

## ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.575(088.8)

### Підвищення енергетичної ефективності абсорбційних холодильних приладів

О. С. Тітлов<sup>✉1</sup>, Т. І. Гратій<sup>2</sup>, Н. О. Біленко<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Одеська національна академія харчових технологій, вул. Дворянська, 1/3, Одеса, 65082, Україна

✉ e-mail: <sup>1</sup>titlov1959@gmail.com

Один із напрямків енергозбереження побутового холодильного обладнання пов'язаний з інтенсифікацією процесів конвективного теплообміну на зовнішніх поверхнях тепловіддаючих елементів холодильника. Одним із прикладів є установка витяжної витяжки. Складність побутових холодильних пристроїв сучасних конструкцій не дозволяє надійно оцінити параметри потоку повітря в зонах тепловіддачі. Найбільш прийнятним у цьому випадку є експериментальний метод дослідження. Об'єктом дослідження став абсорбційний холодильник "Crystall-404-1" ASH-155. Цей холодильник містить низькотемпературну камеру об'ємом 11 дм<sup>3</sup> та холодильну камеру об'ємом 144 дм<sup>3</sup>. На задній стінці холодильника було встановлено з'ємний витяжний шланг, який повністю покрив його поверхню. Ширина повітряного каналу становила: 100, 150 та 170 мм. Під час експериментальних досліджень вимірювали температуру в характерних точках елементів холодильника та холодильних камер, а також температуру навколишнього повітря. Крім того, вимірювали швидкість потоку повітря. Швидкість повітря фіксувалася лише в зоні конденсатора. Максимальна витрата була виявлена на початковій секції конденсатора – 0,50 м/с. У середній частині конденсатора швидкість повітря змінювалася від 0,38 м/с до 0,28 м/с. Досвід експериментальних досліджень дозволив розробити нову конструкцію комбінованого побутового пристрою – абсорбційного холодильного пристрою з тепловою камерою (ТК). Були розроблені пілотні моделі абсорбційних холодильників з тепловими камерами як повітряного типу, так і у вигляді рідких ємностей. Для забезпечення теплового з'єднання підйомної секції дефлегматора з ТК використовували термосифон довжиною 1,2 м і діаметром 10×1 мм. Проведені експериментальні дослідження показали: а) установка витяжної витяжки з метою інтенсифікації конвективних процесів теплопередачі на зовнішніх поверхнях тепловіддаючих елементів холодильних пристроїв дозволяє знизити щоденне споживання енергії, а температури в холодильних камерах практично не змінюються; б) температурний потенціал повітряного потоку у верхній частині витяжки дозволяє розширити функціональність абсорбційних холодильних пристроїв. Наприклад, забезпечити додаткову ТК для термічної обробки харчових продуктів, сировини та напівфабрикатів у повсякденному житті.

**Ключові слова:** Абсорбційний холодильний прилад; Енергозбереження; Інтенсифікація конвективного теплообміну; Експериментальні дослідження

doi: <https://doi.org/10.15673/ret.v55i5-6.1659>

© The Author(s) 2019. This article is an open access publication

This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



#### 1. Вступ

Один з напрямків енергозбереження в побутовій холодильній техніці пов'язаний з інтенсифікацією процесів теплопередачі на зовнішніх поверхнях тепловіддаючих елементів холодильної ма-

шини. При роботі холодильного апарату в зонах тепловіддачі утворюються природно-конвективні потоки, які і відводять тепло холодильного циклу в навколишнє середовище. При цьому як показує аналіз, частка променистого теплообміну через невелику різницю температур (15-20 °С) незначна.

В холодильних апаратах компресійного типу тепло відводиться від компресора і конденсатора, в абсорбційних – від конденсатора, абсорбера і дефлегматора. Якщо в першому випадку ефект від застосування способів інтенсифікації конвективної тепловіддачі, в тому числі і за рахунок роботи вентиляторів, значний і беззаперечний [1], то в другому немає однозначної думки про доцільність їх застосування.

Із загальнофізичних міркувань слід відзначити позитивні моменти в інтенсифікації процесів зовнішньої тепловіддачі на елементах абсорбційного апарату, які вносять основний вклад в сумарний термічний опір процесів тепломасообміну [2,3]. Для абсорбера це додаткове охолодження слабкого водоаміачного розчину, а як наслідок – більш високе очищення і зниження температури парогазової суміші (ПГС) на вході у випарник [2], а для конденсатора – переохолодження рідкого аміаку [3]. Як показала практика, особливо важливо для підвищення енергетичних характеристик абсорбційних холодильників прагнути до охолодження ПГС на виході абсорбера-вході випарника. Так, наприклад, для охолодження очищеної ПГС у всіх моделях холодильників фірми «Sibir» з об'ємом понад 180 дм<sup>3</sup> встановлена додаткова петля в контурі природної циркуляції між випарником і абсорбером абсорбційного холодильного агрегату (АХА) [4].

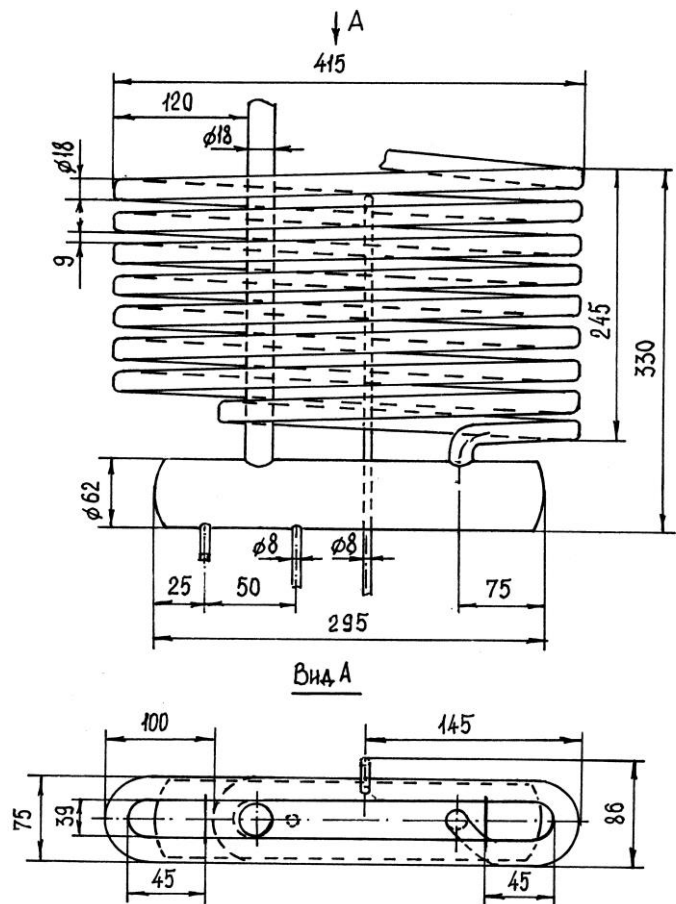
Проте, не дивлячись на ряд технічних пропозицій (установка спеціального витяжного кожуха на задній стінці холодильної шафи [5, 6], застосування зовнішніх збудників циркуляції [7]) і позитивні результати випробувань дослідних моделей [8], такі абсорбційні холодильні апарати не знайшли широкого застосування в продукції провідних виробників.

Така ситуація пов'язана з відсутністю значного ефекту енергозбереження при використанні інтенсифікованих впливів. Аналіз результатів відомих досліджень і технічних пропозицій показав, що в них не зверталася увага, по-перше, на геометричні параметри витяжного кожуха, що закриває тепловіддаючі елементи АХА, а по-друге – на вплив зовнішньої тепловіддачі на режими роботи дефлегматора.

В останньому випадку інтенсифікація процесу тепловіддачі буде приводити до зрідження пари аміаку на її шляху в конденсатор і далі в випарник АХА і, відповідно, до зниження холодопродуктивності холодильного апарату.

Складність сучасних конструкцій конденсато-

ра, а особливо абсорбера АХА (рис.1) [4] не дозволяє достовірно оцінити параметри повітряного потоку в витяжному кожусі. Відповідно виникають складнощі з розрахунковою оцінкою робочих режимів абсорбційного холодильного приладу. Найбільш прийнятний в цьому випадку метод експериментальних досліджень.



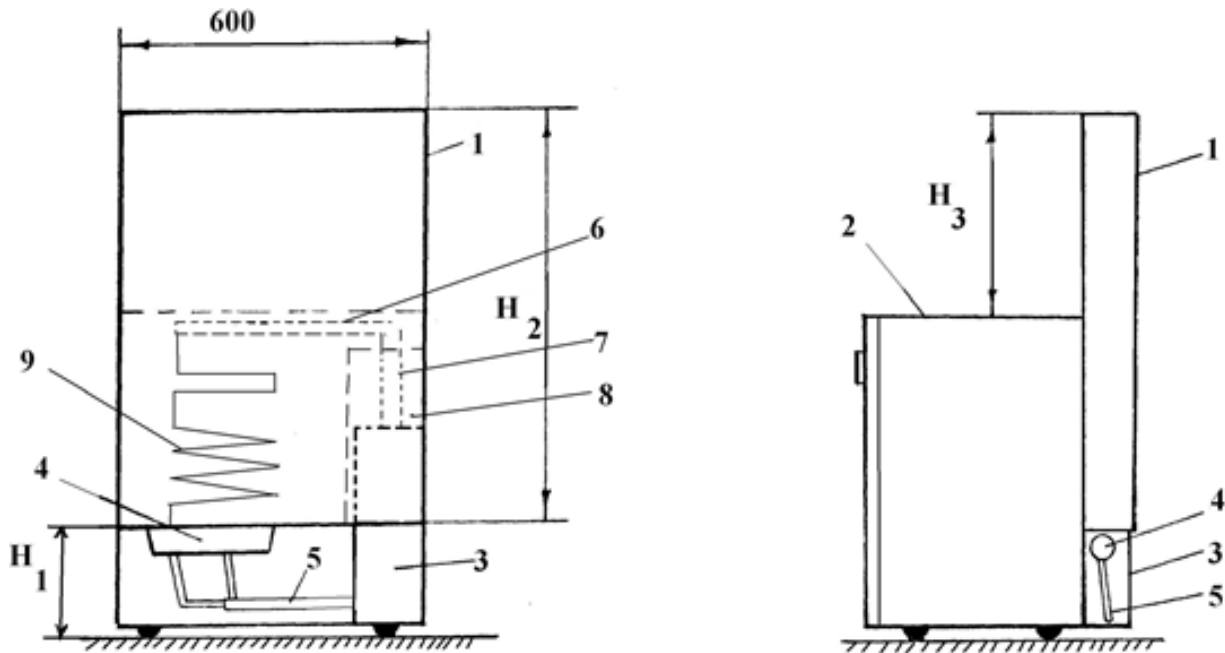
**Рисунок 1** – Типова конструкція змієвидного абсорбера АХА для моделей АШ-155, АШ-160 Васильківського заводу холодильників

## 2. Результати експериментальних досліджень та їх аналіз

Об'єктом досліджень був серійний абсорбційний холодильник «Кристал-404-1» АШ-155 (виробництва Васильківського заводу холодильників). Холодильник містить низькотемпературне відділення (НТВ) обсягом 11 дм<sup>3</sup>, холодильну камеру (ХК) обсягом 144 дм<sup>3</sup>. З'ємний витяжний кожух, встановлювався на задній стінці холодильника і повністю закривав її поверхню (рис.2) [9].

Ширина каналу повітряного потоку змінювалась від 100 мм до 170 мм (100, 150 і 170 мм). При ширині 100 мм стінка витяжного короба прилягала до елементів АХА. Висота кожуха над холодильником (Н<sub>3</sub>) змінювалась від 0 до 800 мм (0, 400 і

800 мм). Незмінними залишались висота холодильника 1050 мм і ширина 600 мм.



**Рисунок 2** – Об'єкт досліджень – абсорбційний холодильний прилад «Кристал-404-1»:  
 1 – витяжний кожух; 2 – корпус холодильника; 3 – генераторний вузол; 4 – бачок абсорбера (ресивер міцного розчину); 5 – рідинний теплообмінник; 6 – конденсатор; 7 – дефлегматор; 8 – повітряна порожнина в зоні розташування дефлегматора; 9 – абсорбер.  
 Конденсатор і абсорбер розташовані у внутрішній порожнині витяжного кожуха.

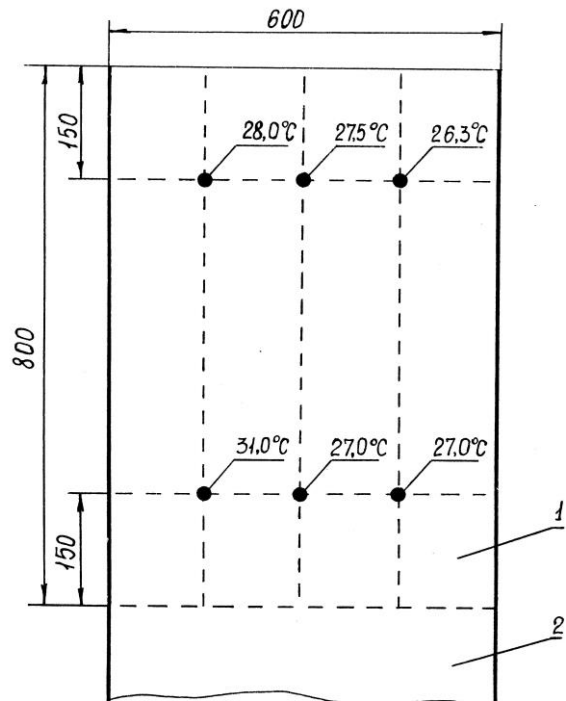
Варіант установки вентиляторів в нижній частині витяжного кожуха не розглядався.

У процесі експериментальних досліджень вимірювалися величини температур в характерних точках елементів АХА, холодильної шафи і температури навколишнього повітря, в тому числі і всередині витяжного кожуха. У НТВ дві термопари були рівномірно віддалені від бічних стінок на 100 мм і одна від одної на 150 мм. Відстань від стелі ХК до верхньої термопари становила 200 мм. Між верхньою і нижньою термопарами в ХК – 150 мм.

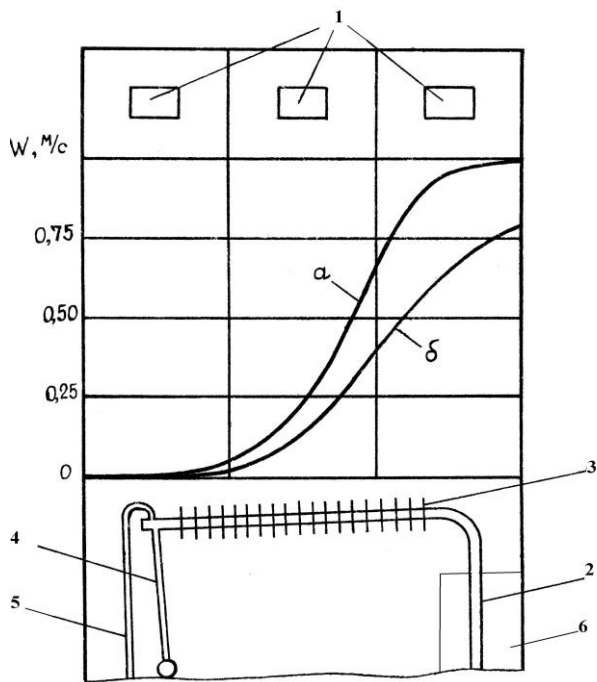
Вимірювання температурного поля повітряного потоку проводилося за схемою, наведеною на рис. 3.

При виході холодильника на режим за допомогою крильчатого анемометра вимірювалася швидкість повітряного потоку.

При роботі без витяжного кожуха вимірювання швидкості проводилось на висоті 60 мм від тепловіддаючих елементів АХА (конденсатора, абсорбера і ізоляційного кожуха генератора). Вимірювання швидкості повітряного потоку при установці кожуха проводилося в трьох зонах по довжині конденсатора на виході каналу (рис.4).

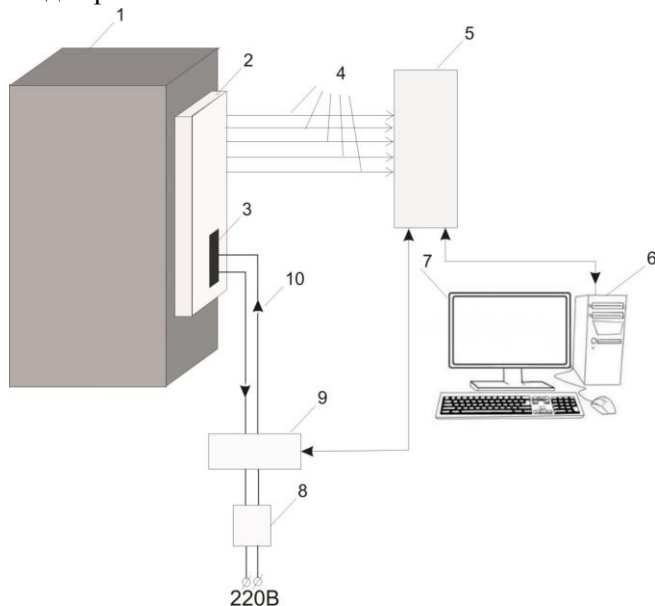


**Рисунок 3** – Температурне поле повітряного потоку в витяжному кожусі при температурі повітря в приміщенні 25 °С і максимальній висоті кожуха:  
 1 – витяжний кожух; 2 –холодильна шафа



**Рисунок 4** – Профіль зміни швидкостей повітряних потоків при проведенні досліджень. Температура повітря в приміщенні: а) 19 °С; б) 25 °С. 1 – місця установки анемометрів; 2 – дефлегматор; 3 – конденсатор; 4 – канал рідкого аміаку; 5 – вирівнююча магістраль; 6 – повітряна порожнина в зоні розташування дефлегматора

Експериментальна установка (рис.5) утримує автоматизовану систему вимірювань, реєстрації та управління типу «Fenix» (рис. 6), систему підведення, стабілізації і зміни електричної потужності на джерелі теплового навантаження АХА.



**Рисунок 5** – Схема експериментальної установки: 1 – об'єкт дослідження – АХП; 2 – АХА; 3 – джерело теплового навантаження – стандартний ніхромовий електронагрівач HE-4; 4 – датчики

температур; 5 – автоматизована система вимірювань, реєстрації та управління типу «Fenix»; 6 – ПК; 7 – монітор ПК; 8 – стабілізатор електричної напруги типу «В2-3»; 9 – система підведення і регулювання електричного навантаження в генераторі-термосифоні АХА; 10 – електропроводка



**Рисунок 6** – Автоматизована система вимірювань, реєстрації та управління типу «Fenix»

Об'єкт дослідження являє собою теплоізолювану шафу 1 з АХА 2 на задній стінці шафи. Електронагрівач АХА пов'язаний з системою підведення і регулювання електричного навантаження в генераторі-термосифоні 9.

Подача електричної потужності в генератор-термосифон здійснюється через стабілізатор напруги типу «В2-3» 8. Реєстрація електричної потужності і енергоспоживання, а також управління подачею теплового навантаження здійснювалося за допомогою автоматизованої системи вимірювань, реєстрації та управління типу «Fenix» 5.

Всі температури в характерних точках об'єкта дослідження вимірювалися згідно з наведеною вище методикою за допомогою терморезисторів Pt1000 4, а їх комутація здійснюється на автоматизовану систему вимірювань, реєстрації та управління типу «Fenix» 5.

Стандартне програмне забезпечення системи «Fenix» 5 дозволяє проводити перерахунок значень електричної потужності в часі в стандартну характеристику побутових холодильних приладів – добове енергоспоживання [10], тому спеціальний лічильник електричної потужності не був потрібен.

Управління подачею теплового навантаження в генератор-термосифон здійснювалося системою «Fenix» 5 через систему підведення і регулювання

електричного навантаження 9 або за заданою програмою випробувань, або в залежності від чисельного значення температур в характерних точках дефлегматора і ребра панелі ХК.

Проведена оцінка похибки вимірювання температури, електричної потужності і добового споживання електроенергії показали, що абсолютна похибка вимірювання складає відповідно, не вище 0,5 °С, не більше 0,5 Вт, не більше 0,01 кВт·год / добу.

Виміри швидкості повітряного потоку при роботі холодильника без витяжного кожуха показали, що за допомогою використовуваного крильчатого анемометра швидкість повітряного потоку над абсорбером і теплоізоляційним кожухом генераторного вузла не фіксується (нижня межа чутливості анемометра становить 0,10 м/с). У цьому випадку правомірно припустити, що швидкість повітряного потоку, що циркулює по поверхні абсорбера і теплоізоляційного кожуха генераторного вузла АХА, не перевищує зазначеного значення. Температура повітря в приміщенні під час проведення вимірювань становила 19,0...19,5 °С.

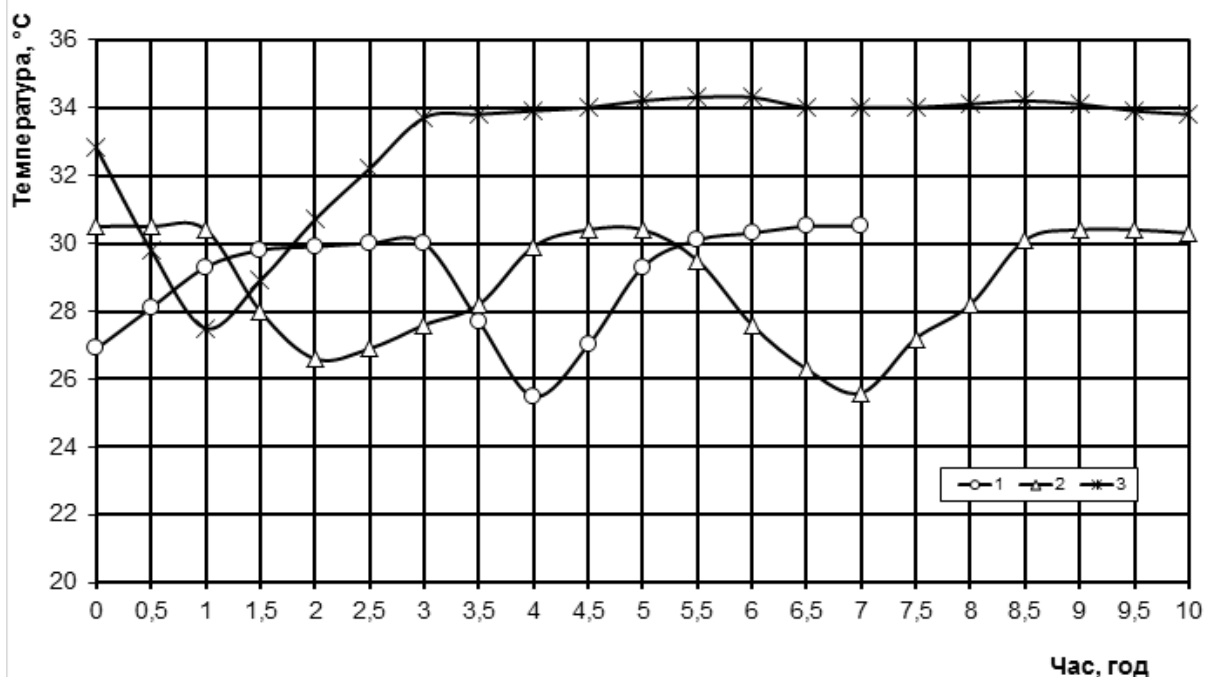
Швидкість повітря фіксувалася лише в зоні конденсатора, що має максимально високу температуру з усіх типів тепловіддаючих елементів АХА (до 52 °С). Максимальна швидкість потоку, як і слід було очікувати, була на початковій (найбільш нагрітій) ділянці конденсатора – 0,50 м/с. У серед-

ній частині конденсатора на довжині 200 мм швидкість повітря змінювалася від 0,38 м/с до 0,28 м/с.

При установці витяжного кожуха характер розподілу повітряного потоку не змінився. На початковій ділянці конденсатора АХА також фіксувалася максимальна швидкість потоку, потім зниження, а на останній третині (200 мм) швидкість не фіксується. За рахунок збільшення сили, що виштовхує при організації руху повітряного потоку в підйомному каналі зросли абсолютні величини швидкостей. Так, у внутрішній порожнині кожуха шириною 170 мм при температурі повітря в приміщенні 19 °С максимальна швидкість складала 0,98 м/с, а при температурі 24 °С – 0,78 м/с. Збільшення величини швидкості тут пов'язано з ростом різниці температур між нагрітим повітрям і зовнішнім повітрям і з відповідною різницею щільності.

Одночасно проводилися вимірювання температурного поля по висоті витяжного кожуха. Результати досліджень при максимальній висоті витяжного кожуха наведені на рис. 3. Як і слід було очікувати, максимальні температури потоку знаходяться в перетині над початковою ділянкою конденсатора.

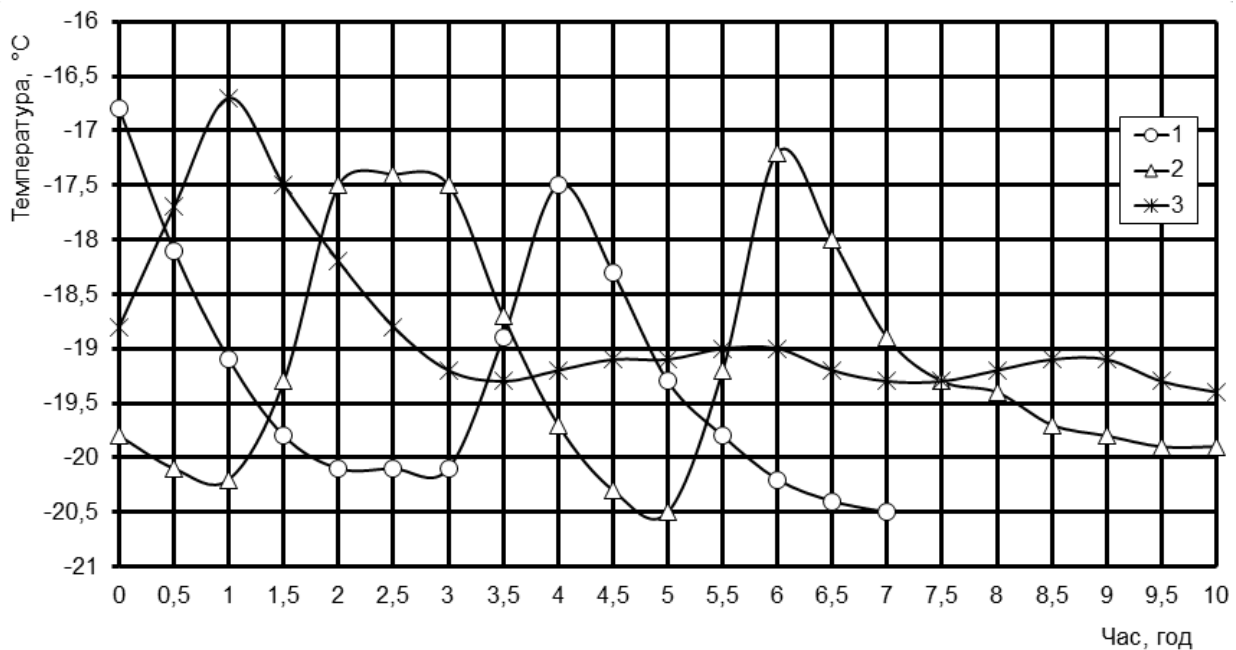
Дослідження показали, що установка витяжного кожуха на рівні холодильної шафи (рівень 0 мм), як пропонують автори [5, 6], не сприяє енергозбереженню.



**Рисунок 7** – Зміна температури абсорбера АХА в часі (регулятор знаходиться в крайньому положенні – режим роботи безперервний): 1, 2 – режими роботи з витяжним кожухом; 3 – робота без витяжного кожуха. Ширина кожуха: 1 – 150 мм; 2 – 170 мм

Проведені дослідження також підтвердили припущення про необхідність блокування зони дефлегматора від інтенсивних повітряних потоків. Для цієї мети повітряний потік в кожусі ві-

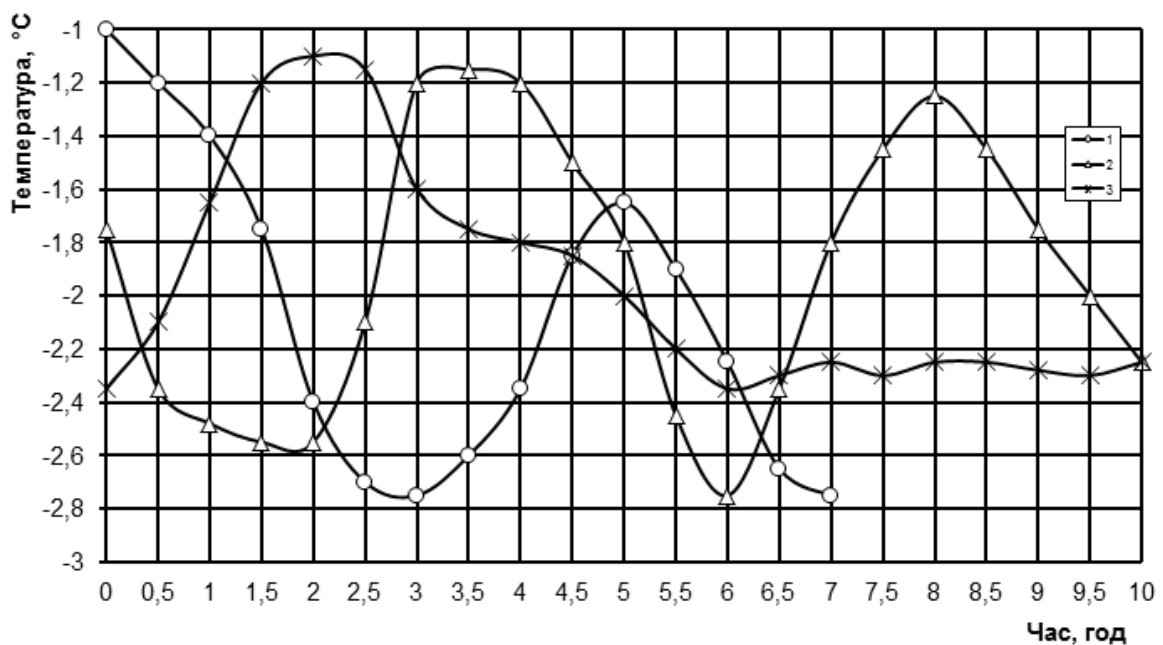
докремлювався від зони дефлегматора перегородкою (рис.1). В іншому випадку спостерігалося зниження холодопродуктивності АХА від 8 до 14%.



**Рисунок 8** – Зміна середньої температури НТВ в часі (регулятор знаходиться в крайньому положенні – режим роботи безперервний): 1, 2 – режими роботи з витяжним кожухом; 3 – робота без витяжного кожуха. Ширина кожуха: 1 – 150 мм; 2 – 170 мм

Установка витяжного короба дозволила організувати інтенсивний рух повітряного середовища в нижній частині абсорбера (рис. 7), що сприятливо позначилося рівні температур абсор-

бера, ступеня очищення ПГС і, в кінцевому рахунку, на холодопродуктивності АХА. Відповідні рівні температур в НТВ і ХК представлені на рис. 8-9.



**Рисунок 9** – Зміна середньої температури ХК в часі (регулятор знаходиться в крайньому положенні – режим роботи безперервний): 1, 2 – режими роботи з витяжним кожухом; 3 – робота без витяжного кожуха. Ширина кожуха: 1 – 150 мм; 2 – 170 мм

Дослідження показали, що висота зони забору повітря  $H_1$  повинна знаходитися на рівні бачка абсорбера. Це знижує гідравлічний опір при проході повітря через внутрішню порожнину кожуха і дозволяє повітрю з приміщення безпосередньо контактувати з абсорбером АХА.

Зростання холодопродуктивності АХА пов'язано зі збільшенням ступеня очищення ПГС в абсорбері і зниженням її температури. Зниження рівня температур на абсорбері при роботі холодильника з кожухом становить приблизно 4 °С (навколишнє повітря мав температуру 25 °С). На відміну від традиційної схеми роботи холодильника, при використанні витяжного кожуха в режимі «регулятор в положенні 7» (безперервний режим роботи) забезпечувалося періодичне відключення генераторного вузла, при цьому середній рівень температур в камерах не перевищував рівень температур при безперервній роботі.

При роботі з більш високою холодопродуктивністю в позиційному режимі управління за рахунок періодичного відключення джерела електричної потужності було зафіксовано зниження добового енергоспоживання на 7,6% (ширина кожуха 150 мм) і на 21% (ширина кожуха 170 мм).

### 3. Нова конструкція побутового комбінованого холодильного приладу

Досвід досліджень інтенсифікаційних способів дозволив розробити нову конструкцію комбінованого побутового приладу – абсорбційний холодильний прилад з тепловою камерою [11].

Нова конструкція дозволяє найбільш ефективно використати температурний потенціал повітряного потоку, що виходить з зон тепловіддачі АХА (рис.10).

Вивчалися моделі з ТК повітряного типу та у вигляді ємності для рідини. У всіх випадках зовнішні геометричні параметри ТК становили: висота – 0,42 м; глибина – 0,54 м; ширина – 0,57 м; корисний об'єм – 35 дм<sup>3</sup>. Товщина теплоізоляції з ППУ складала: бічних стінок – 80 мм; дна – 75 мм; кришки, задньої і передньої стінок – 10 мм. У ТК, виконаної у вигляді ємності для рідини, внутрішній корпус був виготовлений у вигляді цілісного короба. Матеріал короба – нержавіюча сталь. Товщина стінки короба – 1 мм. Внутрішній корпус ТК повітряного типу виготовлений з алюмінію. Товщина стінки корпусу – 3 мм.

Для забезпечення теплового зв'язку підйомної ділянки дефлегматора АХА з ТК використовувалася ДФТС довжиною 1,2 м і діаметром – 10×1 мм. Матеріал корпусу ДФТС – нержавіюча сталь. Теплоносії – етиловий спирт.

Кріплення ДФТС до дефлегматора діаметром 16×1,4 мм здійснювалося за допомогою мідної обжимної пластини, причому для зниження термічного опору в зоні контакту знаходився стиснений ВПЯМ на основі міді, пори якого було заповнено теплопровідною пастою КТП-8.

У всіх випадках випарна ділянка ДФТС кріпилася в нижній частині підйомної ділянки дефлегматора і встановлювалася паралельно йому. Довжина ділянки випаровування ДФТС в дослідженнях змінювалася шляхом зміни зони теплового зв'язку з дефлегматором. Транспортна зона ДФТС закривалася теплоізоляційним кожухом. Довжина конденсаційної ділянки ДФТС змінювалася і становила – 0,3 м.

Дослідження режимів роботи побутових комбінованих приладів абсорбційного типу здійснювалося в кліматичній камері-лабораторії перспективного проектування ВЗХ як в стаціонарному (в «жорстких» умовах роботи холодильника –  $t_{н.с} = 32$  °С, КРВ = 1), так і в перехідних ( $t_{н.с} < 32$  °С, КРВ < 1) режимах роботи АХА.

У процесі проведення випробувань фіксувалися значення:

- а) температур в характерних точках холодильної шафи, ТК і АХА;
- б) теплового навантаження генератора АХА;
- в) температури навколишнього середовища;
- г) добового енергоспоживання згідно з нормативними вимогами [10].

Пристрій містить вертикальну теплоізольовану шафу, розділену поярусно на холодильну камеру (ХК) 1, низькотемпературне відділення (НТВ) 2, теплову камеру 3 і камеру з підвищеною температурою повітря (КПТВ) 4.

На задній стінці шафи встановлено АХА, що включає гарячий вузол 5, дефлегматор 6, конденсатор 7, низькотемпературний 8 і високотемпературний випарники 9 (НТВ та ВТВ), встановлені в НТВ 2 і ХК 1 відповідно, абсорбер 10, бачок абсорбера 11, рідинний теплообмінник 12.

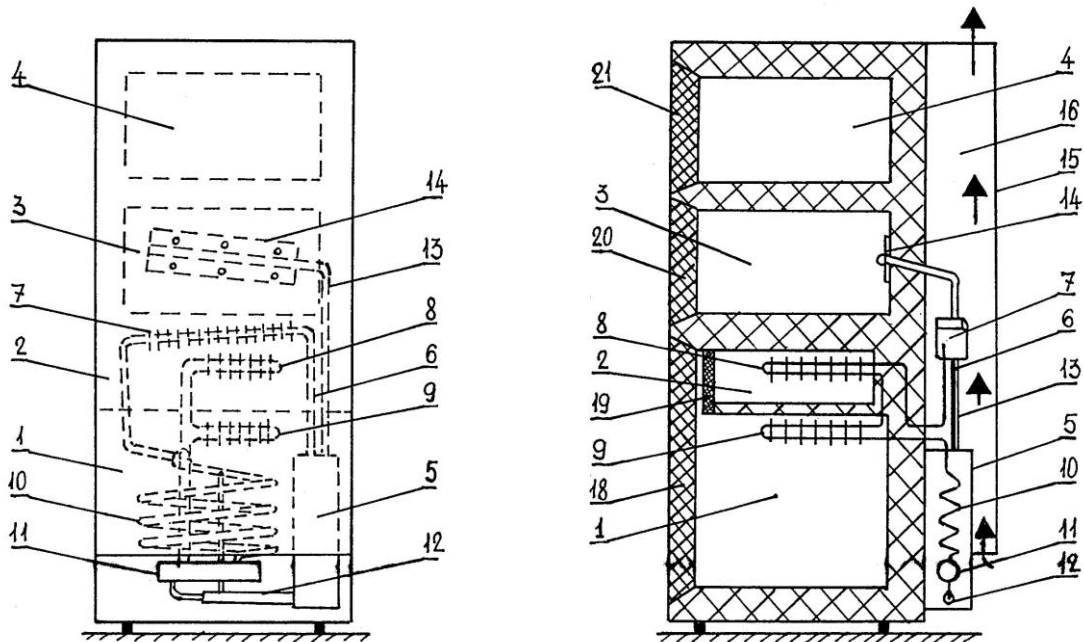
На задній внутрішній стінці теплової камери встановлено конденсаційну ділянку 14 двофазного термосифона (ДФТС) 13, причому нагрівальна ділянка (на рис.7 не показана) пов'язана з дефлегма-

тором АХА в обсязі теплоізоляційного кожуха гарячого вузла 5.

На задній стінці конструкції встановлений кожух 15, який утворює витяжну порожнину 16, причому теплова камера 3 і КПТВ 4 має витяжні

порожнини і на бічних стінках (на рис.7 не показані).

Камери – ХК 1, НТО 2, теплова камера 3 і КПТВ 4 мають роздільні теплоізольовані двері 18, 19, 20, 21 відповідно.



**Рисунок 10** – Конструкція комбінованого побутового приладу на базі абсорбційного холодильника:

- а) вид ззаду; б) вид збоку (розріз). 1 – ХК; 2 – НТВ; 3 – теплова камера; 4 – камера підігріву; 5 – генераторний вузол; 6 – дефлегматор; 7 – конденсатор; 8,9 – випарники; 10 – абсорбер; 11 – бачок абсорбера; 12 – рідинний теплообмінник; 13 – ДФТС; 14 – конденсатор ДФТС; 15 – витяжний кожух; 16 – витяжна порожнина; 18-21 – теплоізольовані двері камер.

Запропонований пристрій працює таким чином.

В процесі роботи АХА здійснюється виробництво штучного холоду в НТВ 6 і ВТВ 9, при цьому забезпечується охолодження НТО 2 і ХК 1. Реалізація холодильного циклу АХА супроводжується віддаванням тепла в навколишнє середовище з теплонавантажених елементів – дефлегматора 6, конденсатора 7 і абсорбера 10. Очищення парів холодоагенту (аміаку) від парів абсорбенту (води) в дефлегматорі 6 здійснюється в процесі конденсації. Теплота фазового переходу передається нагрівальній ділянці ДФТС, в якому відбувається генерація пари теплоносія. Пари теплоносія надходять в зону конденсації 14, де стискаються з відведенням теплоти пароутворення в теплову камеру 3. Цим забезпечується температурний режим камери 3 на рівні до 70 °С.

Наявність кожуха 15 на задній панелі шафи і у бічних стінок теплової камери 3 і КПТВ 4 дозволяє організувати витяжні порожнини 16 і 17, які слугують для інтенсивної циркуляції повітря. Охо-

лодження абсорбера 10 здійснюється в режимі вимушеної тяги, яка створюється конденсатором 7 і ректифікатором 6.

Підігріте повітря омиває бічні і задні стінки теплової камери 3 і КПТВ 4, забезпечуючи зниження теплових втрат в навколишнє середовище з теплової камери 3 і підігрів КПТВ 4.

Проведені експериментальні дослідження дослідного зразка комбінованого пристрою для теплової обробки і зберігання продуктів показали, що теплові втрати з теплової камери знизилися на 26% при робочій температурі камери 70 °С і температурі навколишнього повітря 26 °С. При цьому добове енергоспоживання АХА знижено на 15...20%.

#### 4. Висновки та рекомендації

Проведені експериментальні дослідження показали:

1. Установка витяжного кожуха з метою інтенсифікації процесів конвективного теплообміну на зовнішніх поверхнях тепловіддаючих елементів

АХА (абсорбері і конденсаторі) дозволяє знизити добове енергоспоживання абсорбційних холодильних приладів (на 7,6% при ширині кожуха 150 мм і на 21% при ширині кожуха 170 мм), причому температури в НТВ і ХК практично не змінюються, в порівнянні з холодильним приладом традиційного виконання.

2. Температурний потенціал повітряного потоку у верхній частині витяжного кожуха дозволяє розширити функціональні можливості абсорбції холодильних приладів, наприклад, передбачити додаткову теплову камеру для термічної обробки харчових продуктів, сировини і напівфабрикатів в побуті [11]. Проведені експериментальні дослідження дослідного зразка комбінованого пристрою для теплової обробки і зберігання продуктів показали, що теплові втрати з теплової камери знизилися на 26% при температурі в камері 70 °С і температурі навколишнього середовища 26 °С причому добове енергоспоживання АХА знижено на 15...20%.

3. Отримані результати дозволяють рекомендувати повітряний кожух для установки на серійні моделі абсорбційних холодильних приладів типу «Кристал» з висотою шафи не менше 1400 мм, наприклад, на комбіновані побутові прилади, що містять як холодильник, так і теплову камеру. При цьому наявність витяжного кожуха, виконаного у вигляді фальш-панелі на задній стінці шафи, покращує зовнішній вигляд побутового абсорбційного холодильного приладу, який має більш складну просторову конструкцію в порівнянні з компресійними аналогами [12].

## Література

1. Селезньова Ю. А. Удосконалення теплоенергетичних характеристик побутових холодильників на основі дослідження повітряно-теплообмінних процесів в їх компресорно-конденсаторному відділенні: Дис. канд. техн. наук: 05.05.14. – Одеса, 2002. – 277 с.
2. Іщенко І. Н., Тітлов О. С. Моделювання процесів тепло- і масообміну в протипотоковому змійовиковому абсорбері // Харчова наука і технологія. – 2010. – № 3. – С. 125-128.
3. Тітлов О. С., Василів О. Б. Оптимізація конструкцій конденсаторів абсорбційно-дифузійних холодильних машин // Перспективні напрямки розви-

тку екології, економіки, енергетики. – Одеса: ОЦНТЕІ. – 1998. – С. 140-144.

4. Лєпасьв Д. А. Ремонт побутових холодильників: Довідник. – 2-е вид. перероб. і доп. – М.: Легпром-побутіздат., 1989. – 304 с.
5. Заявка 0366633 ЄПВ, МКІ F25 В 15/10, F03 G 7/06. Абсорбційний холодильний апарат з вентиляторним охолодженням / П. Е. Бломберг. – № 89850316.4; Заяв. 27.09.89; Опубл. 02.05.90.
6. Патент 2076287 Російської Федерації, МКІ F25 D 11/00. Побутовий абсорбційний холодильник / А. М. Архаров, В. В. Єгоров, В. Н. Козлов, В. С. Могильницький, В. В. Шишов. – 93011862/13; Заяв. 04.03.93; Опубл. 27.03.97.
7. Тітлов О. С., Рибников М. В., Завертаний В. В., Василів О. Б. Використання теплових труб і термосифонів в абсорбційних холодильниках // Холодильна техніка. – 1998. – № 2. – С. 12-13.
8. Тітлов О. С., Завертаний В. В., Василів О. Б., Ленський Л. Р. Експериментальні дослідження температурно-енергетичних характеристик низькотемпературних камер на основі АХА // Теплові режими та охолодження радіоелектронної апаратури. – 1998. – Вип.1. – С. 60-67.
9. Тележенко Л. М., Тітлов О. С., Вольневич С. В., Козонова Ю. О. Розробка нового типу побутових комбінованих приладів // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 22-25.
10. Тітлов О. С., Вольневич С. В., Козонова Ю. О. Розробка та експериментальні дослідження побутових комбінованих приладів абсорбційного типу, які суміщають функції холодильного зберігання і теплової обробки // Збірник наукових праць НУК. – 2013. – № 5-6. – С. 47-50.
11. Тележенко Л. М., Тітлов О. С., Вольневич С. В., Козонова Ю. О. Розробка нового типу побутових приладів // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вип. 7. – 2011. – С.36-40.
12. Патент 1835898 Російської Федерації, МКІ F25 D 11/00. Пристрій для теплової обробки і зберігання продуктів / О. С. Тітлов, В. Ф. Чернишов, Г. І. Овечкін, К. Г. Смирнов-Васильєв, В. В. Двірний, Н. Ф. Хоменко, Г. М. Оліфер. – №4874603 / 23-13; Заявл. 17.10.90; Опубл. 06.06.94, Бюл. №25.

Отримана в редакції 20.09.2019, прийнята до друку 03.12.2019

## Enhancing energy efficiency of absorption refrigeration devices

O. Titlov<sup>1</sup>, T. Hratii<sup>2</sup>, N. Bilenko<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Odessa National Academy of Food Technologies, 1/3 Dvoryanskaya str., Odessa, 65082, Ukraine

✉ e-mail: <sup>1</sup>titlov1959@gmail.com

*One of the energy saving trends in the household refrigeration equipment is associated with the intensification of convective heat transfer processes on the outer surfaces of refrigerator's heat-dissipating elements. One of the examples is installation of an exhaust hood. The complexity of household refrigeration devices modern designs does not allow to reliably evaluate the air flow parameters in the heat dissipation zones. The most acceptable in this case is the experimental research method. The absorption refrigerator "Crystall-404-1" ASH-155 was the object of research. This refrigerator contains a low-temperature chamber with volume of 11 dm<sup>3</sup> and a refrigeration chamber with volume of 144 dm<sup>3</sup>. A removable exhaust hood was installed on the refrigerator's back wall so it completely covered its surface. The width of the air channel was: 100, 150 and 170 mm. During experimental studies temperatures at characteristic points of the refrigerator's elements and refrigerated chambers, as well as ambient air temperature were measured. Moreover, the air flow rate was measured. Air velocity was recorded only in the condenser zone. The maximum flow rate was detected at the initial section of the condenser – 0,50 m/s. In the middle part of the condenser the air velocity varied from 0,38 m/s to 0,28 m/s. The experience of experimental studies made it possible to develop a new design of a combined household device – an absorption refrigeration device with a heat chamber (HC). Pilot models of absorption refrigerators with heat chambers of both the air-type and in the liquid containers form were developed. To ensure the thermal connection of the deflegmator's lifting section with the HC, a thermosiphon 1,2 m long and 10×1 mm in diameter was used. Conducted experimental studies showed: a) exhaust hood installation in order to intensify convective heat transfer processes on the outer surfaces of the absorption refrigeration devices' heat-dissipating elements allows reducing the daily energy consumption, while the temperatures in the refrigerated chambers are practically unchanged; b) temperature potential of the air flow in the exhaust hood upper part allows expanding the functionality of absorption refrigeration devices. For example, to provide an additional HC for heat treatment of food products, raw materials and semi-finished products in daily life.*

**Key words:** Absorption refrigeration device; Energy saving; Intensification of convective heat transfer processes; Experimental studies

### References

1. **Seleznova, Yu. A.** (2002) Udoskonalennia teploenerhetychnykh kharakterystyk pobutovykh kholodylnykh na osnovi doslidzhennia povitriano-teploobminnykh protsesiv v yikh kompresorno-kondensatornomu viddilenni: Dys. kand. tekhn. nauk: 05.05.14. Odesa, 277.
2. **Ishchenko, I. N., Titlov, O. S.** (2010) Modeliuvannia protsesiv teplo- i masoobminu v protyvotokovomu zmiiovkovomu absorberi. *Kharchova nauka i tekhnolohiia*, 3, 125-128.
3. **Titlov, O. S., Vasyliv, O. B.** (1998) Optyimizatsiia konstruktsii kondensatoriv absorbttsiino-dyfuzyinykh kholodylnykh mashyn. *Perspektyvni napriamky rozvytku ekolohii, ekonomiky, enerhetyky*. Odesa: OTsN-TEI, 140-144.
4. **Liepaiev D. A.** (1989) Remont pobutovykh kholodylnykh: Dovidnyk. 2-e vyd. pererob. i dop. M.: *Lehprompobutizdat.*, 304.
5. Zaiavka 0366633 EPV, MKI F25 V 15/10, F03 G 7/06. Absorbtsiinyi kholodylnyi aparat z ventyliatornym okholodzhenniam. **Blomberh, P. E.** № 89850316.4; Zaiav. 27.09.89; Opubl. 02.05.90.
6. Patent 2076287 Rosiiskoi Federatsii, MKI F25 D 11/00. Pobutovy absorbttsiinyi kholodylnyk. **Arkharov, A. M., Yehorov, V. V., Kozlov, V. N., Mohlynyskyi, V. S., Shyshov, V. V.** 93011862/13; Zaiav. 04.03.93; Opubl. 27.03.97.
7. **Titlov, O. S., Rybnykov, M. V., Zavertanyi, V. V., Vasyliv, O. B.** (1998) Vykorystannia teplovykh trub i termosyfoniv v absorbttsiinykh kholodylnykh. *Kho-*

*lodylna tekhnika*, 2, 12-13.

8. **Titlov, O. S., Zavertanyi, V. V., Vasyliv, O. B., Lenskyi, L. R.** (1998) Eksperymentalni doslidzhennia temperaturno-enerhetychnykh kharakterystyk nyzko-temperaturnykh kamer na osnovi AKhA. *Teplovi rezhymy ta okholodzhennia radioelektronnoi aparatury*, 1, 60-67.

9. **Telezhenko, L. M., Titlov, O. S., Volnevych, S. V., Kozonova, Yu. O.** (2009) Rozrobka novoho typu pobutovykh kombinovanykh pryladiv. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnologii*, 35, 1, 22-25.

10. **Titlov, O. S., Volnevych, S. V., Kozonova, Yu. O.** (2013) Rozrobka ta eksperymentalni doslidzhennia pobutovykh kombinovanykh pryladiv absorbtsiinoho typu, yaki sumishchaiut funktsii kholodylnoho zberi-

hannia i teplovoi obrobky. *Zbirnyk naukovykh prats NUK*, 5-6, 47-50.

11. **Telezhenko, L. M., Titlov, O. S., Volnevych, S. V., Kozonova, Yu. O.** (2011) Rozrobka novoho typu pobutovykh pryladiv. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky*, 7, 36-40.

12. Patent 1835898 Rosiiskoi Federatsii, MKI F25 D 11/00. Prystrii dlia teplovoi obrobky i zberihannia produktiv. **Titlov, O. S., Chernyshov, V. F., Ovechkin, H. I., Smyrnov-Vasyliiev, K. H., Dvirnyi, V. V., Khomenko, N. F. Olifer, H. M.** – №4874603 / 23-13; Zaiavl. 17.10.90; Opubl. 06.06.94, Biul. №25.

---

Received 20 September 2019

Approved 03 December 2019

Available in Internet 03 February 2020