- при  $35^{\circ}\text{C}$  коэффициент преобразования энергии (коэффициент энергетической эффективности) равен 2,6;
- при  $31^{\circ}\text{C}$  коэффициент преобразования энергии (коэффициент энергетической эффективности) равен 2,7.

Использование ТН с грунтовым теплообменником позволяет круглый год получать коэффициент преобразования энергии (коэффициент энергетической эффективности) на уровне 5,0. Однако такие теплообменники не всегда применимы и резко увеличивают стоимость установки.

Для анализа ТеФо были взяты реальные характеристики, оформленные протоколами аккредитованного испытательного центра. Результаты их обработки, направленной на получение энергетических характеристик, описывающих работу рекуператоров на разных режимах, представлены в табличной форме в [5,6].

Располагая значениями  $N_{\text{пол}}$  и зная мощности вентиляторов, по /1/ легко определить коэффициенты энергетической эффективности рекуператоров. Значения этих коэффициентов в зависимости от температур наружного воздуха для четырех типоразмеров ТеФо (одноходовых модификаций) приведены в табл.

Тип рекуператора	Энергетическая эффективность			
	Зимний режим		Летний режим	
	$t_{H1} = -20$ $^{\circ}\text{C}$	$t_{H1} = -6$ $^{\circ}\text{C}$	$t_{H1} = 40$ $^{\circ}\text{C}$	$t_{H1} = 24$ $^{\circ}\text{C}$
Тефо 1	10,3	7,0	3,63	-0,15
Тефо 2	12,46	8,43	4,64	-0,01
Тефо 3	26,2	17,33	11,25	1,09
Тефо 4	24,12	16,0	10,2	0,9

Примечание к таблице:

Энергетическая эффективность рекуператоров приведена, исходя из мощности бытовых осевых вентиляторов. Применение компьютерных вентиляторов, имеющих меньшую эл. мощность, заметно увеличивает энергетическую эффективность рекуператоров для летних режимов и немного уменьшает ее для зимних (это объясняется тем, что удельное влияние мощности вентиляторов  $N_{затр.}$  на «полезную» мощность  $N_{пол.}$  в зимнем режиме меньше, чем в летнем).

Ценовые характеристики.

В качестве ценовых характеристик ТН взяты усредненные показатели, на которые принято ориентироваться при предварительной оценке необходимых затрат, связанных с применением ТН. Безусловно, эти характеристики колеблются в очень широких пределах, как в зависимости от мощности установки, так и от предприятия-производителя, что делает сравнение ТН и ТеФо по этим показателям значительно более приблизительным, чем по энергетической эффективности, но качественно оценить соотношение ценовых показателей таким образом все же представляется возможным. Необходимо иметь в виду, что эти удельные (приведенные к единице полезной мощности) цены ТН сформированы для режимов их наиболее целесообразного применения.

Ценовые характеристики ТеФо, использованные для сопоставления, взяты из прайс-листа и являются совершенно точными для анализируемых типоразмеров. Это обеспечивает возможность получения удельных цен для любого режима. Однако, учитывая, что для ТН цены сформированы для режимов наиболее целесообразного применения, более корректно при сравнении использовать удельные цены ТеФо также для режимов наиболее целесообразного применения.

Результаты сравнения.

Энергетическая эффективность.

Для наглядности сравнительной энергетической эффективности ТН и ТеФо приведенные выше в таблице соответствующие численные значения представлены графически (см. рис.2). На этом графике прямые линии, расходящиеся лучами, графически отображают зависимость энергетической эффективности различных типоразмеров рекуператоров от температуры наружного воздуха, а одиночные кривые в левой и правой нижних частях графика отображают коэффициент преобразования энергии в усредненном ТН с воздушным теплообменником. Следует пояснить, что линии, характеризующие ТеФо, расслаиваются по типоразмерам из-за большего удельного расхода воздуха в больших типоразмерах. В принципе, аналогичное расслоение будет иметь место и для ТН, если на график нанести их характеристики для ТН разных мощностей. Поэтому, соблюдая идентичность подхода, следовало бы сравнивать характеристики усредненного ТН с усредненными характеристиками ТеФо, которые представлены на графике штриховыми линиями, располагающимися между линиями минимального и максимального типоразмеров.

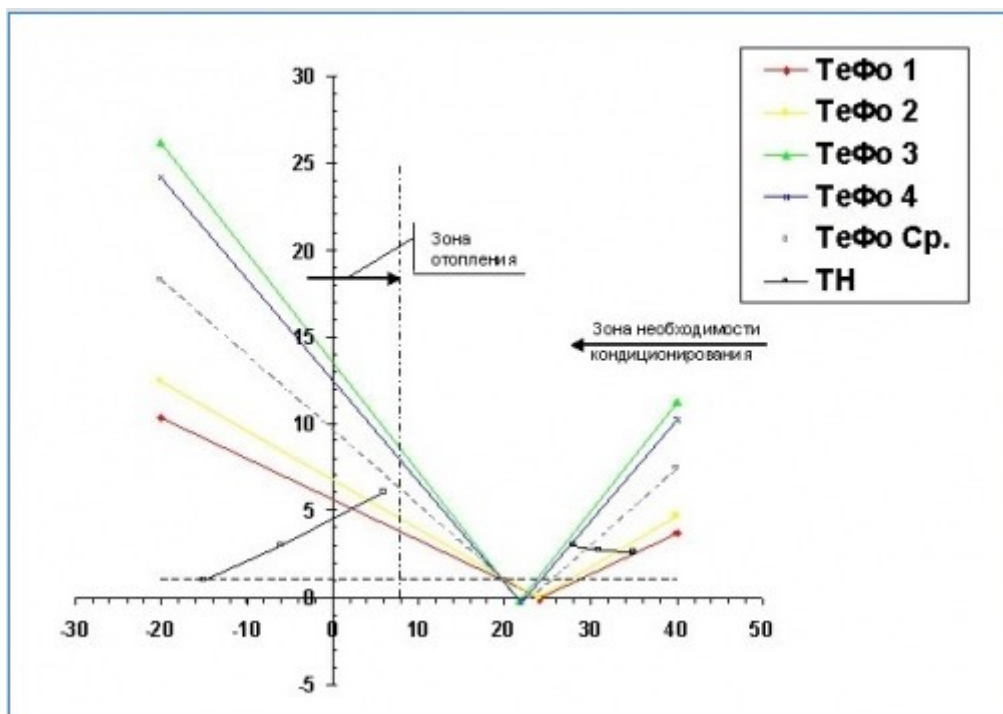


рис.2

Для удобства анализа на графике нанесены вертикальные прямые, отсекающие температурные зоны, когда требуется отопление и когда целесообразно осуществлять кондиционирование. С этой же целью на графике нанесена горизонтальная прямая, отображающая теоретически предельно достижимое значение энергетической эффективности ныне широко распространенных видов климатотехнического оборудования (котлов, ТЭНов, кондиционеров без функции ТН и пр.).

Анализ позволяет сделать целый ряд интересных и полезных выводов.

Во-первых, и это главное, оказывается, что практически во всем диапазоне температур наружного воздуха, при котором, как правило, требуется отопление (т.е. до  $8^{\circ}\text{C}$ ), все типоразмеры ТеФо по энергетической эффективности превосходят, причем значительно, ТН с воздушным теплообменником и лишь в очень небольшом диапазоне температур наружного воздуха (следует подчеркнуть – положительных температур), меньшие типоразмеры ТеФо уступают ТН (как с воздушным, так и с грунтовым теплообменником). Да и то уступают весьма незначительно, в то время как большие типоразмеры остаются более эффективными во всем диапазоне (соответствующая линия для ТеФо 3 и ТеФо 4 всегда находится выше линии ТН). Т.е. на протяжении отопительного сезона эффективность ТеФо выше, чем эффективность ТН, иначе говоря, целесообразнее затратить 1 кВт энергии на работу ТеФо, чем на работу ТН.

Следует особо подчеркнуть, что ТеФо показывает тем большую энергетическую эффективность, чем морознее наружный воздух (напомним, - см. таблицу и график), что при  $(-20)^{\circ}\text{C}$  ТеФо демонстрируют энергетическую эффективность в зависимости от типоразмера от 10,0 до 25,0). Эта крайне важная особенность делает применение таких устройств в климатической зоне стран СНГ особенно целесообразным, т.к. именно в период стояния наибольших морозов остро встает вопрос энергосбережения и дефицита энергии. А если объект оснащен ТН с воздушным теплообменником, который вообще становится неработоспособным, в связи с чем приходится переходить на резервные виды отопления (зачастую, от электрод котлов, у которых коэффициент энергетической эффективности не может превышать значение 1,0), то в десятки раз более высокая энергетическая эффективность ТеФо делает решение об их применении на объекте почти безальтернативным.

Однако не стоит забывать, что ТеФо не является источником тепла и речь в данном случае не идет о том, чтобы путем применения ТеФо исключить источник тепла. Нет, рассматривается вопрос – что энергетически выгоднее осуществлять при вентилировании помещения – просто выбрасывать вытяжной воздух на улицу и, используя ТН, нагревать приточный воздух, или же израсходовать часть этой энергии для привода вентиляторов ТеФо, чтобы вытяжной и приточный потоки воздуха прокачивались через рекуператор.

Во-вторых, как и было отмечено выше, летом ТеФо, т.е. «теплая форточка» автоматически становится «холодной форточкой». Но, опять же, только при наличии в помещении источника холода (кондиционера или ТН, работающего в соответствующем режиме). Можно еще раз напомнить, что как ТеФо не вырабатывает тепло, точно также и не вырабатывает холод.

В режиме «холодной форточки» энергетическая эффективность ТеФо, как видно из таблицы и графика, ниже, чем в режиме «теплой форточки». Однако и у ТН в летнем режиме энергетическая эффективность тоже понижается.

Анализ графика в его летней части показывает, что по сравнению с ТН, оборудованным воздушным теплообменником, большие типоразмеры ТеФо оказываются более энергетически эффективными во всем диапазоне температур наружного воздуха, представляющем практический интерес с точки зрения кондиционирования. В то же время меньшие типоразмеры ТеФо энергетически эффективнее только, начиная с 33-34<sup>o</sup>C и выше. Если же сравнивать летний режим работы рекуператора и ТН, оборудованного грунтовым теплообменником, то в летнем режиме только большие типоразмеры ТеФо оказываются эффективнее такого ТН. Однако необходимо напомнить, что здесь сравнение ТН осуществляется с ТеФо, оборудованным бытовым осевым вентилятором, который, немного повышая энергетическую эффективность рекуператора зимой, заметно понижает ее летом. Если предполагается примерно равновеликая по продолжительности эксплуатация ТеФо в летнем и зимнем режимах, то более целесообразно использовать при его изготовлении компьютерные вентиляторы, что обеспечит превышение энергетической эффективности всех типоразмеров ТеФо над ТН в течение всего годового цикла эксплуатации.

В третьих, для каждого типоразмера ТеФо легко установить температуру окружающего воздуха, до достижения которой использование ТеФо в зимнем режиме, т.е. для нагрева приточного воздуха, энергетически эффективнее применения ТЭНов, электродкотлов и пр. Эта точка характеризуется величиной энергетической эффективности 1,0 (т.е. прямое преобразование электрической энергии в тепловую). Из графика видно (и легко определяется аналитически из уравнений, описывающих линии, характеризующие эффективность ТеФо), что для минимального типоразмера ТеФо это 19,3<sup>o</sup>C, а для максимального это 19,8<sup>o</sup>C. Следовательно, с энергетической точки зрения всегда целесообразнее использовать рекуператор тепла при обеспечении вентиляции помещения, если последнее обогревается электроотопителями, чем нагревать поступающий наружный воздух за счет тепла, выделяемого такими отопителями.

При температурах выше этих значений (т.е. в зоне заведомого отсутствия необходимости нагрева поступающего воздуха), но до значений температур наружного воздуха, задающих автоматический перехода в режим охлаждения приточного воздуха, ТеФо еще будут продолжать подогревать приточный воздух, но сообщая ему при этом меньше энергии, чем будут расходовать на привод своих вентиляторов.

В четвертых, графики наглядно показывают «точку отражения» для каждого типоразмера ТеФо, т.е. ту температуру наружного воздуха, при достижении которой в процессе повышения температуры наружного воздуха, ТеФо, продолжая работать, автоматически начнет не нагревать, а охлаждать приточный воздух (или наоборот, если температура меняется в сторону уменьшения). Например, для ТеФо 1 это 23,6<sup>o</sup>C, а для ТеФо 4 это 21,6<sup>o</sup>C (не совпадение «точек отражения» для разных типоразмеров объясняется разной относительной мощностью вентиляторов по типоразмерам). Знание этих точек важно в первую очередь для летнего режима, т.к. позволяет определить, до какого значения

температуры наружного воздуха технически возможно (хоть и не эффективно с энергетической точки зрения) использовать ТеФо в качестве устройства, работающего на понижение температуры приточного воздуха. Например, для ТеФо 1 это 24,6°C, а для ТеФо 4 это 22,6°C (не совпадение «точек отражения» ровно на 10С на зимней и летней ветвях графика возникло из-за того, что температура вытяжного воздуха для зимнего режима была принята 20°C, а для летнего – 21°C)

В заключение данного раздела хочется подчеркнуть, что все вышеприведенные характеристики были получены в ходе испытаний ТеФо на воздухе, имеющем относительную влажность не выше 60-65%. В случаях применения рекуператоров в помещениях с повышенной влажностью эффективность рекуператоров будет еще выше ввиду использования для нагрева поступающего воздуха скрытой теплоты конденсации. Эта особенность применения рекуператоров здесь не рассматривается как ввиду специфичности, так и из-за значительного расчетно-описательного объема, способного резко увеличить размер статьи.

Ценовые характеристики.

Усредненные ценовые характеристики ТН с воздушным теплообменником находятся (с учетом монтажа) на уровне 400-450 USD за кВт, а с грунтовым – на уровне 650-700 USD за кВт. Следует подчеркнуть, что речь идет именно о цене непосредственно ТН, без сопутствующего климатотехнического оборудования (радиаторы, автоматика, фанкойлы и пр.).

Ценовые характеристики ТеФо в зависимости от температурных характеристик режима эксплуатации являются следующими (при расчете мощности, исходя из температуры наружного воздуха соответственно (-20)°C и (-14)°C):

ТеФо 1 – 764 USD за кВт и 887 USD за кВт

ТеФо 4 – 427 USD за кВт 500 USD за кВт.

Сопоставление цен показывает, что исходные удельные стоимости устройств близки. Но эти цифры, позволяя оценить удельные капитальные затраты на приобретение ТН или ТеФо, не отражают полных затрат, а также динамику окупаемости этих устройств.

Дело в том, что полные удельные затраты на ТН почти вдвое превышают капитальные затраты на приобретение и оказываются заметно больше 1000 USD за кВт, в то время как такие же затраты для ТеФо превышают капзатраты не более, чем на четверть и в итоге приведенные затраты ТеФо оказываются изначально меньше, чем у ТН. Но одновременно с этим и анализ динамики окупаемости также оказывается для ТеФо более благоприятным. Обуславливается это тем, что, учитывая преобладающие у нас реальные температуры окружающего воздуха в течение года, наиболее продолжительным периодом работы является зимний режим, причем со средними температурами в районе 00С. В этой области температур средняя энергетическая эффективность ТеФо примерно в 3 раза лучше, чем у ТН, т.е. приведенные на кВт мощности затраты на ТеФо будут окупаться значительно быстрее, чем на ТН. Однако как ТН, так и рекуператор – это изделия, эксплуатируемые по прямому назначению круглый год. Стало быть, более правильным будет сравнение средневзвешенных по типоразмерам значений энергетической эффективности этих видов техники за годичный цикл эксплуатации. Для ТН такое значение будет находиться на уровне 3,0-3,5, а для ТеФо на уровне 9,5-10,5, что хоть и дает некоторое интегральное по году улучшение сопоставительных характеристик в пользу ТеФо, принципиально не отличается от соотношения за зимний период эксплуатации. На основании этого можно считать применение ТеФо при вентилировании помещений экономически более целесообразным мероприятием, чем применение ТН для решения всех задач по поддержанию в помещениях необходимой температуры, включая и нагрев (охлаждение) поступающего для вентилирования наружного воздуха. Однако этим экономическая часть сравнения анализируемых изделий не исчерпывается. Согласно оценкам специализированного проектного института [7], в действительности затраты на установку ТеФо для объектов, на которых планируется использование ТН,



вообще будут покрыты еще до начала эксплуатации объекта за счет снижения капитальных затрат как на собственно сам ТН, так и на сопутствующее оборудование, а повышенная энергетическая эффективность ТеФо в процессе эксплуатации явится дополнительным технико-экономическим бонусом. Что же касается экономической стороны применения собственно ТН, то в наших климатических условиях, когда среднегодовой коэффициент преобразования энергии ТН находится на уровне не выше 3,5, их применение, без каких-либо сопряженных мер по повышению эффективности, с экономической точки зрения является для заказчика не выгодным мероприятием, т.к. экономически обоснованным минимумом является значение 3,8 [8]. К числу таких сопряженных мер по праву можно и должно отнести применение рекуператоров, т.е. анализируемые в статье энергоэффективные изделия - ТН и ТеФо,- по своей сути являются не взаимоисключающими, а взаимодополняющими друг друга. Причем как энергетическая, так и финансово-экономическая эффективность объекта целиком будет зависеть от того, насколько оптимально и органично эти изделия будут дополнять друг друга.

Таким образом, анализ основных технико-экономических показателей ТН и ТеФо бесспорно свидетельствует о преобладающей целесообразности использования ТеФо над замещающим ростом мощности ТН. Однако мы совершенно выпустили из внимания второстепенные, но тем не менее достаточно существенные сопутствующие характеристики. Например, такую характеристику, как объем, необходимый для размещения оборудования на объекте. Базовые варианты исполнения рекуператоров ТеФо не требуют никакого специального места и легко размещаются в ранее не предусмотренных для этого местах. Более того, на данный момент разработана модификация ТеФо, предназначенная для размещения в толще стены. При этом не только рекуператор визуально практически исчезает из помещения, но и уменьшается трудоемкость его установки, т.к. в стене приходится организовывать не два, а одно отверстие, причем того же диаметра (испытания этой модификации рекуператора были осуществлены в сертифицированной климатической камере в декабре 2006г.).

Немаловажным является и вес оборудования. Незначительный вес всех модификаций ТеФо – вес минимального типоразмера не превышает 4кг, а максимального – 11кг, позволяет работать с этим оборудованием любому персоналу без грузоподъемных средств, а его крепление в отведенных местах не требует никаких силовых опор и конструкций.

Аналогичная ситуация и с такими показателями, как удобство и простота монтажа и обслуживания. Практически все работы в течение жизненного цикла ТеФо при необходимости может выполнить среднестатистический потребитель, чего никак не скажешь об обслуживании и уж тем более ремонте ТН.

Краткий качественный обзор второстепенных характеристик, как видно, не выявляет никаких сложностей при применении рекуператоров ТеФо.

Резюме.

Проведенный технико-экономический анализ показал, что по сравнению с таким современным энергоэффективным и энергосберегающим оборудованием, каковым является ТН, рекуператоры ТеФо имеют основные характеристики назначения не только не уступающие, но и для значительного числа возможных условий эксплуатации даже превосходящие соответствующие характеристики ТН, что однозначно говорит в пользу применения при вентилировании помещений рекуператоров на объектах, где в качестве источника тепла (холода) в системах климатизации применяются ТН. При этом технико-экономическая целесообразность применения ТеФо заметно увеличивается с увеличением его типоразмера (однако не стоит полагать, что больший типоразмер ТеФо всегда лучше чем меньший, т.к. степень рекуперации все же меньше 1,0 и с необоснованно большим расходом вентиляционного воздуха, проходящего через больший типоразмер, может быть потеряно больше тепловой энергии, чем через меньший, хоть и менее эффективный типоразмер).

Совместное использование ТН и ТеФо позволяет удачно взаимоусилить положительные стороны каждого из этих видов оборудования и частично нейтрализовать отрицательные, т.к. ТеФо имеет

максимальную энергетическую эффективность на тех режимах, на которых она для ТН значительно снижается. Благодаря этому необходимая тепловая мощность ТН при низких температурах наружного воздуха может быть существенно меньше, чем должна была бы быть без применения рекуператоров.

При обосновании применения на объекте рекуператоров ТеФo в первую очередь должны анализироваться условия зимней эксплуатации, т.к. энергетическая эффективность ТеФo наиболее высока именно на этих режимах. В случаях значительной продолжительности летнего режима при заказе изделия должна оговариваться необходимость комплектации менее энергоемкими вентиляторами.

Список использованной литературы.

1. 2003г, «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии», Одесса, №2(17), стр.37-39, Барон В.Г., « Комнатный воздухообменник для современного комфортабельного жилья»
2. 2004г, «Теплоэнергоэффективные технологии», Санкт-Петербург, № 2, стр.44-45, Барон В.Г., «Комнатный воздухообменник».
3. 2006г, «Новости теплоснабжения», Москва, № 6 (70), стр.46-51, Барон В.Г., «Рекуперация тепла в современных системах вентиляции».
4. 2006г, «Аква-Терм», г.Киев, №4, стр.24-26, Барон В.Г., «Децентрализованные рекуператоры тепла».
5. 2006г, «Энергосбережение», г.Донецк, №6, стр.18-25, Барон В.Г., «Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – эффективное энергосбережение или неоправданное расточительство»
6. 2006г., «С.О.К.», Москва, №12, стр.88-93, Барон В.Г., ««Рекуператор тепла вентиляционного воздуха – эффективное энергосбережение или неоправданное расточительство»
7. 2004г, «Энергосбережение в зданиях», Киев, №1, стр.8-14, Гершкович В.Ф., Барон В.Г., «Новое устройство для современной квартиры – комнатный воздухообменник»
8. 2006г., «Отопление, водоснабжение, вентиляция + кондиционеры», Киев, №5, стр. 30-34, «Оценка эффективности применения тепловых насосов в условиях метрополитенов и угольных шахт»