

УДК 628.511

Н. А. МАКСИМОВА, В. П. КИЧАТОВ, М. В. КОСТИКОВА
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры**СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ УДАЛЯЕМОГО ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ**

Рассмотрены существующие способы утилизации теплоты удаляемого воздуха в системах вентиляции и кондиционирования воздуха. Предложен способ утилизации теплоты удаляемого воздуха на основе адсорбции водяных паров силикагелем.

енергосбережение, утилизация теплоты, приточный воздух, рекуператоры теплоты, вентиляция, кондиционирование

Формулировка проблемы. Проблема энергосбережения относится к актуальной задаче нашего времени. Проблема обостряется в связи с ростом энергопотребления в различных регионах и отраслях хозяйственной деятельности общества. Из-за роста энергопотребления увеличивается потребность в энергоносителях: природном газе, каменном угле, мазуте и др. В системах вентиляции и кондиционирования воздуха использование теплоты удаляемого воздуха для нагрева приточного воздуха позволяет на 50...60 % снизить расход теплоты вентиляционными системами.

Но в настоящее время все затрудняется тем, что еще не выделена область экономически целесообразного применения тех или иных теплоутилизаторов в климатических и эксплуатационных условиях страны.

Анализ последних исследований и публикаций. Теплоутилизационные установки можно разделить на два вида: теплоутилизаторы-теплообменники непосредственного действия и тепловые насосы, обеспечивающие увеличение потенциала утилизируемого тепла. Теплообменники-теплоутилизаторы могут использоваться только в том случае, если потенциал источника выше потенциала той среды, которой передается тепловая энергия [1].

Теплоутилизаторы-теплообменники подразделяются на три группы: воздушно-воздушные или воздушно-жидкостные рекуперативные теплоутилизаторы, теплоутилизаторы с промежуточным теплоносителем и регенеративные теплоутилизаторы. К настоящему времени разработаны разнообразные схемы и оборудование для утилизации теплоты удаляемого воздуха. Наиболее оптимальным, по мнению различных источников, является утилизатор с промежуточным теплоносителем [1].

Цель исследования. Целью данного исследования является анализ применяемых способов утилизации теплоты удаляемого воздуха в системах вентиляции и кондиционирования и выбор наиболее оптимальной схемы утилизации теплоты.

Основной материал. При всем многообразии конструктивных решений утилизаторов тепла характерным для них является наличие следующих элементов: среды — источника тепловой энергии; среды — потребителя тепловой энергии; теплообменника-теплоприемника, воспринимающего тепловую энергию от источника; теплообменника-теплопередатчика, передающего тепловую энергию потребителю; рабочего вещества, транспортирующего тепловую энергию от источника к потребителю. В регенеративных и рекуперативных утилизаторах рабочим веществом являются сами теплообменивающиеся среды [2]. Определенный интерес представляют термодинамический анализ работы утилизаторов, который позволяет установить термодинамическую общность и различие процессов, протекающих в них.

Для этой цели воспользуемся изображением процессов на T-s-диаграмме (рис. 1). В утилизаторах тепла с однофазными рабочими веществами процесс на T-s-диаграмме изображается в области жидкой или газообразной фазы. Рассмотрим как наиболее общий случай работу теплоутилизатора с

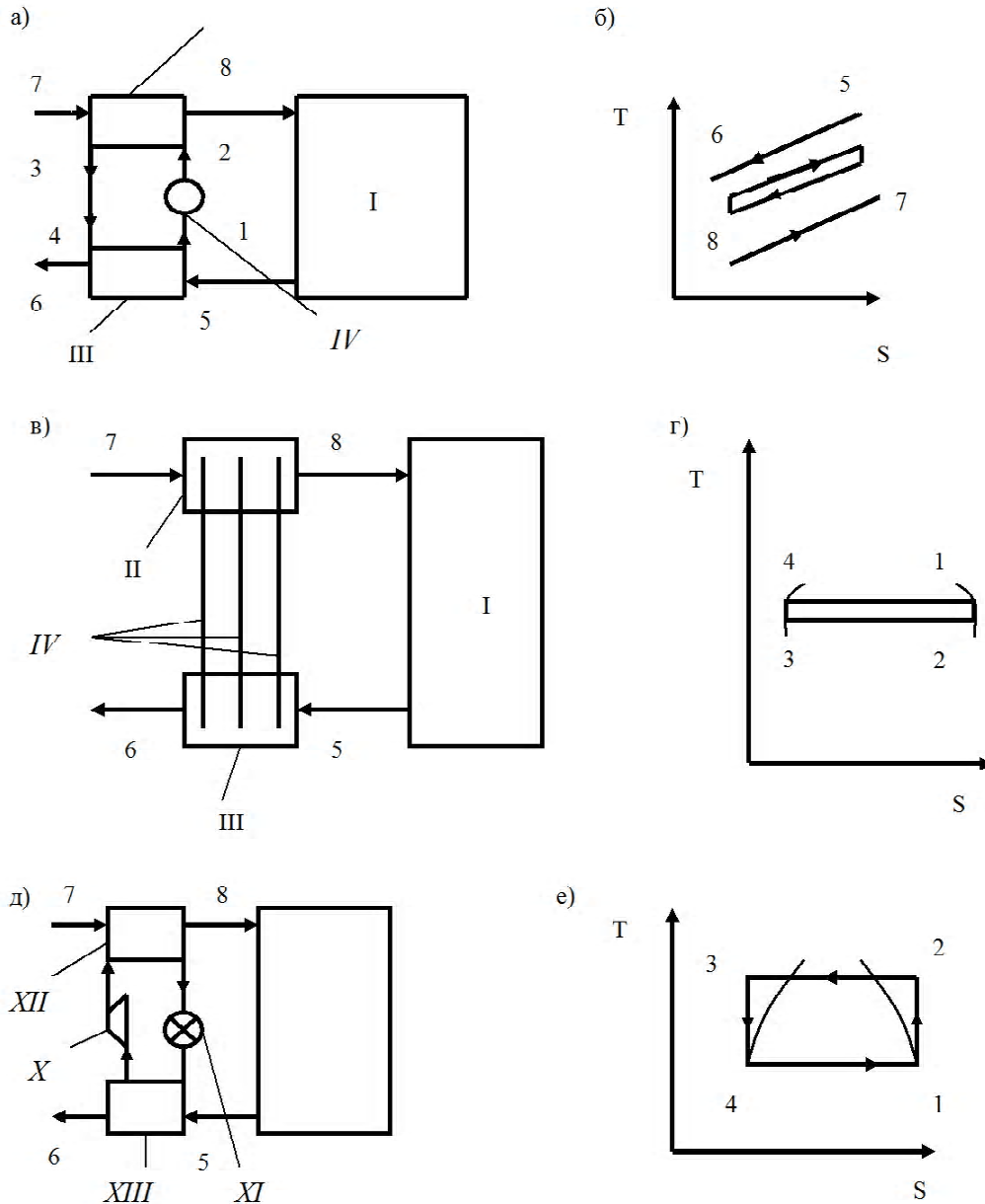


Рисунок 1 – Схемы теплоутилизаторов и изображения на T-s-диаграмме протекающих в них термодинамических процессов: а, б – теплообменники с промежуточным однофазным теплоносителем; в, г – теплообменники с тепловыми трубками; д, е – теплообменники с тепловым насосом; I – помещение; II – теплообменник-теплопередатчик; III – теплообменник-теплоприемник; IV – циркуляционный насос; V – тепловые трубки; VI – зона конденсации; VII – пар; VIII – конденсат; IX – зона испарения; X – компрессор; XI – регулирующий вентиль; XII – теплопередатчик-конденсатор; XIII – теплоприемник-испаритель.

промежуточным теплоносителем (рис. 1, а, б). Поскольку состояние рабочего вещества в циркуляционном насосе меняется незначительно, можно полагать, что точки на T-s-диаграмме (рис. 1, б), изображающие состояние рабочего вещества на выходе из теплообменника (1) и на входе в теплопередатчик (2), а также на выходе из теплопередатчика (3) и на входе в теплоприемник (4) почти совпадают. Тогда изменение состояния рабочего вещества на T-s-диаграмме изобразится практически совпадающими линиями 1–4 и 2–3, проходящими по направлению $p = \text{const}$. Изменению параметров состояния среды-источника тепла (например, вытяжной воздух) соответствует на диаграмме линия 5–6, а среды, воспринимающей тепло (например, приточный воздух), – линия 7–8.

Процесс в утилизаторе с тепловыми трубками, который также соответствует случаю с промежуточным теплоносителем (рис. 1, в, г), отличается от рассмотренного выше тем, что он протекает на

T-s-диаграмме в области влажного пара с изменением фазового состояния при практически постоянной температуре. Поскольку теплоприемник и теплопередатчик имеют общий объем, в них устанавливается одинаковое давление [3]. При одинаковых тепловых потоках в конденсаторе и испарителе давление испарения и конденсации можно считать соответствующим средней температуре среды на входах в теплоприемник (в зоне испарения) и в теплопередатчик (в зоне конденсации). Изменение состояния рабочего вещества можно изобразить горизонтальными, практически совпадающими с $T = \text{const}$ линиями. Изменение состояния теплообменивающихся сред (линии 5–6 и 7–8) аналогично первому случаю.

Утилизатор с тепловым насосом (рис. 1, д, е) отличается тем, что циркуляция рабочего вещества в нем осуществляется компрессором. В компрессоре в отличие от тепловой трубки происходит адиабатное сжатие рабочего вещества. В результате его температура увеличивается. Чем больше работа, затрачиваемая в компрессоре на адиабатное сжатие рабочего вещества, тем больше на T-s-диаграмме расходятся прямые 1–4 и 2–3, определяющие температурный уровень в испарителе и конденсаторе, от приблизительно среднего положения, соответствующего температурному уровню в тепловой трубке [4]. Состояния теплообменивающихся сред (линии 5–6 и 7–8) аналогичны первому случаю. В результате увеличиваются перепады температур рабочего вещества в теплоприемнике и теплопередатчике и сред в источнике (5–6) и потребителе (7–8) тепловой энергии. Это приводит к сокращению теплообменной поверхности, необходимой для передачи тепловой энергии. Однако одновременно с этим затрачивается мощность на адиабатное сжатие. Одна из возможных форм термодинамической оценки циклов, протекающих в утилизаторах, состоит в определении отношения полезной тепловой мощности к затрачиваемой на совершение цикла. Поскольку в утилизаторах тепла с насосами затраты мощности на совершение цикла несоизмеримо меньше, чем в компрессорах, для них это отношение выше. Однако окончательное решение о целесообразности применения конкретного утилизатора следует делать на основе экономических расчетов.

К настоящему времени разработаны разнообразные схемы и оборудование для утилизации теплоты удаляемого воздуха. Для регионов Украины наиболее оптимальным являются утилизаторы с промежуточным теплоносителем.

Однако и они имеют ряд недостатков:

- режим работы данных утилизаторов зависит от колебаний (амплитуды) температуры наружного воздуха, наблюдаемых в отдельные аномальные дни холодного периода года. В эти дни (пятнедневки и декады) нарушается бесперебойная работа утилизаторов теплоты, возникает необходимость отключения их от стадии утилизации на определенные периоды.

- принципы утилизации теплоты заложенные, а их конструкции, основанные на процессах теплопередачи и конвективного теплообмена, не позволяют утилизировать полностью главную составляющую теплоты удаляемого воздуха из помещений – скрытую теплоту водяных паров.

Утилизатор может быть сконструирован более универсальным и эффективным, если его работа будет основана на сорбционных процессах в системе воздух – твердый сорбент.

При этом удаляемый воздух из помещений пропускают через слой гранулированного сорбента – тело с развитой микроструктурой, например, силикагель и др., который способен жадно впитывать водяные пары с выделением большого количества теплоты – теплоты адсорбции (теплота фазового перехода).

Адсорбция сопровождается конденсацией влаги в капиллярных сорбентах с выделением удельной теплоты испарения и удельной теплоты смачивания в количестве 29 830 кДж/кг.

Причем многие сорбенты могут производить осушение воздушного потока до нулевого влагосодержания и выпускать в атмосферу практически абсолютно сухой воздух, т. е. практически утилизировать всю скрытую теплоту и дополнительно явную теплоту в количестве не менее той, что утилизируется в современных утилизаторах.

Таким образом, в предлагаемом способе количество утилизируемой теплоты больше, чем в традиционном способе с рекуперативными теплообменниками на величину теплоты адсорбции, выделяющейся при осушке воздуха.

Экономия только за счет утилизации теплоты воздуха, удаляемого из промышленных зданий, может достигать 1,7...2,0 млн. т.у.т. в год. Необходимо применять такие теплоутилизаторы, которые были бы экономически наиболее эффективны, надёжны и просты в эксплуатации и имели бы сравнительно невысокий удельный расход металла.

Для определения суммарного количества утилизируемой теплоты необходимо произвести теплотехнический расчет утилизатора с учетом климатических условий местности, типа и конструкции утилизатора, числа смен работы, мероприятий по предотвращению инееобразования и т. д.

Выводы. Приведены и проанализированы существующие способы утилизации теплоты удаляемого воздуха в системах вентиляции и кондиционирования. В качестве схемы утилизации теплоты предложен способ рекуперации теплоты удаляемого воздуха на основе адсорбции водяных паров силикагелем. Способ позволяет осуществить полный отбор скрытой теплоты водяных паров, содержащихся в воздухе, что недостижимо для существующих методов утилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богословский В. Н. Кондиционирование воздуха и холодоснабжения / Богословский В. Н., Кокорин О. Я., Петров Л. В. — М. : Стройиздат, 1985. — 367 с.
2. Кокорин О. Я. Энергосберегающие технологии функционирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха / Кокорин О. Я. — М. : Проспект, 1999. — 287 с.
3. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники. / Кельцев Н. В. : [2-е изд.]. — М. : Химия, 1984. — 592 с.
4. Кокорин О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха / Кокорин О. Я. — М. : Физматлит, 2003. — 304 с.
5. Баркалов Б. В. Кондиционирование воздуха в промышленных, общественных и жилых зданиях / Баркалов Б. В., Карпис Е. Е. — М. : Стройиздат, 1982. — 312 с.

Получено 10.09.2010

Н. А. МАКСИМОВА, В. П. КИЧАТОВ, М. В. КОСТИКОВА
СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ ПОВІТРЯ, ЩО ВИДАЛЯЄТЬСЯ, В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦІЇ І КОНДИЦІОНУВАННЯ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Розглянуті існуючі способи утилізації теплоты повітря, що видаляється, в системах вентиляції і кондиціонування повітря. Запропоновано спосіб утилізації теплоты повітря, що видаляється, на основі адсорбції водяної пари силкагелем.

енергозбереження, утилізація теплоты, припливне повітря, рекуператори теплоты, вентиляція, кондиціонування

N. A. MAKSIMOVA, V. P. KICHATOV, M. V. KOSTIKOVA
HEAT RECOVERY METHODS AT DEAERATION IN VENTILATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

The available heat recovery methods for deaeration in ventilation and air conditioning systems have been analysed. The new heat recovery method for deaeration in ventilation and air conditioning systems on the bases of the water steam absorption by silica gel have been offered.

energy conservation, heat recovery, incoming air, recuperative heat exchangers, ventilation, air-conditioning

Максимова Наталя Анатоліївна — кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теплотехніка, теплогазопостачання та вентиляція» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка термотрансформаторів та теплових насосів, енергоресурсозбереження.

Кичатов Валентин Петрович — доцент кафедри «Теплотехніка, теплогазопостачання та вентиляція» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження.

Костікова Марія Валеріївна — магістрант кафедри «Теплотехніка, теплогазопостачання та вентиляція» Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоресурсозбереження.

Максимова Наталья Анатольевна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка термотрансформаторов и тепловых насосов, энергоресурсосбережение.

Кичатов Валентин Петрович — доцент кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Костикова Мария Валериевна — магистрант кафедры «Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция» Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоресурсосбережение.

Maksimova Natalya Anatolyevna — a Ph. D. (Engineering), an Assistant Professor of the Heating Engineering, Gas Supply and Ventilation Department. Research interests: engineering of heat transformers and heat pumps, energy conservation.

Kichatov Valentin Petrovich — a Ph. D. (Engineering), an Assistant Professor of the Heat Engineering, Gas Supply and Ventilation Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation.

Kostikova Mariya Valeryevna — an M. Ph. (Engineering), an instructor of the Heat Engineering, Gas Supply and Ventilation of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy conservation.