

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО



## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ  
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*27-28 листопада 2020 року*



Одеса - 2020

УДК 621.56/59(03)  
ББК 31.3  
К-14

**Збірник докладів підготовлений під редакцією  
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г Науковий секретар - к.т.н.доц.  
Жихарєва Н.В.**

*За достовірність інформації відповідає автор публікації*

**Збірник наукових праць** за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Сучасні проблеми холодильної техніки і технології**» 27-28 листопада 2020 року. – Одеса : ТЕС., 2020. – 175 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні машини і установки; теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; системи кондиціонування повітря; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки;холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

©Одеська національна академія харчових технологій,2020  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

## НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

**Голова - Єгоров Б.В.** - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

**Поварова Н.М.** – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

**Косой Б.В.** – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

**Хмельнюк М.Г.** - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

**Мілованов В.І.** - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

**Морозюк Л.І.** - д-р техн. наук, професор;

**Потапов В.О.** - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

**Радченко М.І.** - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор

### Організаційний комітет:

**Голова** – д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.;

**Науковий секретар** - к.т.н.доц. Жихарева Н.В.

**Члени оргкомітету** - к.т.н. доц. Зімін О.В., к.т.н.доц. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н.доц. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н.доц. Подмазко О.С.

### Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

Так, для ВАР зниження масової концентрації від 0,35 до 0,15 (відповідає діапазону зміни термодинамічних параметрів циклу АХА) призводить до зростання коефіцієнту теплообміну, як мінімум, на 37 %.

Список інформаційних джерел:

Niebergal W. Sorptoin-kalte-maschinen / W. Niebergal . - Berlin : Springer, 1959. - 554 S.

Чайковський В. Ф. Експериментальні дослідження холодильних труб, що реалізують абсорбційно-дифузний холодильний цикл / В. Ф. Чайковський, А. С. Титлов // Холодильна техніка і технологія. – 1991. – № 52. – С. 3-7.

Тюхай Д. С . Зниження енергоспоживання в апаратах з абсорбційно-дифузійними холодильними машинами шляхом організації раціональних теплових режимів генераторного вузла: дис ... канд . техн. наук: 05.05.14 / Тюхай Денис Станіславович. - Одеса , 2000. – 147 с .

Янченко В. М. Визначення основних характеристик генератора абсорбційно-дифузійної холодильної машини / В. М. Янченко, Е. А. Казаков, А. В. Котельников // Машини та апарати холодильної, кріогенної техніки і кондиціонування повітря. - 1977. – № 2. – С. 80-85.

Янченко В. М. Експериментальне визначення характеристик генераторів абсорбційно-дифузійної холодильної машини / В. М. Янченко, А. В. Котельников // Холодильна техніка. – 1978. – № 1. – С. 29-31.

УДК 621.575

## **ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АБСОРБЦІЙНИХ ВОДОАМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОГО ВИКИДНОЇ ТЕПЛОТИ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

*Титлов О.С., д.т.н., професор, Дорошенко В.М., д.т.н., професор, Закушняк М.Ю.,  
магістр*

Компресорні станції магістральних трубопроводів, оснащені газотурбінними агрегатами, мають значну кількість низько потенційного тепла, яке в даний час викидається в навколишнє середовище з продуктами згоряння. При цьому дармове тепло може бути використано для вирішення різних завдань при транспортуванні газу безпосередньо на компресорних станціях. Одна з таких завдань - попереднє охолодження газу перед компримування. Для вирішення цього завдання необхідно використовувати джерело штучного холоду, а в нашому випадку, з урахуванням наявності непридатного тепла - тепловикористовуючими холодильну машину. З урахуванням сучасного стану розробок і рівня техніки можна зробити висновок, що найбільші перспективи мають абсорбційні водоаміачних холодильних машин (АВХМ). У зв'язку з виборів АВХМ необхідно відзначити, що в останні роки в зв'язку з несприятливим техногенним впливом на навколишнє середовище систем холодильної техніки все більша увага приділяється природним холодильним агентам. Останні доку-

менти [1] вже чітко регламентують застосування конкретних природних холодильних агентів для різних типів холодильних машин: для побутових і торгових холодильників - ізобутан; для середніх холодильників - вуглекислота; для великих систем - аміак. АВХМ на відміну від аналогів - бромістолітєвих абсорбційних холодильних машин і пароежекторних водяних холодильних машин, холодильним агентом в яких є вода, мають більш широку сферу застосування, зокрема, в області негативних температур до мінус 50 °С [2]. Для їх роботи можна використовувати найрізноманітніші джерела теплової енергії: технологічну пару, гарячу воду, газу печей, вихлопні газу двигунів внутрішнього згоряння [3]. АВХМ крім завдань кондиціонування повітря можуть бути використані і в холодильниках при тривалому зберіганні заморожених продуктів і сільськогосподарської сировини.

На першому етапі розробок систем охолодження газу перед компримування на базі АВХМ були проведені розрахунки циклів і визначені діапазони робочого складу робочого тіла. Відомі підходи до розрахунку АВХМ [5,6,7] для роботи в системах з сонячним підігрівом не можуть бути використані через неврахування взаємної залежності трьох рівнів температур: вищої в генераторі (гріє джерела) - нижчої в абсорбері (навколишнього середовища) - кипіння у випарнику. Тоді, як відомо [2], що з цих трьох температур тільки дві можуть бути обрані щодо довільно, а третя температура визначається однозначно.

Такий висновок був отриманий авторами [4] при аналізі теплового коефіцієнта ідеального циклу довільній абсорбційної холодильної машини в якому: зона дегазації прагнути до нуля і процеси в генераторі і в абсорбері протікають практично при постійній температурі; абсорбент не володіє власним парціальним тиском, а теплота дефлегмації відсутня.

Розглянуто традиційна найпростіша схема АВХМ, що включає два регенеративних теплообмінники - розчинів робочого тіла і холодильного агента (рис.1).

Вихідні дані для розрахунку і аналізу:

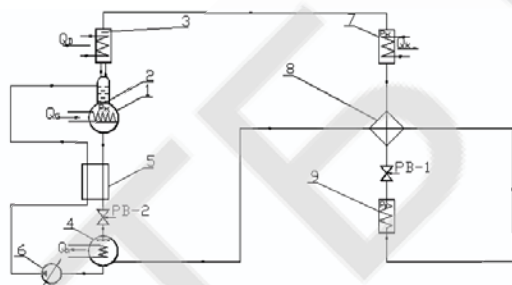


Рис. 1 - Схема АВХМ: 1-генератор; 2 ректифікатор; 3 дефлегматор; 4 абсорбер; 5 регенеративний теплообмінник розчинів; 6 насос; 7-конденсатор; 8- регенеративний теплообмінник холодильного агента; 9-випарник

а) перепад температур між охолоджуючим середовищем і міцним ВАР в абсорбері;

б) перепад температур між охолоджуючим середовищем і конденсатором (виходом дефлегматора);

в) перепад температур між випарником і джерелом холоду;

г) перепад температур між слабкий і міцний ВАР на "холодному" наприкінці регенеративного теплообмінника розчинів;

д) перегрів пара аміаку в регенеративній теплообміннику.

Для визначення термодинамічних теплофізичних властивостей ВАР використовувалися довідкові дані [8]. Варійованими параметрами були: температура гріючої середовища; температура навколишнього середовища; температура об'єкта охолодження.

У всіх випадках визначалися термодинамічні параметри і склад робочого тіла в характерних точках циклу АВХМ.

Основним показником працездатності АВХМ були кратність циркуляції ВАР

$$f = \frac{\xi_D - \xi_{сл}}{\xi_{кр} - \xi_{сл}}, \quad (1)$$

де -  $\xi_D, \xi_{сл}, \xi_{кр}$  масова частка аміаку в паровій суміші, що надходить на вхід дефлегматора, слабкого ВАР на виході генератора, міцного ВАР на вході в генератор, відповідно.

Алгоритм пошуку робочих режимів АВХМ полягав у наступному. На першому етапі задавалися температури об'єкта охолодження: мінус 30 °С; мінус 15 °С; мінус 5 °С. Для кожного значення проводився розрахунок з фіксованим значенням з діапазоном 25...43 °С з кроком в 1 °С. Для заданих значень і проводився розрахунок кратності циркуляції за рівнянням (1) з варіюванням з кроком в 1 °С. У разі, якщо робили висновок, що режим роботи АВХМ може бути реалізований, а в зворотному випадку, коли - режим роботи не існує. Результати розрахунків за наведеним алгоритмом представлені на рис.2.

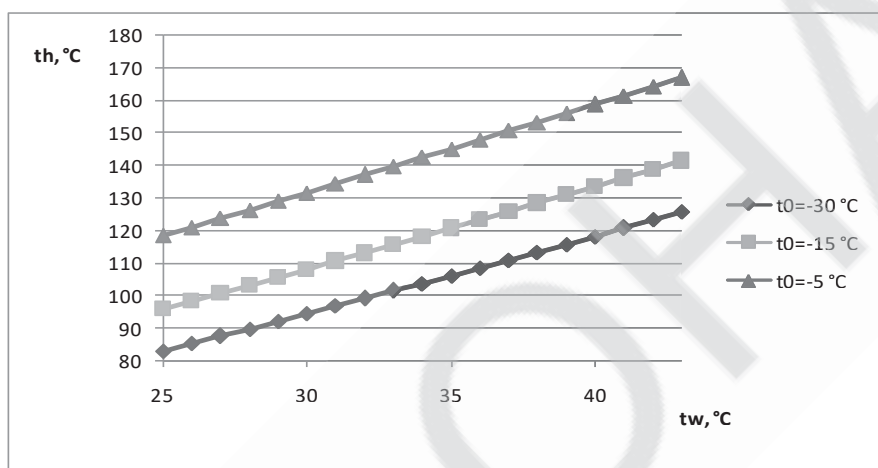


Рис. 2 - Результати розрахунку мінімальної температури що гріє джерела ( $t_h$ ) в залежності від температур об'єкта охолодження ( $t_o$ ) і охолоджуючої середовища ( $t_w$ ).

Отримані залежності є мінімально необхідні значення температур гріючого середовища для умов роботи реальних АВХМ.

Аналіз цих результатів показує, що для роботи в системах охолодження з температурами до мінус 30 °С необхідна температура гріючої середовища 140 ... 150 °С.

Список інформаційних джерел

1. Бараненко А.В., Белозеров Г.А., Таганцев О.М., Смыслов В.И., Бондарев В.Н. Состояние и перспективы развития холодильной отрасли в России // Холодильная техника. – 2009. – № 3. – С. 20-24.
2. Бадылькес И.С., Данилов Р.Л. Абсорбционные холодильные машины [Текст] / И. Бадылькес, Р. Данилов. – М.: Пищевая пром-сть, 1966. – 356 с.
3. Коханський А.І., Редунов Г.М., Тітлов О.С. Перспективи застосування на морських судах абсорбційних холодильних агрегатів (АХА) // Наукові праці ОНАХТ / Мін. Освіти України. – Одеса: 2009. – Вип. 35. – Т.1. – С. 132-136.
4. Kim D.S., Infatute Ferreira C.A. Air-cooled solar absorption air conditioning // Final report. Novem contract BSE – NEO 0268-02-03-0008. Delft university of technology, 2005. – 230 p.

5. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин [Текст] / Е.М. Бамбушек [и др]. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 423 с.
6. Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы [Текст] : монография / Л.В. Галимова. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. – 226 с.
7. Sathyabhama A., Ashok Babu T.P. Thermodynamic simulation of ammonia-water absorption refrigeration system // Thermal science. – 2008. – Vol.12. – № 3. – P.P.. 45-53.
8. Богданов С.Н. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справ. [Текст] / С.Н. Богданов [и др]. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: СПбГАХПТ, 1999. – 320 с.

УДК 621.565.92:628.165

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ СТВОРЕННЯ РІВНОМІРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОХОЛОДЖЕНОМУ ОБ'ЄКТІ АБСОРБЦІЙНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ СЕЗОННОГО ТИПУ.**

*Ковбасюк К.С., студент IV курсу ОТФК ОНАХТ, Суббота І.В., студент IV курсу ОТФК ОНАХТ, Селіванов А.П., викладач вищої категорії ОТФК ОНАХТ,*

Побутові абсорбційні холодильники, що використовують низькотемпературний потенціал навколишнього середовища та працюють у широкому діапазоні температур, холодильники «сезонного» типу, не придатні для роботи із швидкозмінними навантаженнями, але показали себе незамінними у сталому режимі при довготривалому підтриманні заданих параметрів.[1] При роботі у сталому режимі стає проблемою підтримання рівномірного температурного поля у всьому охолоджену об'ємі. Навіть наявність, так званої, суперізоляції в корпусах сучасних холодильних пристроїв при стабілізації зовнішніх та внутрішніх параметрів дає великий розбіг температури у охолоджену об'ємі і цей розбіг тим більший, чим більша температура навколишнього середовища.

Дослідження показали, що саме інерційність систем на базі абсорбційно-дифузійних холодильних агрегатів є причиною неможливості створення рівномірного температурного поля без додаткової модернізації об'єкту охолодження.

Дослідження проводились на базі морозильного пристрою типу «ларь» із водоміачним абсорбційним одноступінчатим агрегатом робочим об'ємом 100 дм<sup>3</sup>. [2] Протягом декількох років проводились статистичні випробування із змінюваними зовнішніми та внутрішніми параметрами та станами обладнання, що дало можливість аналізувати вплив тих чи інших чинників на роботу абсорбційно-дифузійного холодильного агрегату (АДХА). На мал..1 показане температурне поле охолодженого об'єкту при температурі навколишнього середовища 25 °С, повній потужності нагрівального елемента неізолюваного генераторного вузла та без будь-яких модернізацій об'єму камери. Є очевидним, що розбіг температур в об'єкті складає до 20 градусів, що є неприпустимим а ні для побутового пристрою, а ні для промислового холодильного агрегату. На початковому етапі досліджень було вирішено для вирів-

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В СИСТЕМАХ ПЕРВИННОГО НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДРІБНОСЕМ'ЯНИХ КУЛЬТУР**

*Петушенко С.М., ст. викладач, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор ОНАХТ.....105*

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НА СУДАХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ**

*Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Адамбаєв Д.Б., аспірант, Редунов Г.М., ст. викладач ОНАХТ.....107*

**РОЗРОБКА ХОЛОДИЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ**

*Біленко Н.О., асистент, Тітлов О.С., д.т.н., професор ОНАХТ.....109,*

**МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК**

*Біленко Н.О., асистент, Тітлов О.С., д.т.н., професор, Дорошенко В.М., д.т.н., професор ОНАХТ.....112*

**РОЗРОБКА ПОБУТОВИХ КОМБІНОВАНИХ ПРИЛАДІВ З УТИЛІЗАЦІЄЮ СКИДНОГО ТЕПЛА ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ**

*Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Гратій Т.І., аспірант, Приймак В.Г., Козонова Ю.О., канд. техн. наук, доцент ОНАХТ .....114.*

**РОЗРОБКА СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ**

*Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Осадчук Є.О., асистент, Василів О.Б., канд. техн. наук., доцент, Адамбаєв Д.Б., аспірант, ОНАХТ, Одеса.....115*

**РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

*Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Фелонюк С.А., магістр ОНАХТ.....118*

**АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОЗРОБОК ГЕНЕРАТОРІВ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГРЕГАТІВ (АХА)**

*Холодков А.О., канд. техн. наук, Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор ОНАХТ.....121*

**ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АБСОРБЦІЙНИХ ВОДОАМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОГО ВИКИДНОЇ ТЕПЛОТИ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВІДІВ**

*Тітлов О.С., д.т.н., професор, Дорошенко В.М., д.т.н., професор, Закушняк М.Ю., магістр.....124*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ СТВОРЕННЯ РІВНОМІРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ОХОЛОДЖЕНОМУ ОБ'ЄКТІ АБСОРБЦІЙНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ СЕЗОННОГО ТИПУ. Ковбасюк К.С., студент IV курсу ОТФК ОНАХТ, Суббота І.В., студент IV курсу ОТФК ОНАХТ, Селіванов А.П., викладач вищої категорії ОТФК ОНАХТ.....127**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

## **«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*27-28 листопада 2020 року*

©Одеська національна академія харчових технологій  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського