

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Г. С. Олишевский, И. Г. Олишевский

*Национальный технический университет «Днепровская политехника»,
пр. Д. Яворницького, 19, м. Дніпро, 496005, Україна*

Анотация. Аналітично проаналізована і обґрунтована раціональна технологія ефективного використання теплового акумулятора в системі кондиціонування і гарячого водопостачання будівлі в теплий період року. Проведено аналіз можливості застосування такого нетрадиційного методу, як добова акумуляція теплової енергії системи кондиціонування будівлі в теплий період року з подальшим її використанням в системі гарячого водопостачання. Було досліджено дві технології утилізації теплоти системи кондиціонування для гарячого водопостачання будівлі із застосуванням теплового акумулятора: з постійним об'ємом теплового акумулятора і температурою конденсації холодоагенту системи кондиціонування, що змінюється, залежно від температури зовнішнього повітря і технологія утилізації теплоти з об'ємом теплового акумулятора, що змінюється, і постійною температурою конденсації холодоагенту системи кондиціонування. Результати досліджень показали найефективнішою технологію утилізації теплоти системи кондиціонування з об'ємом теплового акумулятора, що змінюється, яка за витратами умовного палива на 35% економніша ніж технологія з постійним об'ємом теплового акумулятора. Також була обґрунтована можливість реального застосування даних технологій, як в індивідуальних будинках, так і в квартирах. Використовуючи розроблену автоматизовану методику, було визначено, що застосування теплового акумулятора в комплексній системі кондиціонування і гарячого водопостачання в теплий період дозволить гарантовано забезпечити гарячою водою споживачів за рахунок системи кондиціонування і заощадити від 74% до 82% умовного палива в порівнянні зі схемою з котлом і кондиціонером без теплового акумулятора.

Ключові слова: ТЕПЛОВИЙ АКУМУЛЯТОР, КОНДИЦІОНЕР, ГАРЯЧЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ, ХОЛОДОАГЕНТ, ХОЛОДИЛЬНИЙ КОЕФІЦІЄНТ, ЕКОНОМІЯ ПАЛИВА.

Аннотация. Аналитически проанализирована и обоснована рациональная технология эффективного применения теплового аккумулятора в системе кондиционирования и горячего водоснабжения здания в теплый период года.

Ключевые слова: ТЕПЛОВОЙ АККУМУЛЯТОР, КОНДИЦИОНЕР, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ХЛАДАГЕНТ, ХОЛОДИЛЬНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ, ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА.

Abstract. Rational technology of effective application of thermal accumulator in the system of conditioning and hot water-supply of building in a warm period of year is analytically analyzed and grounded. Analyzed the possibility of applying such an unconventional method as daily accumulation of thermal energy of the building's air-conditioning system during the warm period with its subsequent use in the hot water system. Two technologies for heat recovery of the air conditioning system for hot water supply of a building using a heat accumulator were investigated: with a constant volume of heat accumulator and variable condensing temperature of the refrigerant of the air conditioning system depending on the outside air temperature and heat recovery technology with a variable volume of heat accumulator and constant temperature condensation temperature of the refrigerant system conditioning. The research results showed the most efficient technology for utilization of heat from an air conditioning system with a variable volume of a heat accumulator, which is 35% more cost effective than a technology with a constant heat accumulator cost of reference fuel. The possibility of real application of these technologies, both in individual houses and apartments, was also grounded. Using the developed automated method, it was certain that application of thermal accumulator in the complex system of conditioning and hot water-supply in a warm period would allow assured to provide by hot water of users due to the system of conditioning and will economize from 74% to 82 % conditional fuel as compared to a chart with a caldron and conditioner without a thermal accumulator.

Keywords: HEAT ACCUMULATOR, AIR CONDITIONING, HOT WATER SUPPLY, COOLANT, COEFFICIENT OF PERFORMANCE, FUEL ECONOMY.

Введение

В настоящее время практически во всех странах мира, в том числе и в Украине, нашли широкое и повсеместное

применение системы кондиционирования воздуха. Это соответствует естественному стремлению современных людей к бытовому комфорту и соблюдению

элементарных санитарных норм, особенно в регионах с жарким климатом в теплый период года. Ежегодный объем продаж бытовых и полупромышленных кондиционеров достигает более 100 млн. изделий в год. При этом одним из негативных последствий использования систем кондиционирования воздуха является большое количество теплоты, исчисляемое миллионами ГДж, бесполезно выделяемое в окружающую среду [1].

В свою очередь, в энергетическом секторе Украины, и не в последнюю очередь в коммунальном хозяйстве, назрела острейшая проблема в экономии энергетических ресурсов. Так уже многие годы стоит проблема централизованного горячего водоснабжения, которое на большей части страны давно отключено. В большинстве случаев население применяет электрические бойлеры для горячего водоснабжения, что является очень дорогим мероприятием и имеет явную тенденцию к постоянному подорожанию. То же можно сказать и в отношении газовых колонок и соответственно стоимости газа.

Было решено проанализировать возможность применения такого нетрадиционного метода как посуточное аккумулирование тепловой энергии системы кондиционирования в теплый период с последующим ее использованием в системе горячего водоснабжения.

Применение теплового аккумулятора позволяет существенно снизить температуру конденсации хладагента в системе кондиционирования (до 45 °С) и, соответственно, увеличить более чем в 2 раза холодильный коэффициент. Ранее авторами была исследована возможность применения данной схемы для утилизации тепловой энергии системы кондиционирования в теплый период для работы тепло насосной системы отопления в отопительный период. Анализ показал существенную экономию условного топлива (до 39%), однако при этом оптимальный объем теплового аккумулятора был соизмерим с объемом здания, что вводило реальные ограничения

по габаритам здания на применение данной схемы [2].

Поэтому актуальным является дальнейший поиск рациональных технологий утилизации вторичных тепловых потоков различных энергетических установок. Одной из таких технологий может быть аккумулирование суточной тепловой энергии системы кондиционирования с последующим ее использованием в системе горячего водоснабжения.

Постановка задачи

Задачей проведения исследования является анализ эффективности различных технологий утилизации тепловой энергии системы кондиционирования с применением теплового аккумулятора для нужд горячего водоснабжения жилых здания.

Методы исследования

Были применены методы анализа и численного моделирования, реализованные в приложениях пакета Mathcad.

Связь работы с научными и учебными программами кафедры. Работа выполнена в соответствии с учебной программой подготовки магистров по специальности «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» согласно специализации «Энергетический менеджмент».

Результаты и их обсуждение

Была рассмотрена система кондиционирования здания. Данная система представляет собой парокompрессорную установку, работающую по основному холодильному циклу, при прохождении которого, происходит охлаждение воздуха, а выделяемая кондиционером теплота передается в тепловой аккумулятор (ТА).

Аккумулирование тепловой энергии является одной из перспективных энергосберегающих технологий [3]. К числу наиболее простых и надежных устройств аккумулирования тепла относятся жидкостные тепловые аккумуляторы. Вследствие этого

аккумуляторы такого типа особенно широко применяются для бытовых целей. Тепловые аккумуляторы, исходя из требований массового применения, должны быть достаточно дешевыми, технологичными в изготовлении, надежными и безопасными в эксплуатации, доступными с точки зрения используемых материалов и веществ. В качестве аккумулятора был выбран вытеснительный жидкостной тепловой аккумулятор на основе воды.

В качестве примера было взято одноэтажное здание с внешним объемом 450 м³ (габаритные размеры 15x12x2,5 м) и соответственно жилой площадью 180 м².

С помощью разработанной автоматизированной методики были проведены исследования системы кондиционирования и системы горячего водоснабжения данного здания в едином комплексе с тепловым аккумулятором (рис. 1).

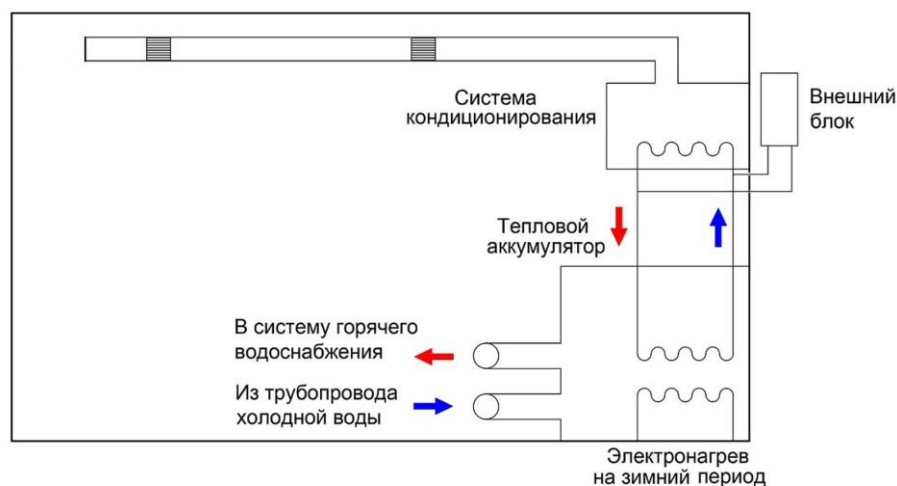


Рисунок 1 – Тепловая схема системы кондиционирования и горячего водоснабжения здания

Было исследовано две технологии утилизации теплоты системы кондиционирования для горячего водоснабжения (ГВС) здания с применением теплового аккумулятора:

1. технология утилизации теплоты с постоянным объемом теплового аккумулятора и изменяющейся температурой конденсации хладагента системы кондиционирования в зависимости от температуры наружного воздуха (рис. 2);

2. технология утилизации теплоты с изменяющимся объемом теплового аккумулятора и постоянной температурой конденсации хладагента системы кондиционирования (рис. 3).

Вначале для этих технологий на основании p, i – диаграммы выбранного хладагента были определены функции изменения параметров холодильного цикла от температуры конденсации

хладагента при температуре испарения хладагента, равной 10 °С.

В качестве хладагента был использован широко распространенный хладагент – фреон 11.

Также была определена функциональная зависимость тепловой нагрузки охлаждения здания от температуры наружного воздуха, имеющая линейный восходящий характер.

Далее была определена функциональная зависимость температуры конденсации хладагента от массы воды в ТА и температуры наружного воздуха (рис. 4)

Также были определены функции затрат условного топлива и суточной массы нагретой воды, приведенной к температуре 38 °С от массы воды в ТА и температуры наружного воздуха.

Далее для первой технологии формируется функция затрат условного топлива на 1 кг нагретой воды,

приведенной к температуре 38 °С от массы воды в ТА за весь теплый сезон (рис. 5).



Рисунок 2 – Блок-схема технологии утилизации теплоты с постоянным объемом ТА



Рисунок 3 – Блок-схема технологии утилизации теплоты с изменяющимся объемом ТА

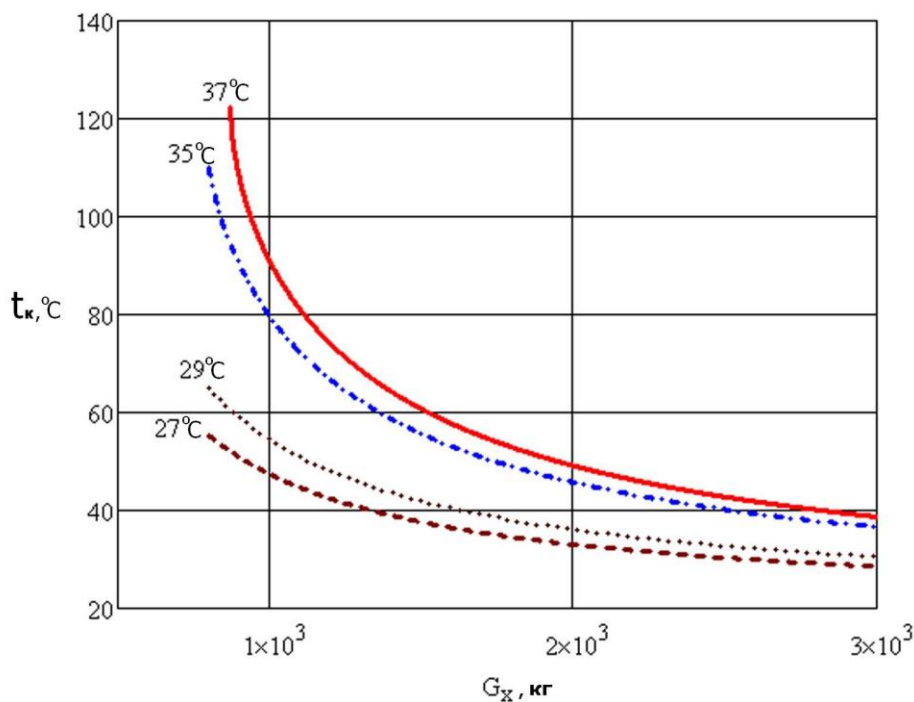


Рисунок 4 – Зависимости температуры конденсации t_k хладагента

от массы воды G_x в ТА и температуры наружного воздуха

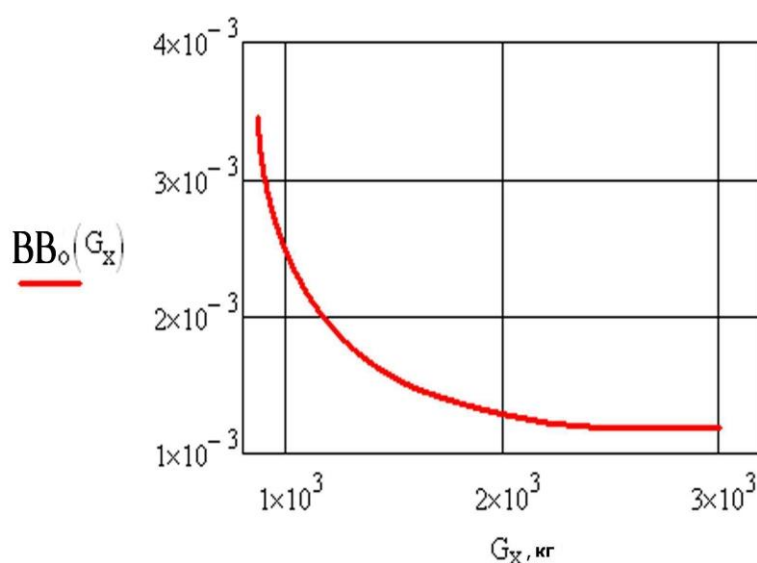


Рисунок 5 – Удельные затраты условного топлива $ВВ_0$ за теплый сезон от массы воды G_x в ТА

Затем для нахождения рациональной массы воды в ТА формируем целевую функцию, представляющую собой произведение удельных затрат условного топлива за теплый сезон на массу воды в ТА (рис. 6).

Аналитическими методами определяем экстремум данной функции и получаем рациональное количество воды в ТА, а значит и сам объем ТА в соответствующем пересчете. Для рассматриваемого примера рациональное количество воды в ТА составило 1341,85 кг.

В свою очередь, для второй технологии устанавливается постоянной температура конденсации хладагента $43 \text{ }^\circ\text{C}$ из условия конечной температуры воды в ТА равной $38 \text{ }^\circ\text{C}$.

Затем формируется функция, определяющая потребную массу воды в ТА в зависимости от температуры

конденсации хладагента и температуры наружного воздуха. Далее эта функция подставляется во все ранее определенные функции, содержащие в качестве аргумента массу воды в ТА.

В итоге получается модель для технологии с изменяющимся объемом ТА. Ниже в табл. 1 приведены сравнительные характеристики по двум рассмотренным технологиям утилизации теплоты системы кондиционирования.

По результатам исследований видно явное преимущество второй схемы утилизации тепла с изменяющимся объемом ТА и соответственно постоянной температурой конденсации.

Результаты сравнительных исследований затрат условного топлива для различных технологий представлены на рис. 7.

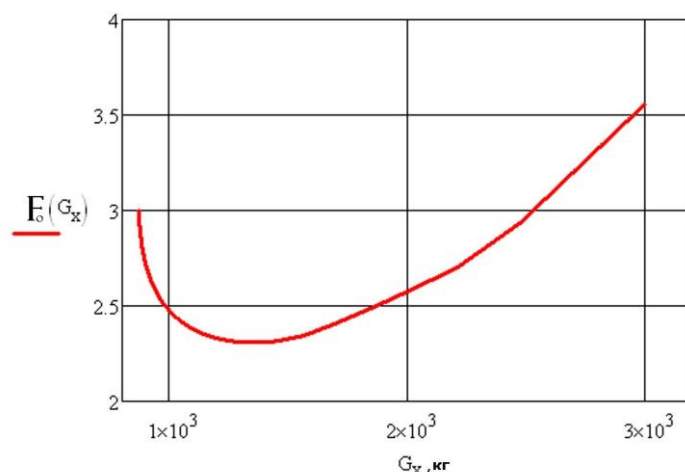


Рисунок 6 – Целевая функция F_0 от массы воды G_x в ТА

Таблица 1 – Сравнительные характеристики по технологиям утилизации теплоты системы кондиционирования

Технология утилизации	Температура конденсации, °С	Масса воды в аккумуляторе, кг	Расход у.т. на кондиционер с ТА, кг	Расход у.т. в КТ на ГВС, кг	Масса гор. воды за сезон, кг	Расход у.т. на кондиционер без ТА, кг
Первая	43...66,7	1341,86	457,48	971,97	252308,54	806,72
Вторая	43	1172,9...2476,1	299,16	922,07	265962,15	

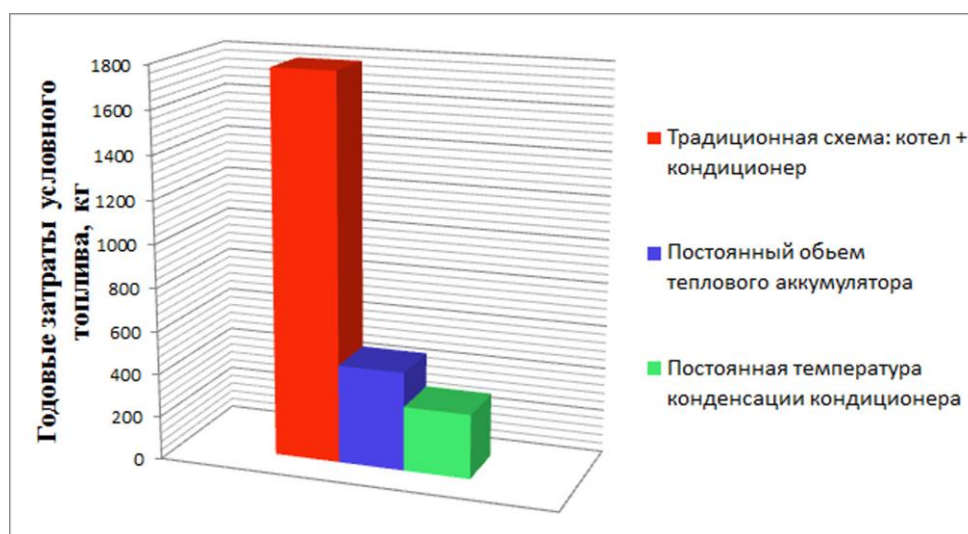


Рисунок 7 – Расход условного топлива для различных технологий утилизации теплоты

Выводы

1. Используя разработанную автоматизированную методику, было проанализировано и определено, что применение теплового аккумулятора в комплексной системе кондиционирования и горячего водоснабжения позволяет сэкономить от 74% до 82 % условного топлива по сравнению со схемой с котлом и кондиционером без теплового аккумулятора.

2. При сравнительном анализе двух технологий утилизации теплоты системы кондиционирования предпочтение было отдано технологии с изменяющимся объемом ТА, которая по затратам условного топлива на 35% экономнее технологии с постоянным объемом ТА. Однако эта более энергоэффективная технология может иметь технологические трудности с реализацией на практике.

3. Анализ схемы с утилизацией теплоты системы кондиционирования для системы горячего водоснабжения показал, что в здесь получается приемлемый объем теплового аккумулятора на воде (из соотношения 1 м³ на 200 м² жилой площади). А это дает возможность применять данную схему не только в индивидуальных домах, но и в квартирах.

Библиографические ссылки

1. Разумный Ю.Т., Заїка В.Т., Степаненко Ю.В. Энергозбереження: навч. посіб. Д.: Нац. гірн. ун-т, 2005. 166 с.

2. Олишевский Г.С., Олишевский И.Г. Обоснование метода утилизации теплоты системы кондиционирования для теплонасосной системы отопления // Інформаційні системи. Механіка керування / НТУУ «Київський політехнічний інститут». Київ. 2017. № 17. С. 86-94.
3. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Энергозбереження в агропромисловому комплексі Тернопіль: Вид-во: Підручники і посібники, 2001. 976 с.

Надійшла до редколегії 14.11.2019р.

Відомості про авторів



Олишевский Геннадий Сергеевич, Украина. Национальный технический университет «Днепропетровская политехника». Канд. техн. наук, доцент. Сфера интересов – энергетические системы и комплексы.



Олишевский Илья Геннадьевич, Украина. Национальный технический университет «Днепропетровская политехника». Аспирант. Сфера интересов – автоматизация процессов управления.