

Д. В. Степанов, к. т. н., доц.; Н. Д. Степанова, к. т. н., доц.; А. А. Гайдейчук

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОТЫ В СХЕМЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ

Проанализированы варианты работы системы теплохладоснабжения жилого здания с тепловыми насосами и аккумуляторами теплоты. Проведены исследования влияния мощности теплового насоса на объем бака-аккумулятора и суточные расходы на электроэнергию с учетом двух- и трехзонных систем учета потребления электроэнергии. Получена зависимость объема бака-аккумулятора теплоты для системы горячего водоснабжения от соотношения мощностей горячего водоснабжения и хладоснабжения. Выявлены границы целесообразности внедрения когенерационных систем теплохладоснабжения зданий.

Ключевые слова: аккумулятор теплоты, система теплохладоснабжения, тепловой насос, зонный учет электроэнергии.

Введение, постановка задачи

Уменьшение потребления импортируемого природного газа и повышение энергоэффективности объектов жилищно-коммунального хозяйства Украины являются одними из основных задач на данный момент. В системах централизованного теплоснабжения природный газ целесообразно замещать углем и его смесями с биомассой. Но в условиях децентрализации теплоснабжения наиболее прогрессивными, по нашему мнению, являются системы с использованием теплонасосных технологий.

Такое оборудование позволяет использовать нетрадиционные источники энергии, а именно: теплоту грунта, воздуха, вытяжного воздуха, грунтовых, речных и сточных вод и пр. [1]. При этом обеспечивается достаточно высокий коэффициент использования топлива, минимальное воздействие системы на окружающую среду, высокий уровень безопасности, автоматизации и культуры производства. Недостатками теплонасосных систем являются значительные капиталовложения и значительный расход электроэнергии. Но тепловые насосы могут также производить холод в теплый период года для охлаждения воздуха в помещениях, поэтому такая когенерационная система позволяет уменьшить себестоимость производимой теплоты и холода.

В качестве объекта исследования выбрано жилое здание с расчетной мощностью системы отопления 202,7 кВт, системы горячего водоснабжения 157,1 кВт, системы охлаждения помещений 94,7 кВт [2].

Для уменьшения капиталовложений в систему теплохладоснабжения и расходов электроэнергии в теплый период года для производства холода использовано техническое решение [3], заключающееся в подключении системы хладоснабжения к испарителям теплонасосных установок, что позволяет одновременно производить тепловую энергию на конденсаторах тепловых насосов для системы горячего водоснабжения и холод на испарителях тепловых насосов для системы хладоснабжения (рис. 1). Такое решение также позволяет использовать режим пассивного охлаждения здания.

Одной из основных особенностей жилых зданий является значительная неравномерность потребления теплоты для системы горячего водоснабжения и холода для кондиционирования помещений. Суточное колебание тепловой нагрузки систем горячего водоснабжения (ГВС) и одновременное производство теплоты и холода в теплый период года требует использование систем аккумулирования энергии, поэтому **целью** данной **работы** является оценка эффективности аккумулирования теплоты в системе теплохладоснабжения жилого здания.

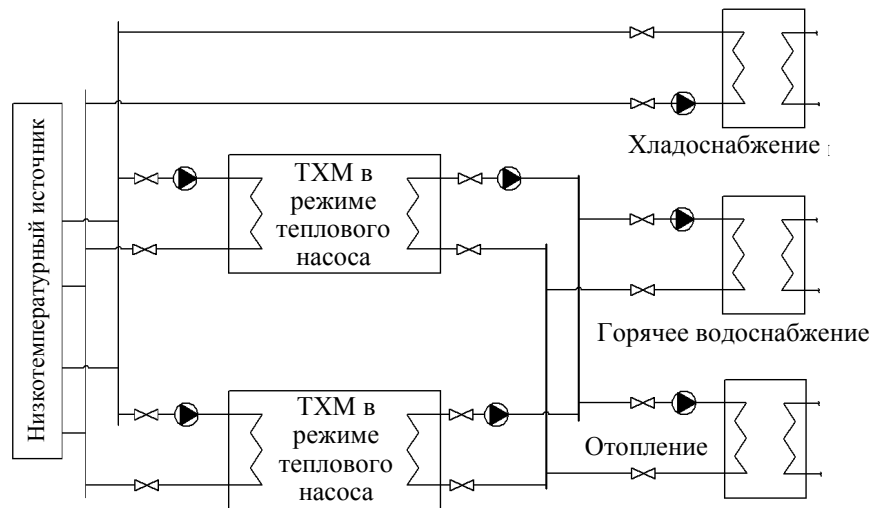


Рис. 1. Схема энергоэффективной системы теплоснабжения здания

Основные исследования

Для выравнивания суточных колебаний нагрузки на ГВС обычно используют аккумуляторы горячей воды. Такой способ позволяет упростить регулирование теплонасосной установки и уменьшить ее пиковые нагрузки. С учётом расчетной мощности системы ГВС и характерного распределения мощности в течение суток [3] определено, что среднесуточная мощность системы составляет 100,1 кВт, если теплонасосная установка работает круглосуточно с такой мощностью, необходимый объем бака-аккумулятора составляет 6,51 м³.

Теплонасосная установка является мощным потребителем электроэнергии, а в последнее время все больше внимания уделяют внедрению систем двухзонного учета потребленной электроэнергии. Для уменьшения расходов на электроэнергию в таком случае целесообразно в период ночного минимального потребления электроэнергии (с 23 ч. до 7 ч.) [4] увеличивать мощность теплового насоса. На рис. 2 показано, как влияет мощность теплового насоса в ночной период на объем бака-аккумулятора теплоты и затраты на электроэнергию (полный тариф на электроэнергию принят 1,4 грн/(кВт·ч)). При этом учтены два варианта тарифа на электроэнергию в ночное время – 0,7 и 0,5 от полного тарифа. Для трехзонного учета потребления электроэнергии в ночное время коэффициент 0,4, в полупиковый период – 1,0, в пиковый – 1,5.

Для получения результатов, приведенных на рис. 2, проведены числовые исследования при увеличении тепловой мощности теплового насоса для ГВС в ночной период со 100,1 до 170 кВт, при этом необходимая мощность в дневной период (для двухзонного учета), соответственно, уменьшилась со 100 до 65,5 кВт. Для таких условий объем бака-аккумулятора теплоты возрастает в 2,43 раза.

Для системы с трехзонным учетом электроэнергии мощность теплового насоса подбирали в пиковый и полупиковый период при условии обеспечения минимальных затрат на электроэнергию. Перегиб графика затрат на электроэнергию на рис. 2 для системы с трехзонным учетом можно объяснить тем, что при мощности теплового насоса в ночной период более 126 кВт дорогой "пиковой" электроэнергией можно не пользоваться.

Согласно данным на рис. 2, установка двух- и трехзонных систем учета электроэнергии позволяет уменьшить затраты на нее: для двухзонных систем с ночным тарифным коэффициентом 0,7 – на 10%; для двухзонных систем с ночным тарифным коэффициентом 0,5 – на 16,7%; для трехзонных систем с ночным тарифным коэффициентом 0,4 – на 9,6%.

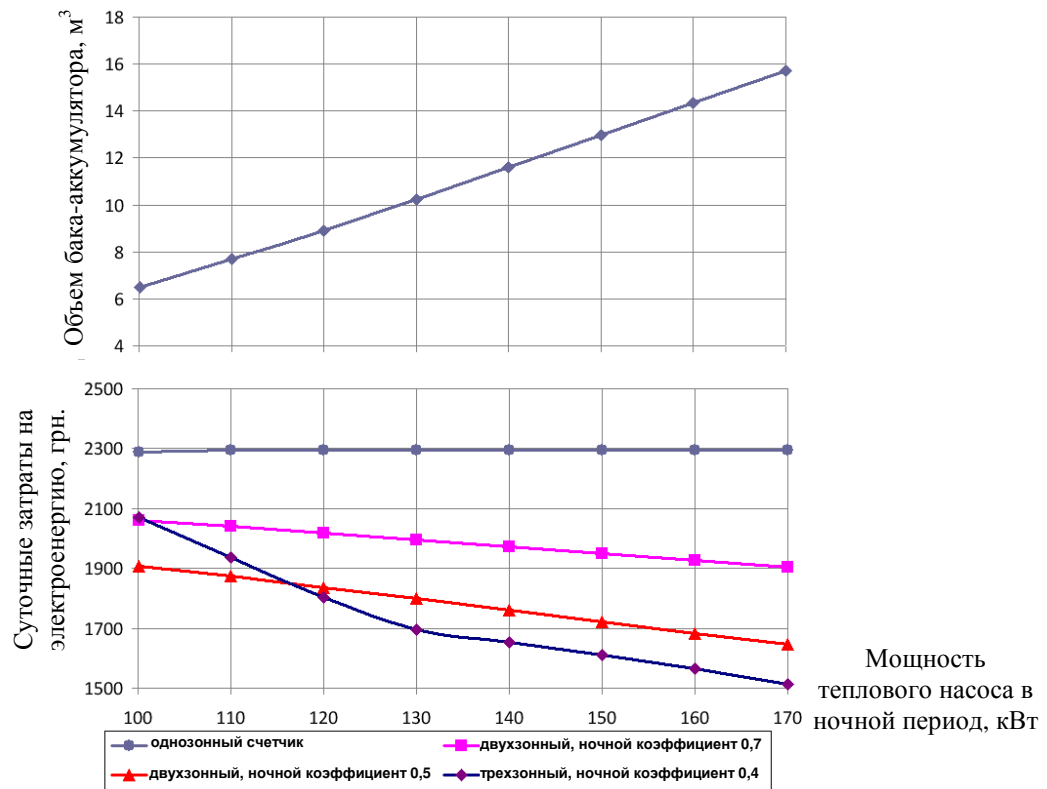


Рис. 2. Влияние мощности теплового насоса для ГВС в ночной период на объем бака-аккумулятора и на суточные расходы на электроэнергию

Суммарная экономия затрат на электроэнергию при установке ее зонного учета и баков-аккумуляторов теплоты системы горячего водоснабжения составляет: для двухзонного тарифа с ночным коэффициентом 0,7 – 16,9%; для двухзонного тарифа с ночным коэффициентом 0,5 – 28,2%; для трехзонного тарифа с ночным коэффициентом 0,4 – 33,9%.

Следует заметить, что при использовании дополнительных пиковых источников теплоты, например, электронагревателей [5], полученные экономические эффекты могут быть несколько повышены. Таким образом, аккумулирование теплоты для систем ГВС может обеспечивать существенную экономию затрат на электроэнергию, но требует больших первичных затрат в связи с увеличением установленной мощности оборудования и массогабаритных показателей всей системы.

Для предложенной в [3] схемы сочетания производства теплоты и холода в теплый период года основной особенностью является необходимость согласования мощностей системы ГВС, подсоединенной к конденсатору, и системы хладоснабжения, подсоединенной к испарителю теплонасосной установки.

Обе системы имеют неравномерный суточный график мощности, поэтому для согласованной работы систем предложено использовать баки-аккумуляторы. Выявлено, что более целесообразно использовать аккумуляторы горячей воды, потому что они имеют гораздо меньший объем ($3,6 \text{ m}^3$), чем водяные аккумуляторы холода (24 m^3). На практике используют и другие варианты аккумулирования холода [6], которые характеризуются меньшими массогабаритными показателями, но значительные капиталовложения в такие системы в большой степени нивелируют эффективность их применения.

На рис. 3 показано, как влияет соотношение мощностей ГВС и хладоснабжения на объем аккумулятора горячей воды.

Из приведенного на рис. 3 графика можно определить границы наиболее эффективного использования предложенной схемы системы теплоснабжения здания. Как видно, при

условии соотношения расчетных мощностей ГВС и хладоснабжения более 2,4 такая когенерационная система работает наиболее эффективно и аккумулятор теплоты не нужен, поскольку мощности на испарителе теплового насоса, работающего на систему ГВС, будет

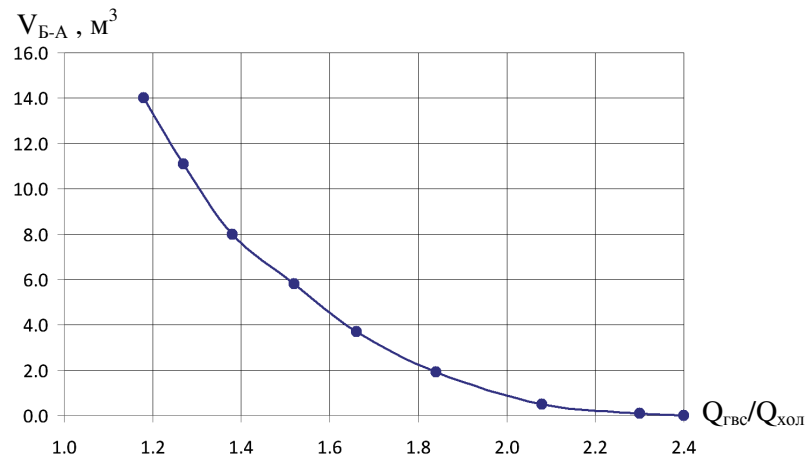


Рис. 3. Зависимость необходимого объема бака-аккумулятора горячей воды от соотношения мощностей ГВС и хладоснабжения

достаточно, чтобы обеспечить потребности в холоде. При соотношении мощностей ГВС и хладоснабжения ниже 1,5...1,6 использование предложенной схемы требует установки баков-аккумуляторов горячей воды значительного объема.

Таким образом, внедрение предложенной энергоэффективной схемы системы теплохладоснабжения будет наиболее эффективным для жилых зданий, бань, санаторных и бассейновых комплексов и других объектов со значительным потреблением горячей воды и небольшими мощностями систем хладоснабжения.

Выводы

1. Перспективным направлением сокращения потребления ископаемого топлива в системах децентрализованного теплоснабжения, по нашему мнению, является использование теплонасосного оборудования, которое позволяет эффективно использовать альтернативные источники энергии. Значительные капиталовложения и потребление электроэнергии можно компенсировать одновременным производством на том же оборудовании теплоты и холода. Поскольку потребление теплоты и холода в жилых зданиях в течение суток имеет значительную неравномерность, такие системы требуют установки оборудования аккумулирования энергии. Доказано, что более рационально с целью экономии в жилых зданиях устанавливать аккумуляторы теплоты, а не аккумуляторы холода.

2. Выявлено, что суммарная экономия затрат на электроэнергию при установке систем зонного учета электроэнергии и систем аккумулирования теплоты составляет 16,9...33,9% в зависимости от тарифных коэффициентов. При чем экономия средств от внедрения самых зонных систем учета составляет 9,6...16,7%.

3. Выявлена закономерность влияния соотношения мощностей горячего водоснабжения и хладоснабжения на объем бака-аккумулятора и пределы целесообразности использования когенерационных систем теплохладоснабжения. Указано, что наилучшие показатели эффективности такая система будет иметь для объектов со значительным потреблением горячей воды и относительно небольшими мощностями систем хладоснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амерханов Р. А. Тепловые насосы / Р. А. Амерханов. – М. : Энергоатомиздат, 2005. – 160 с.
2. Степанов Д. В. Вибір ефективного джерела теплохолодопостачання житлової будівлі / Д. В. Степанов,

- Н. Д. Степанова, О. А. Гайдейчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2013. – № 1. – С. 149 – 152.
3. Степанов Д. В. Ефективна система теплохолодопостачання житлової будівлі / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, О. А. Гайдейчук // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2014. – № 2. – С. 151 – 154.
4. Постанова НКРЕКП про внесення змін до Порядку застосування тарифів на електроенергію. Зареєстрована 02.02.2015. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0236-15>.
5. Степанов Д. В. Суміщення теплохолодильних машин та електронагрівника в схемі джерела теплохолодопостачання. / Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова, А. А. Керн // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 6. – С. 49 – 53.
6. Пуховий І. І. Акумулятори холоду з використанням фазового переходу. / І. І. Пуховий, М. О. Кривошеєв // Вісник ВПІ. – 2013. – № 1. – С. 74 – 79.

Степанов Дмитрій Викторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, тел. 598339, StepanovDV@mail.ru.

Степанова Наталія Дмитрієвна – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплоенергетики, тел. 598339, StepanovaND@mail.ru.

Гайдейчук Александр Анатолієвич – студент кафедри теплоенергетики.
Вінницький національний технічний університет.