

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО ПОБУТОВОГО ХОЛОДИЛЬНИКА З АВТОНОМНИМ БЛОКОМ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Малкін Е.С., д-р техн. наук, професор
Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ
Красновський І.Н., канд. техн. наук, доцент
Публічне акціонерне товариство
«Український науково-дослідний інститут побутового машинобудування», м. Донецьк,
Ніколаєнко Ю.Є., д-р техн. наук, с.н.с., Фуртат І.Е., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

Розроблено комбінований побутовий холодильник з двоступеневим конденсатором. Перша ступень конденсатора охолоджується водою, друга — повітрям. В результаті досліджень експериментального зразка комбінованого холодильника встановлено, що перша ступень конденсатора забезпечує нагрів води масою 30 кг від температури 25 °С до температури 42 °С. При цьому температура в морозильній камері холодильника становить мінус 18 °С, а в камері для зберігання свіжих продуктів — плюс 4 °С.

Combined domestic refrigerator with two-stage condenser has been developed. The first stage is cooled with water and the second — with air. Prototype model investigations have shown that the first stage is capable to heat 30 kg of water from the temperature of 25 °С to 45 °С. At that the freezing room temperature was — 18 °С whereas the temperature of +4 °С has been registered in the fresh food-storage compartment

Ключові слова: енергозбереження, побутовий холодильник, конденсатор холодильника, нагрів води.

Постановка проблеми. Відповідно до Закону України «Про внесення змін до Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» від 9 вересня 2010 р. № 2519–VI науково-технічний напрям «Енергетика та енергоефективність» визначено одним з пріоритетних на період до 2020 року. Ефективно використовувати енергію можна як в сфері виробництва, так і в сфері споживання. Майже кожна сім'я сьогодні має побутовий холодильник, а значна частина сімей — і кондиціонер. Якщо кондиціонер працює протягом року відносно незначну частину часу, то побутовий холодильник працює, як правило, цілодобово. В масштабах країни зазначені побутові пристрої споживають значну кількість електроенергії, що обумовлює важливість проблеми її ефективного використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення енергоефективності побутових холодильників і кондиціонерів може здійснюватись різними шляхами. Одним з них є використання для роботи холодильника нетрадиційних джерел енергії [1-4]. Наприклад, в [1] запатентована конструкція абсорбційного геліохолодильника, що працює з використанням сонячної енергії. Для підвищення к.к.д. холодильника параболічний концентратор сонячної енергії з тепловою трубою встановлено на опорно-поворотному пристрої та оснащено механізмом слідування за сонцем. Оригінальність виконання цього механізму дозволяє підвищити к.к.д. холодильника на 15 % у порівнянні з прототипом. В [2, 3] запропоновано інші конструкції абсорбційних холодильників, що працюють за рахунок використання відновлювальних джерел енергії, зокрема за рахунок енергії від термічної переробки твердих і рідких палив у горючі гази. Другим шляхом ефективного використання енергії, що споживається кондиціонерами та побутовими холодильниками, є корисне використання низькопотенційної скидної теплоти, що розсіюється конденсаторами цих пристроїв в оточуюче середовище, на опалювання приміщень та на нагрів води для побутових потреб [4-7]. В [4] повідомляється, що Китайська компанія Gree Electric Appliances в 2010 році представила на ринку систему Home-GMV, в якій суміщено функції кондиціонера та нагріву води. Така система забезпечує нагрів води до температури 60 °С і в 4 рази економніша за системи електричного водонагрівання. Японська корпорація Mitsubishi Electric запропонувала у 2010 році потужну мультизональну систему PQ RY-YHM, холодильні машини якої скидають тепло у водяну магістраль через водяний конденсатор [5]. У зимовий період це тепло спрямовується в блоки для опалювання приміщень, а окремий блок установки цілий рік виробляє гарячу воду з температурою 70 °С для санітарних потреб. В наших роботах [6, 7] обґрунтована доцільність побудови та схема автономно-теплонасосної системи гарячого водопостачання на основі використання в якості теплового насосу побутового холодильника з двоступеневим конденсатором. Але практичні розробки такої системи нагріву води поки що були відсутні.

Формулювання мети статті. Метою даної статті є розробка та дослідження експериментального зразка комбінованого побутового холодильника з двоступеневим конденсатором та автономним блоком гарячого водопостачання з нагрівом води в ньому за рахунок використання скидної теплоти першої ступені конденсатора холодильника.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою зменшення витрат на розробку такого холодильника та максимального використання при цьому добре освоєних у виробництві конструктивно-технологічних рішень створення експериментального зразка комбінованого холодильника здійснювалось на базі побутового холодильника ДХ-220-7-020 КШД-340/101 УХЛ 4.2*N, який серійно виготовляється в АТ «НОРД» (м. Донецьк). Основні технічні характеристики зазначеного холодильника такі [8]: номінальний загальний об'єм — 340 дм³, в т.ч. об'єм камери для зберігання свіжих продуктів — 239 дм³, морозильної камери — 101 дм³; номінальний корисний об'єм, відповідно, 304 дм³, 237 дм³ та 67 дм³; температура в камері для зберігання свіжих продуктів — не вище 10 °С та не нижче 0 °С; середня температура в камері для зберігання свіжих продуктів — не вище 4 °С; температура в морозильній камері — не вище мінус 18 °С; номінальне добове споживання електроенергії при температурі оточуючого середовища 25 °С — 0,90 кВт·г; компресор типу ЕКМ 10-3-К; холодоагент — R 600a.

Відмінність розробленого комбінованого побутового холодильника від серійного полягає в тому, що він додатково має автономний термоізолюваний блок для гарячої води, а конденсатор холодильника виконано двоступеневим. Перша ступень конденсатора охолоджується водою і повинна забезпечити нагрів води в автономному термоізолюваному блоці від температури 25 °С до температури 42 °С при забезпеченні середньої температури в камері для зберігання свіжих продуктів не вище 4 °С та температури в морозильній камері холодильника не вище мінус 18 °С, визначених ДСТУ EN ISO 15502:2009 [9]. Споживання електричної енергії холодильника повинно задовольняти вимогам Технічного регламенту максимально дозведеного споживання електроенергії холодильними приладами, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 03.09.2008 №787 (для холодильника ДХ-220-7-020 КШД-340/101 УХЛ 4,2*N не більше, ніж 1,47 кВт·г за добу).

Визначення об'єму термоізолюваної камери та розмірів кожної ступені конденсатора здійснювалось шляхом їх теплофізичного моделювання, результати якого перевірялись експериментально. Для опису процесу нагрівання води в блоці гарячої води при роботі холодильника з двоступеневим конденсатором був використаний закон збереження енергії. Математична модель враховує потужність, яка споживається холодильним агрегатом, і сумарну потужність тепловиділень у навколишнє середовище від конденсатора другого ступеня і блока гарячої води, а також віддачу тепла в автономному блоці гарячої води при конденсації холодоагенту. Для спрощення постановки задачі передбачалось, що температура конденсації дорівнює температурі води в блоці гарячої води.

Об'єм автономного термоізолюваного блока для гарячої води визначався, виходячи з кількості води, що може бути нагріта протягом доби до температури 42 °С. Для компресора ЕКМ-10-3-К, який використовується в даному холодильнику, споживана потужність при температурі кипіння мінус 28 °С і температурі конденсації 45 °С становить 100 Вт. Враховуючи, що коефіцієнт робочого часу холодильника ДХ-220-7-020 КШД 340/101 УХЛ 4.2*N при температурі навколишнього середовища 25 °С становить 0,40-0,45, середню споживану потужність приймаємо рівною 40-45 Вт. Вважаючи, що нагрів води в автономному термоізолюваному блоці буде здійснюватися від температури 25 °С до 42 °С протягом доби, масу m нагрітої води визначали за формулою:

$$m = \frac{E}{c(T_{\text{кін}} - T_{\text{поч}})}, \quad (1)$$

де E — добове споживання енергії, Дж;

$c = 4200$ Дж/(кг·К) — питома теплоємність води;

$T_{\text{кін}}$ — кінцева температура води, °С;

$T_{\text{поч}}$ — початкова температура води, °С.

Підставляючи відповідні значення в формулу (1), отримуємо, що маса води, яку можна нагріти протягом доби від температури 25 °С до 42 °С, складає від 48 до 54 кг.

Подальші розрахунки геометричних параметрів першої та другої ступенів конденсатора з використанням теорії теплопередачі [10] показали, що для забезпечення поставлених технічних вимог друга ступень конденсатора (водяна) при виконанні її у вигляді металевої трубки при мінімальному навантаженні близько 10 Вт, температурі конденсації 43 °С і різниці температури конденсації і води 0,5 °С повинна мати довжину не менше 3060 мм при зовнішньому діаметрі трубки 4,76 мм та внутрішньому діаметрі 3,36 мм. Друга ступень конденсатора (повітряна) може мати розміри втричі менші, ніж у серійного холодильника (1200×524 мм).

Для проведення експериментальних досліджень теплоенергетичних параметрів в ПАТ «УкрНДІ-ПобутМаш», м. Донецьк, був виготовлений експериментальний зразок розробленого комбінованого побутового холодильника з автономним термоізованим блоком для гарячої води з внутрішнім об'ємом 48 л (рис. 1). Габаритні розміри блока — 400×500×240 мм. Товщина пінополіуретанової ізоляції стінок — 60 мм. Враховуючи, що не вся енергія, споживана компресором, йде на нагрів води (частина енергії виділяється у навколишнє середовище від компресора і другої — повітряної секції конденсатора), маса води для нагріву в експерименті була обрана рівною 30 кг.

Теплопровідність автономного термоізованого блока для гарячої води за результатами проведених експериментальних вимірювань склала 0,3 Вт/°С, загальна теплопровідність системи — 2,03 Вт/°С.



Рис. 1 – Загальний вигляд автономного термоізованого блока для гарячої води

Перша ступень конденсатора була виготовлена у формі плоского змійовика із сталевий оцинкованої трубки зовнішнім діаметром 4,76 мм і внутрішнім діаметром 3,36 мм, довжиною 3350 мм. Розміри другої ступені конденсатора становили 455×524 мм.

Дослідження теплоенергетичних параметрів експериментального зразка комбінованого побутового холодильника з двоступеневим конденсатором проводились в термокамері АИВФ.441336.002, яка була оснащена автоматизованою системою теплоенергетичних випробувань (АСТВ). АСТВ являє собою взаємопов'язану сукупність підсистем, які містять комплекси технічних та програмних засобів і які забезпечують рішення функціональних задач з автоматизації процесу випробувань та визначення теплоенергетичних параметрів холодильних приладів. АСТВ забезпечувала автоматизацію процесів збору, обробки, відображення, реєстрації та документування вимірювальної інформації при проведенні досліджень холодильника, автоматичний контроль та утримання заданих умов та режимів випробувань. АСТВ забезпечувала можливість підтримання температури в камері в діапазоні від 16 до 43 °С з точністю $\pm 0,5$ °С.

Температура вимірювалась за допомогою атестованих хромель-копелевих термоелектричних перетворювачів з похибкою вимірювань $\pm 0,4$ °С. Споживання електричної енергії здійснювалось за допомогою атестованого багатфункціонального лічильника електричної енергії типу «Енергія-9» виконання СТКЗ-05Q2H5M класу точності 0,5.

Програма досліджень комбінованого побутового холодильника з автономним термоізованим блоком гарячого водопостачання передбачала перевірку відповідності температур в камерах холодильника вимогам ДСТУ EN ISO 15502:2009 [9] та ТУ В 29.7-14309505-038-2001 [8], забезпечення температури гарячої води в автономному термоізованому блоці на рівні 42°С і визначення відповідності споживання електричної енергії вимогам Технічного регламенту максимально дозведеного споживання електроенергії холодильними приладами, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 03.09.2008 №787.

Методика проведення вимірювань теплоенергетичних параметрів комбінованого побутового холодильника проводилася відповідно з вимогами ДСТУ EN ISO 15502:2009 [9].

В результаті проведених досліджень встановлено, що комбінований побутовий холодильник з двоступеневим конденсатором та автономним блоком гарячого водопостачання, розроблений на базі серійного холодильника ДХ-220-7-020 КШД-340/101 УХЛІ 4.2*N, за теплоенергетичними параметрами відповідає вимогам ДСТУ EN ISO 15502:2009 «Холодильні прилади побутової призначеності. Характеристики

та методи випробування» та дозволяє забезпечити при цьому нагрів води масою 30 кг від температури 25 °С до температури 42 °С. Добове споживання електричної енергії становило 1,17 кВт·г, що відповідає вимогам Технічного регламенту максимально дозведеного споживання електроенергії холодильними приладами, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 03.09.2008 №787 (для холодильника ДХ-220-7-020 КШД-340/101 УХЛ 4.2*N не більше, ніж 1,47 кВт·г за добу), але перевищує рівень добового споживання електричної енергії серійним холодильником (0,90 кВт·г).

Висновки

1. Результати досліджень експериментального зразка комбінованого побутового холодильника з двоступеневим конденсатором та автономним термоізолюваним блоком гарячого водопостачання підтвердили можливість нагріву води масою 30 кг від температури 25 °С до температури 42 °С при одночасному забезпеченні температури в морозильній камері холодильника мінус 18,0 °С та в камері для зберігання свіжих продуктів 4 °С.

2. Подальші дослідження та удосконалення розробленої конструкції комбінованого побутового холодильника доцільно спрямувати в напрямку збільшення кількості води, що можна нагріти до температури 42 °С, та зменшення споживання електричної енергії до рівня серійних зразків.

Література

1. Патент № 2036395, Російська Федерація, МПК F 25 В 27/00. Абсорбційний геліохолодильник // З.И. Ашурлы, М.Г. Гаджиев, С.А. Филин. – Опубл. 27.05.1995. Бюл. № 10.
2. Титлов А.С. Разработка малых холодильных аппаратов для фермерских и крестьянских хозяйств, которые работают на возобновляемом источнике энергии // Світ морозива та холоду. – 2006. – № 5. – С. 44-46.
3. Титлов О.С. Розробка абсорбційних побутових і торгових апаратів // Холод.– 2004. – № 3. – С. 34-37.
4. Терехов С. Тепло от кондиционера // Аква-терм. – 2010. – № 6. – С. 32-34.
5. Левчун О. Сучасні системи охолодження і кліматизації об'єктів // Холод.– 2011. – № 2-3. – С. 12-15.
6. Патент України № 46484, МПК F 24 D 17/00. Автономна холодильно-теплонасосна система гарячого водопостачання // Е.С. Малкін, О.В. Приймак, І.Е. Фуртат, Ю.Є. Ніколаєнко, А.В. Круглякова, І.Н. Красновський. – Опубл. 25.12.2009. Бюл. № 24.
7. Малкін Е.С., Фуртат І.Е., Красновський І.Н. та ін. Автономна холодильно-теплонасосна система гарячого водопостачання // Нова тема. – 2010. – № 2. – С. 32-35.
8. ТУ У 29.7-14309505-038-2001. «Холодильники-морозильники двокамерні ДХМ КШД УХЛ4.2*N та трикамерні ДХМ КШТ УХЛ4.2*N, холодильники двокамерні ДХМ КШД УХЛ4.2*N побутові електричні компресійні. Технічні умови».
9. ДСТУ EN ISO 15502:2009 «Холодильні прилади побутової призначеності. Характеристики та методи випробування».
10. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Энергия, 1977. – 344 с.

УДК 621.577:697.34

ТЕРМОПОДГОТОВКА ВОДЫ ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АКВАКУЛЬТУРЫ

**Суслов А.Э., канд. техн. наук, доцент, Фатыхов Ю.А., д-р техн. наук, профессор,
Бестужев А.С., канд. техн. наук, доцент, Маковская А.И., аспирант
ФГОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет», г. Калининград**

Для увеличения рентабельности предприятий аквакультуры необходимо использование современных методик и технологического оборудования. Использование тепловых насосов для термоподготовки воды позволит снизить издержки производства и увеличить его конкурентоспособность

For increase in profitability of the enterprises of an aquaculture use of modern techniques and the process equipment is necessary. Use of heat pumps for water thermopreparation will allow to reduce production costs and to increase its competitiveness

Ключевые слова: тепловые насосы, предприятия аквакультуры, термоподготовка воды.