



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА  
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»  
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ  
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція  
XI Всеукраинская научно-техническая конференция  
XI International scientific conference**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

**21-22 вересня 2017 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**



**ОДЕСА 2017**

УДК 621.565 (075.6)

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.  
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

**Голова конференції – Єгоров Богдан Вікторович** – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

**Заступник голови – Косой Борис Володимирович** – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

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

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Морозюк Л.І. – д-р техн. наук, професор.

Желєзний В.П. – зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, 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.

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

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

Лавренченко Г.К. – д-р техн. наук, професор.

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

### **ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

### **1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ**

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

### **2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ**

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: [ysim1@yandex.ua](mailto:ysim1@yandex.ua)

### **3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА**

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, [nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ**

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

[nirad50@gmail.com](mailto:nirad50@gmail.com)

### **5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА**

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

### **6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ**

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEA BOCK/Генеральный директор ООО «Еврокул

## ЗМІСТ

<b>СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.</b>		<b>стр.</b>
<b>ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ</b>		
1.	<b>EFFICIENCY OF REFRIGERATING EJECTOR SYSTEMS FOR CONDENSATION OF LIQUID HYDROCARBONS OF OIL PRODUCTS</b> I. D. Butovskyi, V. E. Kogut	11
2.	<b>MATHEMATICAL MODEL OF VAPOUR CONDENSATION IN THE CONTACT HEAT EXCHANGER</b> I. D. Butovskyi	14
3.	<b>ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ШТУЧНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ОБОРОТНОЇ ВОДИ У СОДОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ</b> Цейтлін М.А., Райко В.Ф.	15
4.	<b>ВПЛИВ РІЗНИЦІ ТЕМПЕРАТУР МІЖ ВНУТРІШНІМ І ПРИПЛИВНИМ ПОВІТР'ЯМ НА ЕКСЕРГЕТИЧНИЙ ККД СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТР'Я ОПЕРАЦІЙНИХ ЧИСТИХ КІМНАТ</b> Гарасим Д.І., Лабай В.Й.	18
5.	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТР'ЯНОГО СЕРЕДОВИЩА В ОБ'ЄМІ ХОЛОДИЛЬНИХ КАМЕР ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ОВОЧІВ</b> Кудрін О.Б., Данько В.П.	20
6.	<b>РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ПРИНЦИПОВИХ МОЖЛИВОСТЕЙ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВОДООХОЛОДЖУВАЧІВ ВИПАРНОГО ТИПУ</b> Дорошенко А.В., Цапущел А.М., Іванова Л.В.	22
7.	<b>АНАЛІЗ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ VRF СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТР'Я</b> Піщанська Н.О., Подмазко І.О.	25
8.	<b>ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ТЕРМОСТАТУВАННЯ ДЛЯ ЖОРСТКИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ</b> А. В. Лоза, Ю. А. Єланський, В. Н. Покатаєв	28
9.	<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА В ДИАГНОСТИКЕ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ</b> Жук Н.П.	29
10.	<b>ТРАНСПОРТНИЙ РЕФРИЖЕРАТОР НА БАЗІ АВТОМОБІЛЮ ГАЗЕЛЬ ГАЗ-3302</b> Коломієць О.В., Сухий К.М.	32
11.	<b>ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ І ЕКОЛОГІЯ</b> Зацеркляний М.М., Столевич Т.Б.	34
12.	<b>АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ПОБУТОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ ДЛЯ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ, НАПІВФАБРИКАТІВ І СИРОВИНИ</b> Приймак В.Г.	36
13.	<b>РОЗРОБКА СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТР'Я</b> Озолін М.Є., Осадчук Є.О., Мазуренко С.Ю.	37
14.	<b>ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАКЕТІВ ТРУБ З НАХИЛЕНИМИ ПОПЕРЕЧНИМИ РЕБРАМИ</b> Князюк В.І., Лагутін А.Ю., Стоянов П.Ф., Гоголь М.І.	39
15.	<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОПАНА В БЫТОВОМ КОНДИЦИОНИРОВАНИИ</b> Жук Н.П.	42
16.	<b>ВИМОГИ ДО КЛІМАТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТИПОВИХ БІОЛАБОРАТОРІЙ ТА БІОФАБРИК, ЩО ЗДІЙСНЮЮТЬ ВИРОБНИЦТВО ЕНТОМОФАГІВ</b> Піщанська Н.О., Бельченко В.М.	44
17.	<b>АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВОЛОГІСНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СИСТЕМИ ЗАБЕСПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ЕНТОМОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА</b> Піщанська Н.О., Подмазко І.О.	45
18.	<b>ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА РІЗНИХ РОБОЧИХ РЕЧОВИНАХ</b> Подмазко О.С., Подмазко І.О.	46
19.	<b>РЕФІТ (РЕТРОФІТ) ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ, ТА ЙОГО НЕОБХІДНІСТЬ У ФРЕОНОВИХ ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ</b> Подмазко О.С.	48
20.	<b>ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ В ЕЛЕМЕНТАХ АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ</b> Р.В. Грищенко, А.В. Форсюк, Я.І. Засядько, О.Ю. Пилипенко, Р.І. Колодзінський	50

УДК: 661.333

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ШТУЧНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ОБОРОТНОЇ ВОДИ У СОДОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Цейтлін М.А., Райко В.Ф., Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків, [michelzeitlin@gmail.com](mailto:michelzeitlin@gmail.com)

У виробництві кальцинованої соди для досягнення регламентних температур технологічних потоків зазвичай використовують оборотні системи охолодження, у яких вода охолоджується у градирнях до температур, які у залежності від кліматичних та погодних умов коливаються у інтервалі від 10 до 30 °С. Така температура оборотної води задовольняє потребам майже усіх стадій виробництва за виключенням стадії карбонізації, де за рахунок обробки у спеціальних, так званих, карбонізаційних колонних апаратах насиченого аміаком розчину хлориду натрію газом, що містить діоксид вуглецю, власне і утворюється продукт. Згідно норм технологічного режиму розчин у колоні має охолоджуватися до температури 30 °С. Але у теплу пору року, коли навіть на підприємствах розташованих у середній полосі температура охолоджувальної води вдень сягає 25-30 °С, дотримання технологічної норми стає неможливим. Як результат, знижується ступінь використання усіх видів сировини та, відповідно, знижується продуктивність і підвищуються витрати енергетичних ресурсів.

Очевидно, що проблема може бути вирішена за допомогою застосування штучного охолодження води. Оцінка можливості та доцільності використання штучного холоду для підвищення влітку економічних показників содового виробництва і була метою наведеного нижче дослідження. Основні питання, які вирішувалися у цій роботі були наступні: якою є тривалість періоду, коли температура охолоджувальної води перевищує 22 °С (вища межа, коли ще можна витримувати норму технологічного режиму), як температура впливає на ступінь використання сировини та яку техніку доцільно використовувати для штучного охолодження.

Організації охолодження карбонізаційних колон присвячено ряд публікацій (див., наприклад, [1]). Однак зазвичай в них розглядається вплив охолодження на якість отриманих кристалів соди. Нажаль інформація щодо впливу температури охолоджувальної води на ступінь використання сировини та енергоресурсів у доступних джерелах практично відсутня. Деякі дані щодо залежності температури води від пори року можна отримати зі заводських звітів. Зокрема, з них видно, що на підприємствах, які розташовані у середній полосі та на півдні, температура води перевищує норму головним чином у третьому кварталі та такий період в залежності від розташування заводу займає від двох до шести тижнів. В залежності від часу доби у цей період температура становить від 22 °С вночі до 30 °С вдень.

Для визначення залежності ступеню використання сировини від температури охолоджувальної води було виконано обстеження роботи карбонізаційних колон на одному з содових підприємств. У цьому обстеженні фіксували добову продуктивність технологічної лінії по соді, температури суспензії на виході з колони і охолоджувальної води на вході та виході з неї. Також виконувався хімічний аналіз суспензії та велась реєстрація її складу.

Як показали спостереження за веденням технологічного процесу при підвищенні температури охолоджувальної води вище 22 °С технологічна норма підтримується за рахунок зниження продуктивності, що у добовому обчисленні в інтервалі зміни температури води від 22 до 27 °С змінюється від 5 до 15 %. Отримані дані добре корелюють з інформацією про зниження продуктивності содових підприємств, яку можна отримати з відповідної звітності.

При подальшому підвищенні температури доводиться підвищувати температуру суспензії на виході з колони, яка при охолоджувальній воді 30 °С, досягає 34-35 °С

Вплив цього підвищення температури суспензії на ступінь використання сировини (у содовому виробництві прийнятий термін «ступінь використання натрію», далі  $U_{\text{Na}}$ ) досліджувався окремо. Слід зазначити, що на цей показник окрім температури суспензії впливають ще декілька технологічних факторів. Щоб запобігти цьому впливу на результат дослідження у якості параметру, що представляє ступінь використання сировини, був обраний добуток розчинності (далі  $DP$ ) гідрокарбонату натрію (тобто добуток концентрацій іонів натрію та гідрокарбонату у суспензії), який функціонально пов'язаний зі ступенем використання натрію, але на відміну від останнього не залежить від інших факторів окрім температури. Метою опрацювання результатів обстеження було отримання у вигляді математичних формул залежності  $DP$  від температури суспензії та останньої від температури охолоджувальної води. Для цього використовували методи математичної статистики, зокрема регресійного аналізу.

Отримана за результатами обстеження залежність  $DP$  від температури суспензії наведена на рис. Там же над графіком наведена ця залежність у математичній формі. Середньоквадратичне відхилення розрахунку від результатів експерименту виявилось досить низьким, як для промислового дослідження, та становить 4 %, коефіцієнт детермінації (доля поясненої варіації) – 98 %.

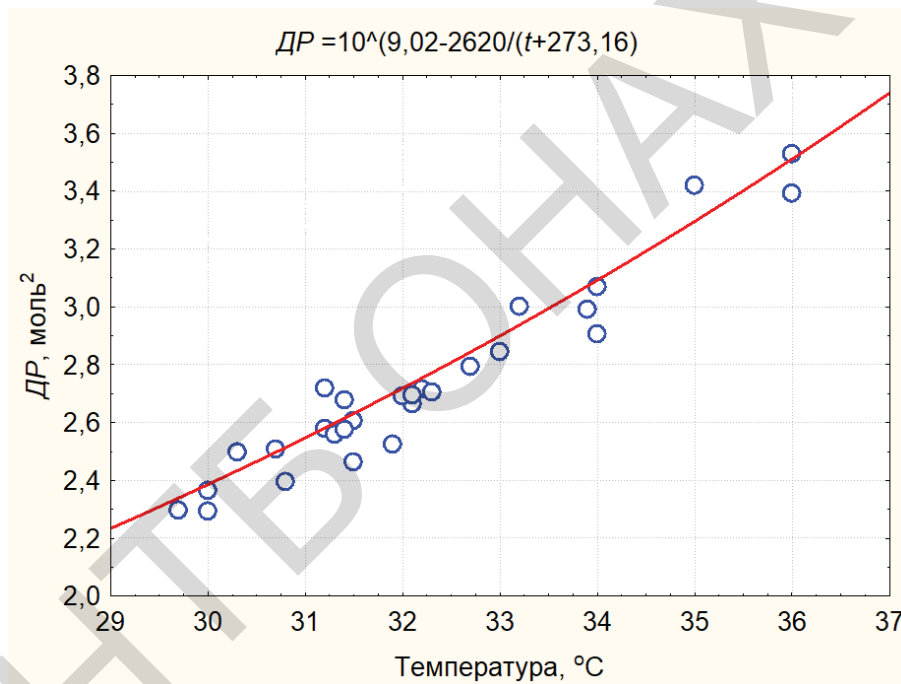


Рис.1 Залежність добутку розчинності гідрокарбонату натрію від температури.

Перерахунок зміни добутку розчинності у ступінь використання натрію у кожному окремому випадку можна зробити з використанням даних про склад суспензії. Але для орієнтовних розрахунків була отримана відповідна формула, що для середніх значень технологічних параметрів, у яких проводилось обстеження, має наступний вигляд:

$$U_{\text{Na}} = 0,87 - 0,06 DP \quad (1)$$

З графіку на рис. можна знайти що зміна  $DP$  на одиницю відбувається при зміні температури суспензії приблизно на 5,5 °C, а з формули (1) видно це призводить до зниження  $U_{\text{Na}}$  на 6 %. Інакше кажучи, підвищення температури суспензії на виході з колон на 1 °C призводить до зниження ступеню використання основної сировини – розчину хлориду натрію – на 1,1 %.

Отримані результати дозволяють розрахувати втрати сировинних матеріалів та енергетичних ресурсів у разі підвищення температури охолоджувальної води вище 26 – 27 °C у відповідності до

витрат сировинних матеріалів та їх ціни, які різні на кожному окремому виробництві. Орієнтовно, для умов підприємства, на якому проводилось обстеження, собівартість зміни ступеню використання натрію н 1 % становила \$0,8 у розрахунку на 1 т готової кальцинованої соди.

На закінчення слід зупинитися на конкретних технічних засобах отримання штучного холоду. Використання компресійних холодильних машин навряд може бути економічно обґрунтованим в зв'язку з значною вартістю електричної енергії та дуже нетривалого періоду роботи (лише півтора два місяці на рік). Більш економічними можуть виявитися абсорбційні установки у зв'язку з наявністю на содових заводах великої кількості вторинних енергетичних ресурсів, які можуть бути використані у генераторах замість платної теплоти та можливості їх роботи у режимі теплонасосів у холодну пору року. Однак проблеми можуть виникнути внаслідок відносно високої ціни такого устаткування та потреби у кваліфікованому персоналі для його обслуговування. На думку авторів найбільш перспективним рішенням було б використання тієї обставини, що у технології виробництва соди вже є аміачний цикл, у який може бути включена система отримання холоду. Таким чином додаткове охолодження води могло б відбуватися з використанням звичного для персоналу підприємства обладнання без значних додаткових капіталовкладень.

1. Томенко В.М. Испытание однопоточной схемы охлаждения карбонизаци-онных колонн содового производства// Интенсификация технологических процессов и аппаратов содового и смежных производств// Харьков: Тр. НИОХИМ. - 1985. -Т.60. - С. 35-42.