

## Климатические системы с тепловыми насосами и водяным контуром

*Аспирант ГОУ СПбГПУ О.В. Аверьянова\**

Современное общество все больше приходит к пониманию того, что природные запасы Земли безграничны. Если человечество не изменит своих подходов, к 20-30-м годам нынешнего столетия для удовлетворения своих потребностей нам понадобятся две планеты. Поэтому необходимо искать эффективные способы изменения существующих тенденций потребления.

Ни для кого не секрет, что политика СССР не была направлена на экономию природных ресурсов. Возводилось огромное количество зданий и сооружений, где система отопления совершенно не была продумана с точки зрения рациональности потребления энергии. Теперь мы живем в другой стране, одним из приоритетных направлений развития которой является экономия и сохранение природных невозобновляемых источников энергии. Федеральный закон «Об энергосбережении» от 3 апреля 1996г. №28-ФЗ предполагает развитие добычи и производства альтернативных видов топлива, способных заменить энергетические ресурсы более дорогих и дефицитных видов.

В СНиПе 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», в разделе 11 прямо рекомендуется использовать альтернативные источники энергии. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» уже устанавливает нормативные требования к строительству зданий с учетом обеспечения климатических условий работы технического оборудования при минимальном расходе тепловой энергии за отопительный период.

Существует достаточное количество способов выполнения нормативных требований. Первый способ обеспечения энергосбережения при функционировании зданий – это значительное повышение термического сопротивления наружных ограждающих конструкций путем применения теплоизоляции, усовершенствованных конструкций и технологий. При наличии в здании наружных ограждений с повышенной тепловой изоляцией требуемая теплота на нагрев приточного воздуха составляет до 80% тепловой нагрузки на систему отопления. Отечественный опыт показал, что наиболее целесообразным методом снижения нагрузки на системы отопления является применение установки утилизации теплоты вытяжного воздуха. Также способом снижения расходов теплоты в системах отопления является автоматизация работы оборудования.

Можно рассмотреть еще один способ экономии энергии, при котором утилизируется тепло внутреннего воздуха. В США и Европе используются системы, позволяющие это сделать. Они состоят из водяного кольцевого контура и тепловых насосов, установленных в каждом помещении. В Российской Федерации такие системы пока не получили широкого распространения. Поэтому эффективные решения по их эксплуатации у нас отсутствуют.

Многозональные или многоквартирные здания обладают двумя характеристиками, важность которых часто недооценивается специалистами по вентиляции и кондиционированию воздуха, – это разброс нагрузок и их сезонные перепады.

Разброс нагрузок может быть определен как отсутствие нагрузки в одной части системы и присутствие в другой. Вероятность того, что все жильцы присутствуют в здании, все освещение и отопление включено и работает в режиме пиковой проектной нагрузки, слишком мала, и еще меньше она в больших зданиях. Большинство проектировщиков учитывает разброс нагрузок на систему охлаждения путем выбора оборудования с производительностью меньшей, чем максимальная потенциальная нагрузка. Строго говоря, разброс – это оценочный фактор. Если проектировщик ошибся, или характер пользования зданием меняется, система охлаждения становится избыточной или неадекватной.

Системы кондиционирования в многозональных зданиях имеют низкую эффективность при частичной нагрузке. При проектной величине нагрузки хорошие централизованные системы кондиционирования работают прекрасно, однако в течение большей части года они потребляют непропорциональное количество энергии, поддерживая заданные параметры, и затрачивают очень мало энергии на фактическое отопление или охлаждение здания.

Потребность в отоплении или охлаждении в каждой комнате и в любое время очевидна, но большинство централизованных систем удовлетворяет эту потребность путем «дробления» энергии, при котором кондиционирующая среда (воздух или вода) делится на две части: одна часть перегревается, а другая переохлаждается. Среда доставляется в помещение, смешивая холодную и горячую части в необходимой пропорции для достижения требуемой температуры в помещении.

Другие системы являются энергетически нейтральными, а их последние версии неправомерно называются энергосберегающими системами. По сравнению с их расточительными предшественниками, они

представляют собой значительный шаг вперед, хотя фактически не сохраняют излишки энергии для последующего использования.

Первым крупным шагом в сокращении годового потребления энергии в многоквартирных зданиях является отход от создания централизованных систем в помещениях, где они продемонстрировали свою непригодность. При этом локальное устройство для отопления и охлаждения в каждой зоне или комнате обеспечивает гарантированное сбережение энергии. Каждое такое устройство обеспечивает нагревание или охлаждение, когда потребуется, только до нужного уровня, реализуя таким образом разнообразие отопления, охлаждения и потребления электроэнергии.

Вторым шагом к энергосбережению является включение всех тепловых насосов в единый замкнутый водяной контур. Это позволяет переносить энергию из помещений, которые нужно охлаждать, в помещения, в которых недостаточно энергии. Замкнутый водяной контур обеспечивает эффективный перенос энергии (можно утверждать, что перенос энергии на значительные расстояния при помощи воздуха является наименее эффективным из всех применяемых методов переноса тепла).

В числе преимуществ, реализованных в системах с тепловыми водяными насосами, можно отметить следующие.

- Предельная гибкость зонирования.
- Максимальное разнообразие в любой момент времени: устройства работают, только когда этого требуют индивидуальные органы управления в помещении.
- Меньший объем технических помещений, поскольку не требуется объемного оборудования центрального охлаждения.
- Уменьшение общего объема здания, или увеличение его полезного объема, т.к. система трубопроводов минимальна, а основной перенос энергии происходит посредством электропроводки и неизолированных водонесущих труб.
- Уменьшение трудозатрат по установке на объекте по сравнению с центральными системами.
- Простота проектирования. Отсутствуют сложные управляющие клапана или обширная, монтируемая на месте система автоматического управления температурой.
- Максимальная надежность системы. Отказ одного устройства не влияет на работу остальных.
- Нет необходимости в привлечении квалифицированного оператора, меньше стоимость обслуживания, поскольку любое устройство можно снять, заменить запасным, а неисправное устройство отправить для ремонта в местную мастерскую, после чего вернуть в здание для использования в качестве запасного.
- Максимальная гибкость архитектуры проекта, как в части основной конфигурации здания, так и в планировке интерьера. Терминальные устройства можно устанавливать в виде подоконных консолей, подвешивать к потолку, устанавливать в шкафах, выполнять в виде больших блоков мощностью до 105 кВт и, если в помещении нет места для установки оборудования, устанавливать на крыше.
- При строительстве коммерческих или жилых зданий требуются минимальные начальные инвестиции, поскольку водяной контур может быть спроектирован и смонтирован без предварительного знания структуры организации этажей, а локальное оборудование может быть закуплено и установлено позднее, по мере необходимости.
- В основном постоянное потребление электроэнергии в течение года, с обеспечением любых дополнительных требований к отоплению, за счет ограничения потребления, или за счет использования повышения температуры воды в периоды внепикового потребления (по ночному тарифу).

Для примера рассмотрим здание с системой на основе тепловых водяных насосов.

На схеме построена теоретическая модель здания (рис.1), состоящая из двух помещений, параметры микроклимата в которых поддерживаются системой с водяным кольцевым контуром и параллельно подключенными к нему теплонасосными установками (ТНУ), располагающимися в каждом из помещений.

Модель характеризуется следующими параметрами.

Температура наружного воздуха –  $t_{нар}$ .

Температура внутреннего воздуха –  $t_{вн}$ .

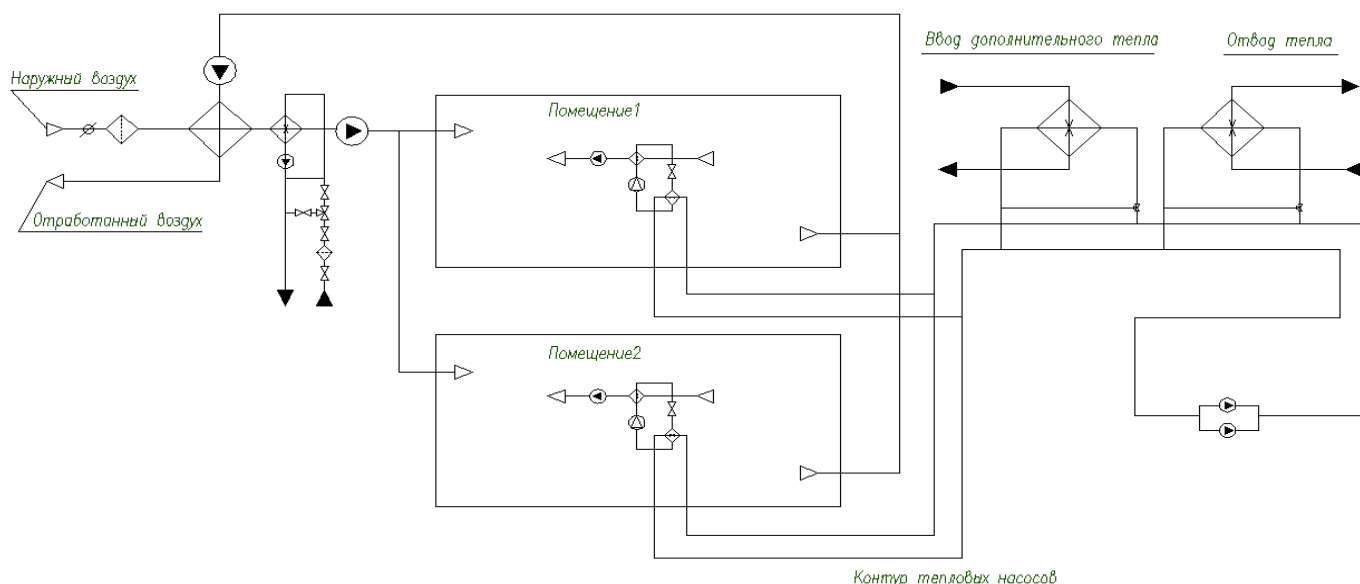


Рисунок 1. Принципиальная схема энергоэффективной системы поддержания микроклимата

При помощи системы автоматизации, которая регулирует и управляет процессами в системах вентиляции, теплоснабжения калорифера нагрева приточного воздуха, ТНУ, насосами в кольцевом контуре, можно добиться оптимальной работы системы поддержания параметров микроклимата и значительной экономии энергоресурсов.

Помещения по своей архитектуре одинаковы, приточный воздух подается в количестве  $L \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В состав системы кондиционирования входят: тепловой насос «вода–воздух», первичный контур (воздух–хладагент), вторичный контур  $T_{\text{пр}} - T_{\text{обр}}$  (фреон – вода). Приточный воздух забирается снаружи. В калорифере центральной вентиляционной установки воздух нагревается до температуры  $t^\circ\text{C}$ .  $t < t_{\text{вн}}$ . В помещение воздух попадает с температурой  $t$ , смешивается с воздухом, который находится в помещении.

В одном из помещений присутствуют теплоизбытки ( $Q_{\text{изб}}$ ), в другом помещении – теплопотери ( $Q_{\text{потери}}$ ).

Рассмотрим первое помещение, в котором присутствуют избыточные теплоступления в количестве  $Q_{\text{изб}}$  ккал/ч. Приточный воздух в количестве  $L \text{ м}^3/\text{ч}$  с температурой  $t^\circ\text{C}$  в этом помещении должен нагреться на  $\Delta t_1 = t_{\text{вн}} - t$ . Количество тепла, необходимое для нагрева на  $\Delta t_1$ , равно  $Q_1$ :

$$Q_1 = L \cdot c \cdot \gamma \cdot \Delta t_1$$

Избыточная часть  $\Delta Q_1 = (Q_{\text{изб}} - Q_1) \varphi_x$  (где  $\varphi_x$  – холодильный коэффициент) выводится из помещения с помощью теплового насоса и отдается в водяной контур, при этом температура в водяном контуре повышается до  $t^\circ\text{C}$ .

Во втором помещении присутствуют теплопотери в количестве  $Q_{\text{потери}}$ . Воздух, как и в первом помещении, поступает в количестве  $L \text{ м}^3/\text{ч}$  с температурой  $t^\circ\text{C}$  и должен нагреться на  $\Delta t_1 = t_{\text{вн}} - t$ . Количество тепла, необходимое для нагрева на  $\Delta t_1$ , также равно  $Q_1$ . Для компенсации теплопотерь воздух в помещении необходимо перегреть на  $\Delta t_2 = t_1 - t_{\text{вн}}$ , сообщив количество теплоты в количестве  $Q_{\text{потери}}$ . Всего во второе помещение необходимо при помощи теплового насоса из кольцевого контура привнести  $\Delta Q_2 = Q_{\text{потери}} + Q_1$ .

Тепловой насос из водяного контура заберет следующее количество тепла:

$$Q_{\text{потери}} + Q_1 = (Q_{\text{изб}} - Q_1) \varphi_x \cdot \varphi_T,$$

где  $\varphi_x$ ,  $\varphi_T$ , соответственно, – холодильный и тепловой коэффициенты для теплонасосной установки, работающей на тепло или на холод.

При этом уменьшится температура в водяном контуре и станет, соответственно,  $t_x^\circ\text{C}$ .

Сделав несложные математические преобразования, можно получить следующую зависимость температуры  $t^\circ\text{C}$  ( $t < t_{\text{вн}}$  воздуха на выходе из калорифера приточной установки) от  $Q_{\text{изб}}$  и  $Q_{\text{потери}}$ :

$$t = t_{\text{вн}} - \frac{Q_{\text{изб}} \cdot \varphi_x \cdot \varphi_T - Q_{\text{потери}}}{(1 + \varphi_x \cdot \varphi_T) \cdot L \cdot c \cdot \gamma}$$

Мы видим, что при увеличении тепlopоступлений в первое помещение уменьшается количество энергии, необходимой для первичного подогрева приточного воздуха (рис. 2).

При увеличении тепlopотерь во втором помещении количество энергии, необходимой для первичного подогрева приточного воздуха, наоборот, увеличивается (рис. 3).

При увеличении количества приточного воздуха количество энергии возрастает (рис. 4).

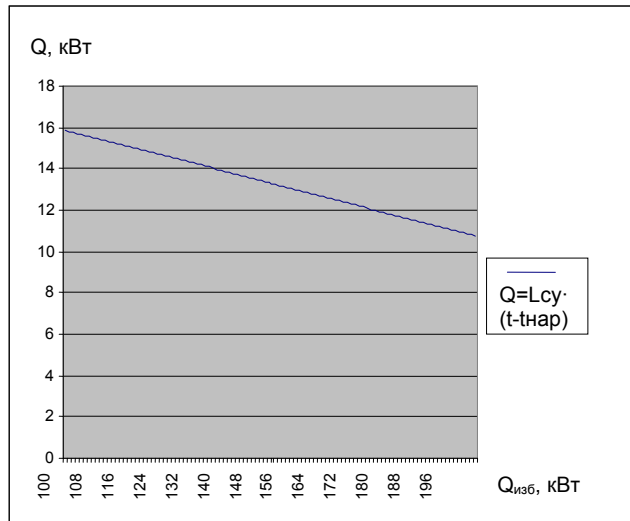
Можно сделать вывод, что для экономии энергии необходимо подавать воздух в минимальном количестве согласно нормам, а для поддержания температурных параметров в помещении использовать рециркуляционный воздух.

В заключение несколько слов об автоматике такой системы. Датчики температуры воды в кольцевом контуре будут подавать сигнал к балансировочному клапану узла смешения на калорифере. При повышении температуры в кольцевом контуре будет уменьшаться температура подающей воды, проходящей через калорифер. Когда на выходе их калорифера температура приточного воздуха достигнет параметров, продиктованных нормативными документами, будет отключаться, соответственно, система водяного отопления. А при достижении температуры воды в кольцевом контуре выше  $t_7$  °C будет включаться источник холода и отводить излишки тепла. Соответственно, при понижении температуры в кольцевом контуре будет увеличиваться температура подающей воды, проходящей через калорифер. При достижении температуры воды в кольцевом контуре ниже  $t_x$  °C будет включаться дополнительный источник тепла.

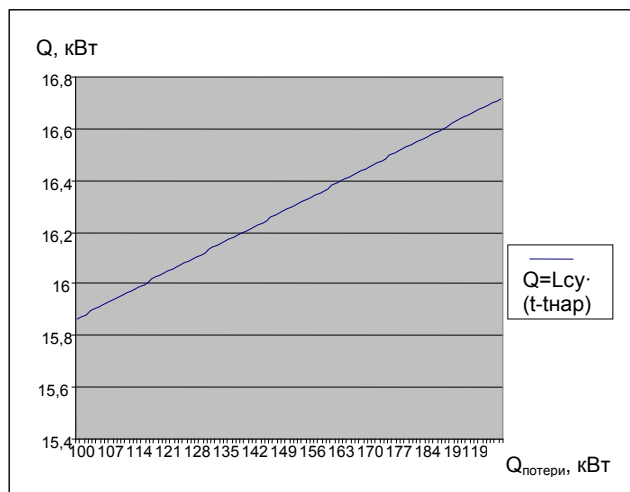
Результаты работы рекомендуется использовать в проектировании систем отопления и вентиляции новых и реконструируемых зданий. Они имеют большую практическую значимость для собственников зданий, т.к. в процессе эксплуатации энергоэффективных систем происходит значительная экономия средств и потребляемых ресурсов.

**Литература**

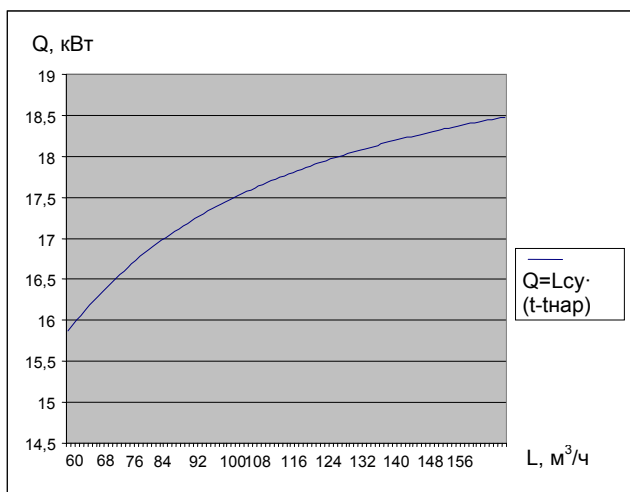
1. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М., 1985.
2. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн.1 и 2 / Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. М., 1999.
3. Кокорин О.Я., Ставицкий Л.И., Кронфельд Я.Г. Кондиционирование воздуха в многоэтажных зданиях. – М., 1981.
4. СНиП 2.04.05-91 Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., 2000.
5. СНиП 23-01-99 Строительная климатология. М., 2000.
6. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения / Под ред. Б.К. Явнеля. М., 1985.



**Рисунок 2**



**Рисунок 3**



**Рисунок 4**

7. Энергосбережение в зданиях. Специальный выпуск № 4 (№ 2 – 1997). Киев, 1997.
8. <http://es-co.ru/index.php>

\* Олеся Валерьевна Аверьянова, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет  
Тел. раб.: 327-44-44, 327-433, доб. 5692; эл. почта: O Averyanova@bcs.ru