

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та  
екоенергетики  
ім. В.С. Мартиновського**



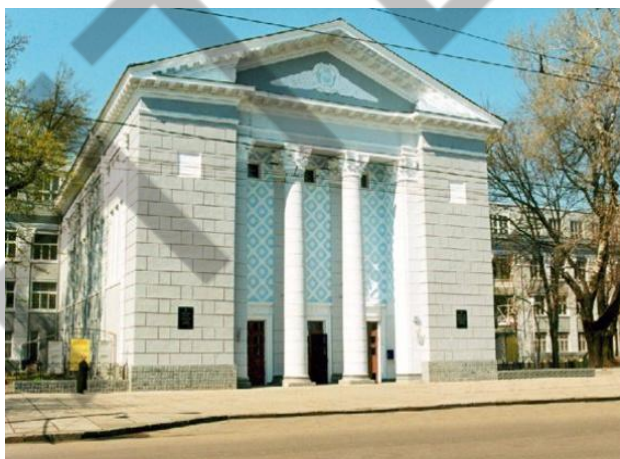
**ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ  
ВЧЕНИХ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І  
ТЕХНОЛОГІЇ»**

**STATE, ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF REFRIGERATION  
EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

*16-17 квітня 2024 року*

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ**



Одеса - 2024

**УДК 621.565; 621.**

Стан досягнення і перспективи холодильної техніки та технології / Збірник доповідей науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти. – Одеса: ОНТУ, 2024. –116 с.

У збірнику наведені матеріали науково-технічної конференції молодих вчених, аспірантів та здобувачів вищої освіти «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології», 16 по 17 квітня 2024 року та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, обладнання кондиціонування повітря, 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.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

*Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року*

## **ГОЛОВА ПРЕЗИДІЇ**

**Єгоров Б.В.** – президент ОНТУ, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

## **ЧЛЕНИ ПРЕЗИДІЇ**

**Іванченкова Л. В.** – ректор ОНТУ, д.е.н., професор

**Ольщевська О.В.** – проректор з наукової роботи ОНТУ, к.т.н., доцент

**Косой Б.В.** – директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського ОНТУ, д.т.н., професор

## **ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ**

**Хмельнюк М.Г.** - завідувач кафедри холодинних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, д.т.н., професор

## **ЗАСТУПНИК ГОЛОВИ ОРГКОМІТЕТУ**

**Жихарєва Н.В.**- доцент кафедри холодинних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, к.т.н., доцент

## **ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ**

**Симоненко Ю.М.** - завідувач кафедри кріогенної техніки ОНТУ, д.т.н., професор

**Морозюк Л.І.** - д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки ОНТУ

**Зімін О.В.**- декан факультету низькотемпературної техніки та інженерної механіки ОНТУ, к.т.н., доцент

**Когут В.О.**- доцент кафедри холодинних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, к.т.н., доцент

**Трандафілов В.В.** - доцент кафедри холодинних установок і кондиціонування повітря ОНТУ, к.т.н.

**Грудка Б.Г.** - доцент кафедри кріогенної техніки ОНТУ, к.т.н

### **Тематичні напрями:**

- холодинні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодинних машин
- системи кондиціонування повітря
- енергетичні та екологічні проблеми холодинної техніки
- холодинна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодинній техніці

## **ЗМІСТ**

<b>1</b>	<b>МЕТОД ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЮ КОНДЕНСАТУ В ЗОВНІШНІХ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЯХ ВНУТРІШНЬО УТЕПЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ</b>	<b>12</b>
	<i>Лабай В. Й., д.т.н., проф., Матусевич В. К., магістрНУЛП, м. Львів,</i>	
<b>2</b>	<b>ІЗОЛЯЦІЯ ФРЕОНОПРОВОДІВ</b>	<b>15</b>
	<i>Харламова А.О., студентка, Волков Д.О., студент, Губар Л.Б., ст. викладач Національний університет «Одеська політехніка»</i>	
<b>3</b>	<b>МУЛЬТИЗОНАЛЬНІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ</b>	<b>17</b>
	<i>Михайленко М.С., студент. Лужанська Г.В., к.т.н., доцент Національний університет «Одеська політехніка»</i>	
<b>4</b>	<b>ІНВЕРТОРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ</b>	<b>20</b>
	<i>Колесниченко П.В., студент, Гафінчук В.М., аспірант, Лужанська Г.В., к.т.н., доцент Національний університет «Одеська політехніка»</i>	
<b>5</b>	<b>ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ</b>	<b>22</b>
	<i>Петренко О.В., завідувача кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ, Єрмоленко О.В., здобувачка ДБТУ, м. Харків,</i>	
<b>6</b>	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ VRF СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ЛАБОРАТОРІЇ КАФЕДРИ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК І КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ОНТУ</b>	<b>24</b>
	<i>Васильковський А.А., магістрант ОНТУ Захаров О.А., магістрант ОНТУ Наукові керівники доц. Жихарева Н.В., доц. Козут В.О.</i>	
<b>7</b>	<b>ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПРИМУСОВОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ</b>	<b>27</b>
	<i>Потапов В.О., професор, д.т.н., (ДБТУ, м. Харків) Білий Д.В., аспірант, ДБТУ, м. Харків,</i>	
<b>8</b>	<b>ВИСОКОЕФЕКТИВНА ЗАМОРОЗКА КУРЯЧИХ СУБПРОДУКТІВ</b>	<b>30</b>
	<i>Мольський О.С. аспірант, ДБТУ Харків Науковий керівник Потапов В.О. проф., ДБТУ</i>	

<b>9</b>	<b>ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ ШЛЯХОМ ВИМОРОЖУВАННЯ</b>	<b>31</b>
	<i>Василів О. Б., к.т.н., доцент, (ОНТУ, м. Одеса), Рамазанов Р.І., аспірант, (ОНТУ, м. Одеса)</i>	
<b>10</b>	<b>ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ СУМІШІ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ТА ПРОПАНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ</b>	<b>32</b>
	<i>Заруба Г.Г., аспірант, м. Одеса, ОНТУ, Науковий керівник: Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор,</i>	
<b>11</b>	<b>ВАЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ В СФЕРІ ХОЛОДУ.</b>	<b>34</b>
	<i>Мочалов О. – студент 2-го курсу ВСП «ОТФК ОНТУ» Черненко А. – Майстер виробничого навчання ВСП «ОТФК ОНТУ»</i>	
<b>12</b>	<b>ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ</b>	<b>35</b>
	<i>Димніков І. – студент 2-го курсу ВСП «ОТФК ОНТУ» Жупанов І. – завідувач слюсарної, електро-монтажної майстерні ВСП «ОТФК ОНТУ»</i>	
<b>13</b>	<b>УМОВИ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ ВИРОБНИЦТВА БІОПРЕПАРАТІВ</b>	<b>36</b>
	<i>Каспер Д.І., бакалавр ОНТУ, Одеса Наукові керівники: Подмазко О.С., к.т.н, доц. кафедри ХУіКП ОНТУ Піщанська Н.О., к.т.н., доц. кафедри ХУіКП ОНТУ</i>	
<b>14</b>	<b>ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДОТВОРЕННЯ НА ПТАХОФАБРИКАХ</b>	<b>38</b>
	<i>Харітонов М., магістр, ОНТУ Одеса., Науковий керівник доц Жихарева Н.В</i>	
<b>15</b>	<b>ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОКОЗАВОДУ: СПОСОБИ ПОСТАЧАВАННЯ ХОЛОДОНОСІЯ У ВИРОБНИЧІ ПРИМІЩЕННЯ»</b>	<b>43</b>
	<i>Коханський А.Ф. магістрант ОНТУ, Науковий керівник доц Жихарева Н.В</i>	
<b>16</b>	<b>ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВІЗІЙНИХ КАМЕР</b>	<b>45</b>
	<i>Базаджи В.В., бакалавр ОНТУ, Одеса Науковий керівник: Подмазко О.С. к.т.н, доц. кафедри ХУКП ОНТУ</i>	
<b>17</b>	<b>ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПІДГОТОВКИ ПОВІТРЯ ДЛЯ БІОЛАБОРАТОРІЇ ПО ВИРОБНИЦТВУ ЕНТОМОФАГІВ</b>	<b>46</b>
	<i>Суравцев В.О., бакалавр ОНТУ, Одеса Науковий керівник: Піщанська Н.О., к.т.н., доц. кафедри ХУіКП ОНТУ</i>	

- 18 ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ КОМФОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ** 48  
*Чубай Д.Ю., бакалавр ОНТУ, Одеса*  
*Наукові керівники: Подмазко О.С., к.т.н, доц. кафедри ХУіКП ОНТУ*  
*Піщанська Н.О., к.т.н., доц. кафедри ХУіКП ОНТУ*
- 19 ОСОБЛИВОСТІ ПОВІТРОРозПОДІЛЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БАЛОК АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ** 50  
*Фурсенко О.В., аспірант ОНТУ., Одеса*  
*Науковий керівник: Жихарева Н.В. доц. к.т.н.*
- 20 РЕКОНСТРУКЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ПТАХОФАБРИКИ** 52  
*Павлишин В.О. бакалавр ОНТУ, Одеса*  
*Науковий керівник: Подмазко О.С., к.т.н, доц. кафедри ХУКП ОНТУ*
- 21 СИСТЕМА ЦІЛЕЙ ТА УПРАВЛІННЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯМ ПІД ЧАС ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ** 54  
*Книш С.В., аспірант, ОНТУ,*  
*Козаченко І.С., провідний інженер ТОВ «НІО «Холод»,*  
*Желіба Т.О., НУ «Одеська політехніка», м. Одеса*  
*Науковий керівник: Желіба Ю.О., к.т.н., доцент ОНТУ*
- 22 ЗАСТОСУВАННЯ ЗАМІННИКІВ ЦУКРУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА** 56  
*Толмачов О.В., студент,*  
*Семенюк Д.П., професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування, ДБТУ, м. Харків*
- 23 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ HVAC&R.** 59  
*М.О. Кривошеєв, аспірант каф. ТЕХТ НУХТ,*  
*Р.В. Грищенко, доц., к.т.н., доц., каф. ТЕХТ, НУХТ, м. Київ, Україна*
- 24 ЗАСТОСУВАННЯ ЕЖЕКТОРНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ КОНДЕНСАЦІЇ КОНЦЕРОГЕНИХ РЕЧОВИН** 60  
*Бушманов В. М., інженер, Овчинніков М. аспірант ОНТУ*  
*Наукові керівники доц. Жихарева Н.В., доц. Козут В.О.*
- 25 АЛЬТЕРНАТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ PV ПАНЕЛЕЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОКОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ** 62  
*Михайличенко Д.М., аспірант, каф. ТЕХТ, ННІТІ, НУХТ, м. Київ*

*Пилипенко О.Ю., доц. каф. ТЕХТ, ННІТІ, НУХТ, м. Київ,*

- 26 ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ В  
ХОЛОДИЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ** **63**  
*Олійник І.В. магістрант НТтаІМ ОНТУ  
Науковий керівник:, доц Жихарева Н.В ОНТУ*
- 27 КОНДИЦІОНУВАННЯ В МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДАХ** **65**  
*Гітрук М.А. бакалавр НТтаІМ ОНТУ , Одеса  
Науковий керівник:, доц Жихарева Н.В ОНТУ*
- 28 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕРИЛЬНОСТІ В МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДАХ:  
ВАЖЛИВІСТЬ НЕРА-ФІЛЬТРІВ У СИСТЕМІ ВЕНТИЛЯЦІЇ** **67**  
*Червоний А.О. бакалавр ОНТУ , Одеса  
Науковий керівник:, доц Жихарева Н.В ОНТУ*
- 29 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ  
ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В АПАРАТАХ  
ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН** **68**  
*Мойсеев Є.О. бакалавр НТтаІМ ОНТУ ,  
Науковий керівник:, доц Жихарева Н.В ОНТУ*
- 30 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОСУШЕННЯ В  
ЗЕРНОСХОВИЩАХ** **70**  
*Носенко О.М. , інженер , Крушельницький Д.О. аспірант ІХКЭ ОНТУ,  
Науковий керівник:, доц Жихарева Н.В ОНТУ*
- 31 ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: ОТ ТРИМАННЯ ХОЛОДУ В  
КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ** **72**  
*Борецький Ю.О магістрант НТтаІМ ОНТУ ,  
Науковий керівник:, доц Жихарева Н.В ОНТУ*
- 32 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ВИПАРНОГО  
ОХОЛОДЖЕННЯ** **73**  
*Горяченко Р.Р. магістрант НТтаІМ , Одеса  
Науковий керівник:, доц Жихарева Н.В ОНТУ*
- 33 ПОКРАЩЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГІЄЮ ПРИ  
ВИКОРИСТАННІ СТАНДАРТУ ISO 50001 - СИСТЕМА  
ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ  
ЦІЛЕЙ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ** **75**  
*Ялама В.В. аспірант ОНТУ , Яковлева О.Ю.доц. каф ХУКП ОНТУ ,  
Трандафілов В.В. доц. каф ХУКП ОНТУ, м. Одеса, Хмельнюк  
М.Г.проф. ОНТУ,.*

- 34 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ** **78**  
*Проценко В.В., магістрант ОНТУ .  
Проценко О.В., магістрант ОНТУ  
Наукові керівники доц. Жихарєва Н.В., доц. Козут В.О.*
- 35 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ БОМБОСХОВИШ ДОБОВОМУ ТА РІЧНОМУ ЦИКЛУ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ.** **81**  
*Гладкий А.С, магістрант ОНТУ, Федотов Ю О магістрант ОНТУ  
Науковий керівник Жихарєва Н.В: к.т.н., доцент*
- 36 ДОСЛІДЖЕННЯ СУДОВИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ** **83**  
*Гончаров І.О., магістрант ОНТУ,, Мовчан Д.М. магістрант ОНТУ,,  
Наукові керівники Жихарєва Н.В: доцент ОНТУ , Козут В.О. доцент ОНТУ*
- 37 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ ЦЕХУ СИНТЕЗУ АМІАКУ АТ «ОДЕСЬКИЙ ПРИПОРТОВИЙ ЗАВОД»** **85**  
*Денис Бабалик - здобувач освіти ВСП «ОТФК ОНТУ»,  
Кирило Ткаченко - здобувач освіти ВСП «ОТФК ОНТУ»  
Наукові керівники:  
Ірина Беркань - викладач-методист, ВСП «ОТФК ОНТУ»,  
Ігор Беркань - викладач ВСП «ОТФК ОНТУ».*
- 38 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ ІІ КОРПУСУ В ВСП "ОТФК ОНТУ"** **89**  
*В.О.Куриленко, магістрант ОНТУ  
Науковий керівник Жихарєва Н.В: доцент ОНТУ*
- 39 ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ В БАСЕЙНАХ** **92**  
*Шевченко М.О. бакалавр ОФТК, Псіліца Р.В. бакалавр ОНТУ,  
Науковий керівник Жихарєва Н.В: доцент ОНТУ*
- 40 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З ЗОНАЛЬНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ** **94**  
*Тимошевський В.В. магістрант ОНТУ, Шварц І.О магістрант ОНТУ*

*Наукові керівники Жихарева Н.В: доцент ОНТУ , Козут В.О. доцент ОНТУ*

**40 ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ  
КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ 96**

*Рудюк О.В. магістр ОНТУ , Савчук О.С. магістр ОНТУ*

*Наукові керівники Жихарева Н.В: доцент ОНТУ , Козут В.О. доцент ОНТУ*

**41 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛЬДОГЕНЕРАТОРУ  
ПОГРУЖНОГО ТИПУ 98**

*Чорнокондратенко С.В. магістрант ОНТУ*

*Бойко В.Т. магістрант ОНТУ*

*Наукові керівники Жихарева Н.В: доцент ОНТУ ,  
Козут В.О. доцент ОНТУ*

**СЕКЦІЯ №2 – НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І  
КРІОГЕННІ МАШИНИ**

- 1 АНАЛІЗ КРІОГЕННОЇ ГЕЛІЄВОЇ СИСТЕМИ НА 100  
ТЕМПЕРАТУРНОМУ РІВНІ 77 К 100**  
*Половінкін А.В., аспірант ОНТУ*  
*Науковий керівник - Симоненко Ю.М. д.т.н проф.. ОНТУ*
- 2 СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КИСНЮ В 102  
МЕДИЦИНІ**  
*Андріющенко І.В., магістрант ОНТУ*  
*Науковий керівник – Грудка Б.Г., доц., к.т.н*
- 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 104  
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ**  
*Кокул С.В , аспірант ОНТУ*  
*Науковий керівник - Кравченко М.Б , д.т.н проф.. ОНТУ*
- 4 ДОБОВИЙ АКУМУЛЯТОР ТЕПЛОТИ У СИСТЕМІ 106  
ЗНИЖУВАЛЬНОГО АБСОРБЦІЙНОГО  
ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА З СОНЯЧНИМ ЖИВЛЕННЯМ**  
*Куколев А.К. аспірант ОНТУ*  
*Науковий керівник –Косой Б.В., д.т.н проф.. ОНТУ*
- 5 РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО 108  
СТЕНДУ ПРОМИСЛОВОГО ЛЬДОГЕНЕРАТОРА  
КУБИКОВОГО ЛЬОДУ**  
*Москін В.В. аспірант ОНТУ*  
*Науковий керівник - Морозюк Л.І. , д.т.н проф.. ОНТУ*
- 6 АНАЛІЗ ЦИКЛУ СИСТЕМИ ПОВТОРНОГО ЗРІДЖЕННЯ LPG 110  
ГАЗІВ НА ТИПОВОМУ ТАНКЕРІ-ГАЗОВОЗІ З  
ВИКОРИСТАННЯМ ЕНТРОПІЙНО-ЦИКЛОВОГО МЕТОДУ.**  
*Єфіїменко О.О. аспірант ОНТУ*  
*Науковий керівник –Косой Б.В., д.т.н проф.. ОНТУ*
- 7 ВПРОВАДЖЕННЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК ЯК 112  
МЕТОД ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ  
СИСТЕМ.**  
*Басов А.М., аспірант, асистент кафедри кріогенної техніки ОНТУ*  
*Науковий керівник - Морозюк Л.І. , д.т.н проф.. ОНТУ*

*Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року*



Лабораторії холодильних установок, кондиціювання повітря, криогенної техніки ОНТУ

## **СЕКЦІЯ №1 –ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

**УДК 697.94.(075)**

### **МЕТОД ЗАПОБІГАННЯ УТВОРЕННЮ КОНДЕНСАТУ В ЗОВНІШНІХ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЯХ ВНУТРІШНЬО УТЕПЛЕНИХ БУДІВЕЛЬ**

*Лабай В. Й., д.т.н., проф., Матусевич В. К., магістр  
НУЛП, м. Львів, wlabay@i.ua*

Метою цієї статті є обговорення екстремальних умов, за яких можна уникнути утворення конденсату і, таким чином, руйнування огорожувальних конструкцій будівлі. У статті представлено дослідження з енергозберігаючого будівництва фасадів житлових будинків з використанням ізоляційних матеріалів, придатних для внутрішнього утеплення історичних будівель. Аналіз вітчизняних та європейських літературних джерел, пов'язаних з підвищенням рівня теплоізоляції та енергозбереження в будівлях, показує, що енергоефективність має важливе значення для забезпечення сталої, доступної та безпечної енергетичної системи. У цій статті представлено результати дослідження, спрямованого на підвищення енергоефективності житлових будинків, а також проаналізовано умови вологості та потенціал утворення конденсату під час використання внутрішньої ізоляції. Для підтвердження результатів було проведено чисельне моделювання. Отримані результати показують, що використання 100 мм пінополімерної ізоляції та алюмінієвої фольги використаної в якості пароізоляції зсередини покращує теплоізоляцію стін і знижує ризик утворення конденсату. Комп'ютерне моделювання продемонструвало, що за розглянутих умов конденсація не виникає. Дослідження є важливим внеском у розробку енергоефективних рішень для будівельної галузі з точки зору забезпечення мінімально допустимих значень термічного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, подовження терміну їх експлуатації та терміну служби будівель в цілому. Зменшення споживання енергії в існуючих будівлях на сьогоднішній день є одним з ключових викликів у будівельній галузі. Заходи, що проводяться у сфері модернізації будівель, в основному зосереджені на покращенні теплоізоляційних характеристик фасадів. Енергія, необхідна для опалення та охолодження будівель, залежить головним чином від теплотехнічних характеристик параметрів фасаду та вікон, на які припадає 25-30% загальних втрат енергії в будівлях [1]. У будівлях з низьким споживання енергії втрати тепла не повинні перевищувати 5%. Тому існує нагальна потреба у покращенні теплотехнічних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій за допомогою утеплення, щоб покращити енергетичні характеристики існуючих будівель та досягти підвищення енергоефективності після модернізації. Зовнішня ізоляція зазвичай використовується в сучасних будівлях, але в деяких випадках (будівлях) цей метод є неприйнятним і єдиним рішенням є внутрішня ізоляція. На ринку доступні різні системи внутрішньої ізоляції, які відповідають високим вимогам стандартів енергоефективності.

Нещодавні дослідження показали, що використання внутрішньої ізоляції може значно знизити енергоспоживання будівель. Однак необхідно вибрати відповідні матеріали і

технології для монтажу внутрішньої ізоляції, щоб уникнути проблем з конденсатом і підвищеного ризику розвитку цвілі [2].

Для ефективного використання будь-якого теплоізоляційного матеріалу необхідно дослідити термічну стійкість будівлі, визначити тепловий баланс з урахуванням розподілу температури в різних частинах огорожувальних конструкцій та залежність зміни теплофізичних властивостей під впливом зовнішніх факторів та їх вплив на загальний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій [3].

Мета роботи є влаштування внутрішнього теплоізоляційного шару на зовнішніх стінах приміщення з використанням 100 мм пінополістирольної теплоізоляції. Основна увага приділена проблемі утворення конденсату на внутрішньому шарі утеплювача, що призводить до руйнування зовнішньої стіни. Автори пропонують вирішення цієї проблеми шляхом розміщення багат шарової конструкції з пароізоляцією.

ДБН В.2.6-31:2021 «Ізоляція та енергетична ефективність будівель» стосується теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будинків і споруд для забезпечення раціонального використання і порядку їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на опалення, нормативних гігієнічних параметрів мікроклімату в приміщеннях та довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків і споруд.

Одним з показників є фактичний термічний опір теплопередачі однорідної непрозорої огорожувальної конструкції, який розраховується згідно з вказаним ДБН за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (1)$$

де  $\alpha_{\text{в}}$  і  $\alpha_{\text{з}}$  – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , які приймають згідно з додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Метод вибору теплоізоляційних матеріалів для утеплення будівель»;  $R_i$  – термічний опір теплопровідності  $i$ -го шару конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;  $\delta_i$  – товщина  $i$ -го шару конструкції,  $\text{м}$ ;  $\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу  $i$ -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (згідно з додатком А вказаного ДСТУ Б В.2.6-189:2013),  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

Фактичний термічний опір теплопередачі огорожувальної конструкції повинен задовольняти вимогу:

$$R_{\Sigma} \geq R_{\text{норм}} = R_{q\text{min}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (2)$$

де  $R_{\text{норм}}$  – нормоване значення термічного опору теплопередачі огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ ;  $R_{q\text{min}}$  – мінімально допустиме значення термічного опору теплопередачі огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Під час реконструкції, зокрема під час капітального ремонту частин будівлі, визначених проектною документацією для термомодернізації, допускається зниження опору теплопередачі до рівня 75 % від  $R_{q\text{min}}$  згідно з таблицею 1 ДБН В.2.6-31:2021 для непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій та зовнішніх дверей у місцях загального користування житлових комплексів та громадських будівель. Допускається, старі будівлі, особливо з історичними фасадами та багатоповерхівки радянських часів, зазвичай не мають достатнього утеплення зовнішніх стін для забезпечення хоча б мінімального допустимого значення опору теплопередачі зовнішніх стін. Як наслідок, опалення таких будівель у холодну пору року потребує значних витрат енергії, які, зважаючи на постійне зростання вартості енергоносіїв, з кожним роком стають все дорожчими. У теплу

пору року такі будівлі мають інші проблеми. Термічний опір теплопередачі зовнішніх стін так само недостатній, що призводить до надмірно високих внутрішніх температур, які спричиняють дискомфорт для мешканців або додаткові втрати на опалення та охолодження приміщень

Старі будівлі, особливо історичними фасадами та багатоповерхівки радянських часів, зазвичай не мають достатнього утеплення зовнішніх стін для забезпечення хоча б мінімально допустимого значення опору теплопередачі зовнішніх стін. Як наслідок, опалення таких будівель у холодну пору року потребує значних витрат енергії, які, зважаючи на постійне зростання вартості енергоносіїв, з кожним роком стають все дорожчими. У теплу пору року такі будівлі мають інші проблеми. Термічний опір теплопередачі зовнішніх стін так само недостатній, що призводить до надмірно високих внутрішніх температур, які спричиняють дискомфорт для мешканців або додаткові втрати на опалення та охолодження повітря в їх приміщеннях.

З точки зору контролю вологості в огорожувальних конструкціях, бажано було б утеплити всю огорожувальну конструкцію ззовні, але це неможливо в історичних будівлях через цінність фасаду, і майже неможливо в багатоквартирних будинках через психологічні та фінансові проблеми великої кількості мешканців.

Вирішити ці проблеми можна, розмістивши на зовнішніх стінах приміщень **внутрішній** ізоляційний шар з використанням 100-міліметрового пінополімерного утеплювача, який є ідеальним матеріалом у даному випадку. Оригінальний фасад може бути збережений, а мешканці можуть індивідуально утеплити зовнішні стіни своїх квартир і швидко обігріти приміщення. Подібні матеріали вже багато років вирішують подібні проблеми у Швейцарії, Австрії, Німеччині, Польщі та інших європейських країнах.

Однак проблема **внутрішнього** шару утеплювача на зовнішній стіні приміщення полягає в тому, що холодну пору року ця стіна схильна до утворення конденсату і руйнування. У зв'язку з цим обов'язковою є оцінка стану вологості **внутрішньо** утепленої зовнішньої стіни, щоб визначити її потенціал до утворення конденсату. При цьому встановлено, що для уникнення утворення конденсату за **внутрішнього** утеплювача огорожувальних конструкцій приміщення необхідно влаштовувати постійну багат шарову конструкцію з **пароізоляційним** шаром (паробар'єром).

## Література

1. Basińska M., Kaczorek D. & Koczyk H. (2021). Economic and Energy Analysis of Building Retrofitting Using Internal Insulations. *Energies*. doi: 10.3390/en14092446
2. Krause P., Nowoświat A., Pawłowski K. (2020). The Impact of Internal Insulation on Heat Transport through the Wall: Case Stud. *Applied Sciences*. Отримано з <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/21/7484>
3. Цих В. С. (2019). Аналіз основних характеристик утеплювальних матеріалів для огорожувальних конструкцій будівель: *матеріали III міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квіт. 2019* Івано-Франківськ. Отримано з <http://repository.vsau.org/getfile.php/28120.pdf>.
4. Paraschiv L., Paraschiv S., Ion V. (2017). Increasing the energy efficiency of buildings by thermal insulation. *Energy Procedia*. doi:10.1016/j.egypro.2017.09.044
5. Агеева Г. М. (2013). Аналіз конструктивних рішень утеплення житлового будинку *Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит* №11. с.30-34. Отримано з [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee\\_2013\\_11\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecee_2013_11_5)
6. Гайдук О. В., Герлянд Т. М., Кулалаева Н. В., Півторацька Н. В., Пятничук Т. В. (2021). Технології утеплення фасадів будівель: підручник. Житомир: Полісся. – 362 с. doi: 10.32835/978-617-8117-00-9/2021

7. ДБН В.1.2-11:2021 (2022). Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ Міністерство розвитку громад та територій України. Отримано з [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98036](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98036).
8. ДБН В.2.6-31:2021 (2022). Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ Міністерство розвитку громад та територій України. Отримано з [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=98037](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98037).
9. Дворкін Л.Й., Лаповська С.Д. (2016). Будівельне матеріалознавство: підручник. Рівне: НУВПГ, 448. Отримано з <https://ep3.nuwm.edu.ua/4741/1/V55.pdf>.
10. ДСТУ Б В.2.7-164:2008 (2009). Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови Київ Мінрегіонбуд України. Отримано з [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=24878](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=24878).
11. Дудар Н. І., Швець В. В., Максименко М. А. (2022). Експлуатація утеплювачів з невентильованими повітряними прошарками та енерговідбиваючими екранами. *Науково-технічний журнал: Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. **2**, 6–11. doi: 10.31649/2311-1429-2022-2-6-11
12. Іволжатова Н., Дрімко Т., Холеван Т. та ін. (2020). Передові системи термомодернізації будівель і споруд: навч. посіб. Київ: Видавничий дім Гельветика. Отримано з <http://surl.li/hatwg>.
13. Майстренко А. А. (2020). Технологічний аналіз вибору системи утеплення зовнішніх стін. *Науковий вісник будівництва*, **1**. doi: 10.29295/2311-7257-2020-99-1-110-124
14. Швець В.В., Максименко М.А., Козак В.Ю (2019). Моделювання проходження теплового потоку крізь фольговані термопанелі методом кореляційно-регресійного аналізу. *Науково-технічний журнал: Сучасні технології, матеріали та конструкції в будівництві*. **1**. 72–77. doi: 10.31649/2311-1429-2019-1-72-

**УДК.697.94**

## **ІЗОЛЯЦІЯ ФРЕОНОПРОВОДІВ**

*Харламова А.О., студентка*

*Волков Д.О., студент*

*Губар Л.Б., ст. викладач*

*Національний університет «Одеська політехніка»*

Сучасна спліт-система кондиціонування повітря є внутрішнім і зовнішніми блоками, з'єднаними між собою фреоновим проводом, найчастіше виконаним з міді. Тому що саме цей матеріал підходить для транспортування фреону за рахунок своїх теплофізичних властивостей. Зазвичай прокладається два трубопроводи, по одному надходить фреон у газоподібному стані, а по іншому у рідкому. Ефективність та потужність техніки багато в чому залежить від протяжності та ступеня теплоізоляції даної траси.

Підвищити продуктивність системи кондиціонування можна за допомогою утеплення фреонової магістралі [1].

Теплоізоляцію фреонових проводів проводять і для того, щоб запобігти втраті потужності приладу - частина її йде через тепловіддачу траси. При встановленому захисті на поверхні труб не утворюється конденсат.

Матеріал для ізоляції повинен мати підвищену міцність, але при цьому легко різатися і акуратно прилягати до труби по всій її довжині. Правильне кріплення теплоізоляції допоможе зберігати кондиціонеру продуктивність на належному рівні.

При виборі утеплювача необхідно враховувати такі критерії:

- наявність швів та їх кількість – чим менше швів, тим краще, при цьому всі стики обов'язково герметизуються;

- площа поверхні, що ізолюється - мідні труби кондиціонера покриваються захисним матеріалом повністю, включаючи фітинги - так можна запобігти появі вологих зон;

- товщина матеріалу - необхідний шар теплоізоляції підбирається з урахуванням діаметра та довжини труби, для утеплення магістралі в квартирах найчастіше використовують товщину 6 мм.

Крім цього, важливе значення має надійність матеріалу – теплоізоляція для мідних труб повинна відповідати всім нормам виробництва та регламентам, доцільно вибирати якісні витратні матеріали, оскільки від цього залежить експлуатаційний термін системи.

Для утеплення трас використовують високоеластичні матеріали, виконані на різній основі - спіненого каучуку та поліетилену [2].

Каучукова ізоляція має пористу структуру закритого виду, відрізняється гнучкістю та тривалим терміном служби (рис 1). Матеріал характеризується низькою теплопровідністю та підвищеною волого- та паростійкістю, що забезпечує високі ізоляційні властивості, а також запобігає формуванню конденсату та скорочує енергоспоживання.



Рис. 1 – Ізоляція фреонопроводу із спіненого каучуку

Поліетиленова ізоляція - практичний матеріал, що має закриту пористу структуру і відрізняється низькою теплопровідністю і підвищеною стійкістю до впливу пари і вологи (рис 2). Ізоляція з поліетилену доступна для застосування в широкому діапазоні температур, має стабільні технічні параметри, характеризується підвищеною гнучкістю, за рахунок чого підходить для магістральних трас складної конфігурації.

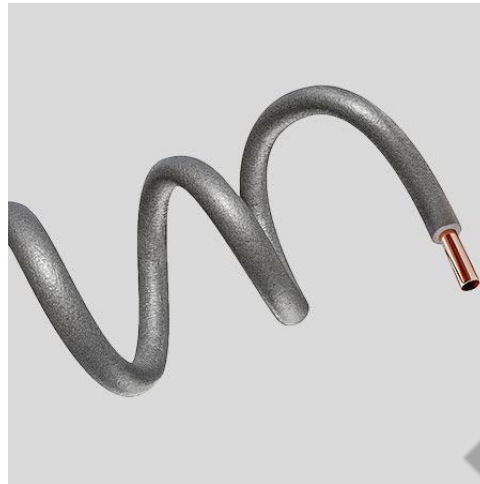


Рис. 2 – Ізоляція фреонопроводу з поліетилену

Утеплювач для фреонотрубок кондиціонера, крім того, дозволяє позбутися вологи на поверхні траси, яка в літній час може утворюватися у великому обсязі і підтікати, залишаючи на стінах під зовнішнім блоком брудні плями.

Отже, застосовуючи теплову ізоляцію фреонопроводів, можна значно підвищити термін служби кліматичного обладнання та збільшити його працездатність.

#### Інформаційні джерела

1. <https://aw-therm.com.ua/freonoprovod-pravilnyj-montazh-v-vrf-sistemah/>
2. <https://sanpol.ua/ua/library/uteplenie-i-zvukoizolyatsiya/izolyatsiya-trub-sistem-konditsionirovaniya/>

УДК.697.9

## МУЛЬТИЗОНАЛЬНІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ

Михайленко М.С., студент  
Лужанська Г.В., к.т.н., доцент  
Національний університет «Одеська політехніка»

Системи кондиціонування повітря використовуються практично всюди: у житлових, громадських, цивільних будинках.

Для створення оптимально комфортного мікроклімату у приміщеннях різного призначення широке застосування отримало кліматичне обладнання різноманітних моделей.

Наприклад, якщо для використання в невеликих будинках достатньо класичних спліт-систем, то для об'єктів з великою площею, що відрізняються наявністю безлічі окремих приміщень, використання звичайних кондиціонерів не завжди є доцільним. Будь-яка кліматична система

**Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології», 16 по 17 квітня 2024 року**

складається із зовнішнього та внутрішнього блоків. Способом створення якісного мікроклімату без додаткових витрат та втрати естетичної привабливості стали мультizonальні системи [1].

Мультizonальна система - це система, що складається з одного зовнішнього блоку та кількох внутрішніх. Необхідна кількість внутрішніх блоків встановлюється в приміщеннях, а зовнішній блок - у підвалі, технічному поверсі або на даху. Блоки з'єднуються у вигляді загального трубопроводу (рис 1).

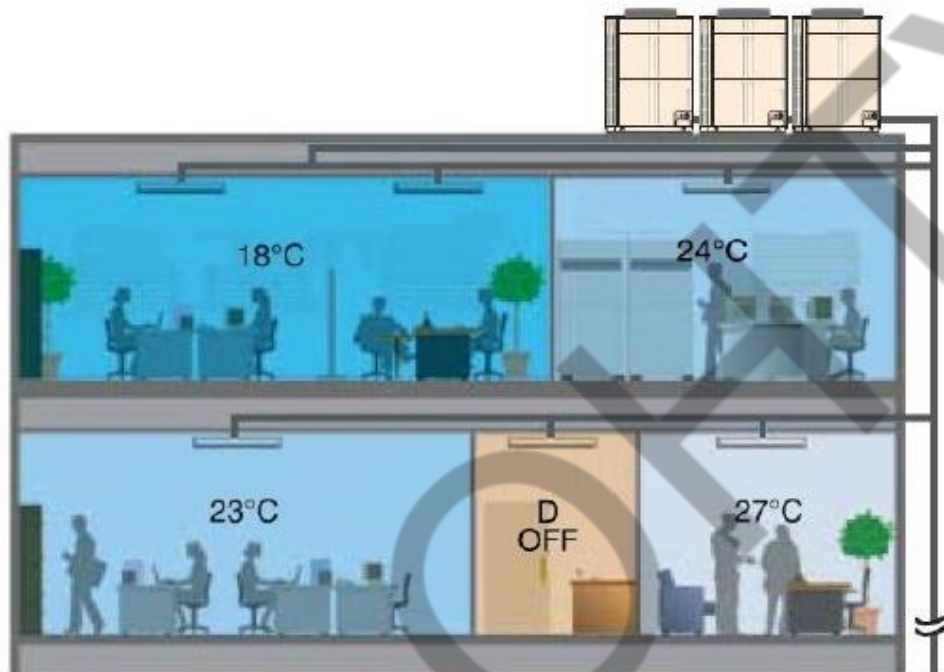


Рис. 1 – Загальна схема мультizonальної системи кондиціонування повітря у приміщенні

Комплекси кондиціонування VRF/VRV складаються з одного зовнішнього та кілька десятків внутрішніх модулів. Зовнішній блок з'єднується із внутрішніми за допомогою фреонових трубопроводів, при цьому для кожного внутрішнього модуля можна задати свій температурний режим [2, 3]. Це універсальні системи, які підходять для будівель великої площі.

Система VRF/VRV складається з елементів, характеристика яких представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 - Характеристика основних елементів системи VRF/VRV

№	Найменування елемента мультizonальної системи кондиціонування повітря	Найменування елемента мультizonальної системи кондиціонування повітря
1	<u>Зовнішні блоки</u>	Складається з одного або кількох компресорів. Зовнішні блоки можуть монтуватися з кількох зовнішніх блоків, об'єднаних у єдиний комплекс – це залежить від необхідної продуктивності системи
2	Внутрішні блоки	VRF/VRV системи бувають двотрубні та тритрубні. Основні відмінності: у двотрубних систем не вийде

		включити внутрішні блоки на різні режими, тобто, якщо основний «головний» кондиціонер включений на холод, всі інші зможуть працювати тільки на холод, на режим тепло переключити не вийде. У тритрубних така можливість є, всі кондиціонери можуть працювати на будь-якому режимі, тепло чи холод
3	Трубопроводи	VRF/VRV системи бувають двотрубні та тритрубні. Основні відмінності: у двотрубних систем не вийде включити внутрішні блоки на різні режими, тобто, якщо основний «провідний» кондиціонер включений на холод, всі інші зможуть працювати тільки на холод, на режим тепло переключити не вийде. У тритрубних така можливість є, всі кондиціонери можуть працювати на будь-якому режимі, тепло чи холод
4	Система управління	Для кожного внутрішнього блоку передбачено пульт. Додатково можна підключити центральний пульт, з якого здійснюється керування всіма блоками
5	Електричні кабелі	З їх допомогою утворюється особлива замкнута мережа, також вони використовуються для з'єднання модулів між собою

Крім нагрівання та охолодження повітря, дана система може осушувати повітря до потрібного рівня відносної вологості. Мультизональні системи основних виробників мають можливість автоматичного та ручного збереження режиму роботи, автоматичного аварійного вимикання та самодіагностики системи.

Система керування дозволяє користуватися індивідуальними пультами керування в кожному приміщенні та маніпулювати системою з пульта центрального керування або комп'ютера. Система виводить дані про основні параметри роботи, може повідомляти необхідність зміни забрудненого фільтра і навіть розраховувати плату за електроенергію по кожному приміщенню.

Мультизональна система - це один з варіантів вирішення задачі кондиціонування декількох приміщень відразу.

Крім того, оскільки, працюють на фреонах, споживають менше електрики, їх зовнішні та внутрішні блоки займають набагато менше місця, що полегшує роботу проектувальників будівель та інсталяторів обладнання.

#### Інформаційні джерела

1. <https://www.kievkomfort.com.ua/ua/info/articles/kratko-o-multizonalnih-sistemah/>
2. <https://a-air.com.ua/ua-articles/printsip-raboty-i-osobennosti-multizonalnoj-sistemy-konditsionirovaniya-vrf/>
3. <https://konvent-service.com.ua/ua/novini/multizonalnye-sistemy-kondiczionirovaniya>

УДК.697.9

## ІНВЕРТОРНІ ТЕХНОЛОГІЇ У КОНДИЦІОНУВАННІ ПОВІТРЯ

*Колесниченко П.В., студент*

*Гафінчук В.М., аспірант*

*Лужанська Г.В., к.т.н., доцент*

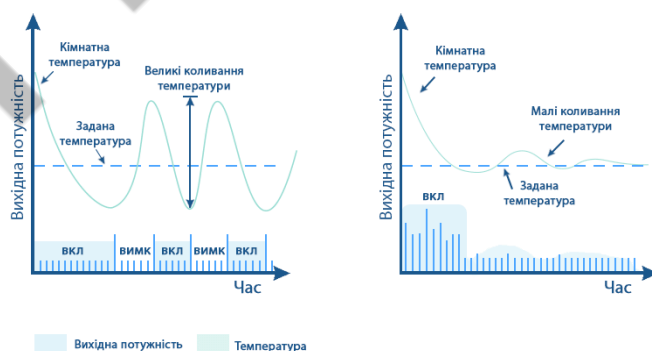
*Національний університет «Одеська політехніка»*

Питання енергозбереження енергетичних ресурсів є актуальними у всіх сферах людської діяльності. Постійно розробляються, удосконалюються та впроваджуються нові енергозберігаючі технології. У наш час важливе значення має енергоефективність усієї техніки, і кондиціонери — не виняток. Ринок кліматичного обладнання представлений різноманітними моделями систем кондиціонування повітря, які мають різні функції енергозбереження.

Особливий інтерес становлять інверторні кондиціонери.

Компресор розташовується ззовні приміщення в одному блоці з конденсатором, фільтраційними елементами для фреону, платою, що управляє, та іншими елементами. Усередині приміщення встановлюється блок з випарником, що охолоджує повітря, вентилятором, фільтраційним елементом для очищення повітря, а також із жалюзі вертикального типу. Принцип роботи такої системи: захоплюється повітря з приміщення через фільтри, потім одночасно відбувається охолодження повітря і зменшення вологості, при цьому в поміщині, що кондиціонується, створюються комфортні умови повітряного середовища [1-3].

Звичайні кондиціонери працюють за принципом циклічності, тобто при набірній встановленій температурі вони вимикаються. Як тільки температура підвищується або знижується на кілька градусів, компресор вмикається. Інверторний кондиціонер працює протягом усього часу, тобто компресор не вимикається при досягненні заданої температури. Він просто зменшує продуктивність за рахунок зменшення кількості обертів компресора, щоб підтримувати мікроклімат у кімнаті [4]. При цьому компресору достатньо працювати на 5-10% потужності для кондиціонування повітря. Цей режим набагато економічніший. Порівняльний аналіз робочих характеристик інверторного кондиціонера та звичайної моделі наведено на рис 1.



а

б

Рис. 1 – Порівняльний аналіз робочих характеристик різних видів кондиціонерів  
а) неінверторна модель ; б) інверторна модель

Висока економічність обладнання, що забезпечується автоматичним контролем параметрів компресора з урахуванням температурного режиму в приміщенні. Інверторні пристрої комплектуються регулятором швидкості двигуна компресора, що дозволяє швидко надати потрібну кількість теплової енергії. Внаслідок таких можливостей інверторний кондиціонер швидко забезпечує комфортну температуру в кімнаті.

Інвертор продовжує термін служби кондиціонера на 30-50% і економить електроенергію в середньому на 30% більше, ніж звичайні моделі. Продуктивність компресора збільшується до максимуму одразу після включення кондиціонера, що забезпечує швидкий вхід до зони комфортних температур. Далі з допомогою плавного регулювання підтримується оптимальна продуктивність, що гарантує економічну роботу.

Система керування змінює частоту обертання компресора та відстежує зміну температури повітря у приміщенні. З цих даних обчислюється оптимальна продуктивність системи для стабільного підтримки температури. Відсутність температурних коливань створює дійсно комфортні умови у приміщенні. Кондиціонер та інвертор працює на тій потужності, яка необхідна для підтримки заданої температури. Дозволяє точно підтримувати заданий температурний режим, похибка буває не більше ніж 0,5 градуса. Така точність гарантує відсутність перепадів температур і дозволяє мінімізувати ризик простудних захворювань.

Крім того, до ще одним особливостям застосування інверторних систем кондиціонування повітря можна віднести їхню практичну безшумність роботи, адже компресори працюють у постійному режимі без періодичних включень та вимкнень. Плюс, інвертори здатні охолоджувати приміщення, що кондиціонуються, за більш короткий період часу, ніж наприклад, звичайні спліт-системи, за рахунок більш високої потужності. Мінімальне навантаження на електромережу, внаслідок відсутності великих стартових струмів та високого коефіцієнта потужності.

Багато моделей оснащені різними опціями: додаткове очищення повітряних мас, іонізація, технологія УФ-стерелізації тощо. Інверторні кондиціонери оснащені системами захисту від стрибків напруги, контролем енергоспоживання, автоочищенням фільтрів та розумною діагностикою. Теплообмінник примусово осушується, і за допомогою інтелектуального контролю температури та регулювання частоти обертання вентилятора температура на теплообміннику досягає 56 °С і зберігається протягом 30 хвилин після активації. Завдяки застосуванню даної технології вся внутрішня частина внутрішнього блоку спліт-системи стерилізується, а віруси і мікроорганізми, що знаходяться всередині, гинуть.

Інверторна технологія забезпечує плавність досягнення необхідної температури та високу енергетичну ефективність під час роботи кондиціонерів.

#### Інформаційні джерела

1. <https://planetaklimata.com.ua/ua/articles/?msg=2013>
2. Юзбашьян А. П. Кондиціонування повітря : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної і заочної форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Теплогазопостачання і вентиляція») / А. П. Юзбашьян, В. А. Міланко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 80 с.
3. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря

Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

4. <https://termal.ua/ua/innovatsijni-tekhnologii-v-suchasnykh-kondytsionerakh/>

УДК 664.8/9

## **ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

*Петренко О.В., завідувача кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ, Єрмоленко О.В., здобувачка ДБТУ, м. Харків,  
mnix.aleksandra@gmail.com*

Впровадження технології швидкого заморожування справило революцію у харчовій, переробній промисловостях та торгівлі. На сьогодні низькотемпературна обробка дозволяє швидко заморожувати продукти з мінімальними втратами їх харчової та поживної цінностей, широко застосовується на підприємствах харчовій та переробній промисловості різної потужності. В основу технології швидкого заморожування покладено метод відбору тепла від продукту шляхом зниження температури охолоджуючого середовища до мінус 30...35 °С. Найчастіше в якості охолоджуючого середовища застосовують повітря, яке інтенсивно обдуває продукт. Більш низька температура охолоджуючого середовища не має сенсу, оскільки це призводить до деформацій продукту і невиправданих витрат потужності холодильного обладнання. Для уникнення негативних явищ (температурного та осмотичного шоку) низькотемпературну обробку харчової продукції рекомендовано проводити в три етапи. Перший етап охолодження продукту до 0°C за рахунок обдуву потоком повітря, з температурою мінус 35...37°C. Другий етап – зниження температури продукту нижче криоскопічної, яка в залежності від специфічних особливостей продукту може коливатися. На цьому етапі відбувається кристалізація більшої частини води, що міститься в продуктах та формування розмірів кристалів льоду. І на останньому третьому етапі проводиться процес доморожування продукту, зі зниженням його температури до заданої технологічної [1].

Наявність у харчових продуктах великої кількості вологи впливає на теплофізичні процеси при низькотемпературній обробці та подальшому зберіганні продуктів, що зумовлено особливостями її розподілу та зв'язку з іншими компонентами продукту, великою її теплоємністю та теплотою фазового переходу при кристалізації та випаровуванні.

Одним з істотних недоліків процесу заморожування є утворення кристалів льоду, які за розміром більші за клітини продукту і тому ушкоджують харчові волокна. При регенерації такий продукт втрачає близько 20% маси, а при тривалому зберіганні дещо погіршуються його смакові та зовнішні якості. Наприклад, заморожені фрукти після 1,5 місяців зберігання покриваються льодяною кіркою і при подальшому приготуванні дуже швидко втрачають вологу.

Запобігти цьому можливо за допомогою інноваційної технології Acoustic Extra Freezing (AEF), що поєднує в собі дію низьких температур та акустичних хвиль. Суть технології AEF полягає у дії акустичних хвиль, які створюють усередині клітинної структури та у міжклітинному просторі мікроскопічні льодяні кристали, настільки дрібні, що непомітні неозброєному оку. Під впливом хвиль і низьких температур кристали збільшуються, заміщаючи воду, але при цьому не порушують структуру продукту, оскільки кристали не з'єднуються між собою навіть за тривалого зберігання [2].

Після дефростації продукти втрачають максимум 2% своєї ваги. За структурою, виглядом та смаком вони практично ідентичні свіжим. Окислення продукту знижується до 98% порівняно зі звичайним заморожуванням.

Технологія AEF реалізується за допомогою спеціальної системи, яка складається з акустичних блоків і процесора, керованих вбудованим програмним забезпеченням. Налаштування програм залежать від виду замороженого продукту – напівфабрикати, риба, овочі, м'ясо та ін.

Технологія AEF може бути вбудована в готове технологічне холодильне обладнання для заморожування харчової продукції, як в камери шокowego заморожування так й в швидкоморозильні апарати (тунельного, стелажного, порційного, контактного або спірального типу).

Інноваційною технологією низькотемпературної обробки є також Electromagnetic Shock Freezing (ESF), що поєднує в собі дію низьких температур та електромагнітних хвиль [3]. Використання електромагнітних коливань призводить молекули води до обертання навколо власної осі, що запобігає їх кластеризації та формуванню кристалів льоду, що пов'язують клітинні стінки. Це повернення також штучно знижує температуру замерзання води приблизно до мінус 7°C, коли продукт досягає цієї температури, електричне поле відключається, і він промерзає наскрізь майже миттєво. При цьому холодильне обладнання з електромагнітним полем використовує на 30% менше енергії, ніж звичайні морозильні камери, а сам процес заморожування в кілька разів швидше, в залежності від типу продукту.

Після закінчення процесу заморожування структура харчового продукту не змінюється і в подальшому при обробці більш низькими температурами, що знижують активність ферментів, продукт залишається стабільним. Особливістю цієї технології також є відтермінування в часі процесу доморожування, коли продукт вже повністю заморожений і кристалізація льоду припинена. Продукт, заморожений за допомогою електромагнітної низькотемпературної обробки, може надалі зберігатися у звичайних морозильних камерах до 18 місяців при зберіганні в камері з температурою не нижче мінус 18°C, до 24 місяців при зберіганні при мінус 24°C і до 36 місяців при мінус 30°C. Керований процес одночасного зростання невеликих кристалів та їх рівномірний розподіл всередині об'єму продукту та їх «сніжинкоподібна» форма дозволяють зберегти цілісність і клітини, і зовнішньої оболонки продукту, що забезпечує значне збільшення термінів зберігання продуктів без погіршення їх споживчих властивостей та якостей.

Холодильне обладнання з ESF технологією відрізняється від стандартного наявністю спеціального пристрою, що виробляє електромагнітне поле та системи моніторингу та

керування. Ця система не створює небезпеки для здоров'я людини, також як і земне магнітне поле. Вона генерує таку саму кількість енергії, як мобільний телефон.

#### СПИСОК ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Холодильне обладнання : підручник / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. - Х. :Світ Книг, 2021. – 633 с.
2. Aef technology acoustic extra freezing [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aeftrade.eu>
3. Investigation of a Shock Freezing Concept with Additional Electromagnetic Field Exposure / Viktors Mironovs, Vadims Sokolovs, Vjaceslavs Zemcenkovs, Jekaterina Kuzmina, Viktorija Stankevica and Vjaceslavs Lapkovskis [Електроний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/376893433\\_Investigation\\_of\\_a\\_Shock\\_Freezing\\_Concept\\_with\\_Additional\\_Electromagnetic\\_Field\\_Exposure\\_ARTICLE\\_PREVIEW](https://www.researchgate.net/publication/376893433_Investigation_of_a_Shock_Freezing_Concept_with_Additional_Electromagnetic_Field_Exposure_ARTICLE_PREVIEW)



**УДК 697.91.94.97**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ VRF СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ ЛАБОРАТОРІЇ КАФЕДРИ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК І КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ ОНТУ**

*Васильковський А.А., магістрант ОНТУ*

*Захаров О.А., магістрант ОНТУ*

Системи кондиціонування повітря відіграють важливу роль у забезпеченні нормальних умов життєдіяльності в житлових і виробничих приміщеннях, а також в об'єктах промислового, транспортного і індивідуального призначення. Температура, вологість і інші параметри атмосфери (повітря), що оточує нас, досить важливі для життєдіяльності людини, а також в цілях забезпечення збереження споруд, устаткування і нормального протікання технологічних процесів. Формування температурного режиму в приміщенні цілком залежить від якості побудови системи вентиляції і управління її режимом роботи.

Нами розглянуті питання кондиціонування та , деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання систем кондиціонування на основі енергетичних балансів теплофізичних процесів в лабораторії кондиціонування повітря ОНТУ



. Рис1. Лабораторія кондиціонування повітря Одеського національного технологічного університету.

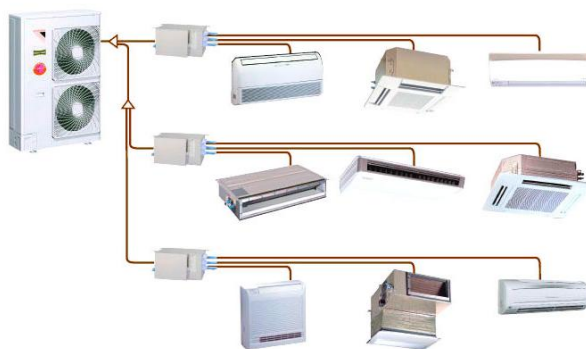


Рис2 . VRF система кондиціювання повітря

Основними цільовими напрямками вдосконалення VRF систем кондиціювання останнім часом є такі:

- підвищення комфорту мікроклімату об'єкта чистих приміщень, точність і надійність його забезпечення при цілорічній експлуатації;
- підвищення енергоефективності багатозональних систем за рахунок збільшення коефіцієнтів трансформації тепла;
- підвищення показників енергозбереження за рахунок рекуперації та акумуляції теплової енергії і постійного автоматичного оптимального управління режимами роботи, в залежності від сезонних параметрів зовнішнього повітря, сонячної радіації і геотермальних джерел тепла, а також внутрішніх нестационарних джерел теплоприпливів / тепловтрат і джерела зміни вологості внутрішнього повітря;
- зниження шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища; фільтрація приміщень
- вдосконалення основних агрегатів багатозональної системи кондиціювання повітря: компресора, вентилятора, рекуператора, теплообмінника,
- акумулятор теплоти з використанням тепла фазового переходу, системи управління;
- інтеграція багатозональних систем з, сонячними колекторами, системою припливно-витяжної вентиляції;
- розробка віддаленого управління і комп'ютерної системи централізованого управління, узгодженого в необхідних випадках з пріоритетом індивідуального управління.

Під час роботи систем, стабільність підтримує, своєчасне обслуговування кондиціонера. На кожному етапі використовуються фільтри, які вибирають по держстандарту.

Щоб фільтрація повітря для чистих приміщень була на належному рівні необхідно правильно підібрати фільтри, попередньо вивчивши їх характеристики для кожного рівня очищення. Потрібно приділити увагу фільтрам, які усувають молекулярні і хімічні забруднення, а також фільтрують витяжне повітря.

Для скорочення витрат на електроенергію можна зменшити використання повітря в той час, коли не ведуться роботи. Однак при відключенні системи важливо брати до уваги той факт, що виникає небезпека забруднення чистого приміщення до неприпустимого рівня.

Зі сказаного можна зробити висновок, що для досягнення потрібного рівня потрібно проводити фільтрацію повітря для чистих приміщень, як одне з основних вимог для організації необхідних умов.

Фільтрація повітря для чистих приміщень - дуже важливий етап забезпечення чистих приміщень, їх класу, тому її проектування і забезпечення необхідно продумати заздалегідь і надати професіоналам

*Наукові керівники доц. Жихарєва Н.В., доц. Козут В.О.*

УДК 631.563

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ПРИМУСОВОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

*Потанов В.О., професор, д.т.н., (ДБТУ, м. Харків)  
Білий Д.В., аспірант, (ДБТУ, м. Харків, jimtykraun@ukr.net)*

Плодоовочеві культури є живими організмами після збору врожаю і повинні залишатися свіжими та здоровими до тих пір, поки вони не будуть оброблені або спожиті. Енергія, необхідна для того, щоб залишатися свіжим, надходить із харчових запасів у продуктах через процес, який називається диханням. Під час дихання виділяється теплова енергія. Однак швидкість вивільнення залежить від типу продукту, зрілості, травм і внутрішньої температури. З цих факторів температура продукції найбільше впливає на дихання. Швидке, рівномірне охолодження відразу після збору врожаю для видалення польового тепла допомагає уповільнити дихання та забезпечити довший термін зберігання. Охолодження вважається одним із найважливіших етапів післязбиральної обробки плодоовочевої продукції. Зниження температури свіжих продуктів після збору врожаю значно зменшує швидкість дихання, подовжує термін зберігання та захищає якість продукції, одночасно зменшуючи втрати об'єму за рахунок зниження швидкості втрати води та гниття. Такий перший етап охолодження зазвичай називають «попереднім охолодженням», оскільки він виконується якнайшвидше після збору врожаю та в ідеалі виконується до того, як продукція поміщається в холодильне сховище. Цей тип охолодження знижує температуру продукту на палетах за рахунок швидкого переміщення холодного повітря через сховище, є особливо практичним методом охолодження для пакування великої кількості фруктів [1, с.2].

Примусове повітряне охолодження скорочує час охолодження партії упакованої продукції з одного або кількох днів в холодильній камері до кількох годин. Якщо є холодильна камера з достатньою холодопродуктивністю, додавання портативного тунелю з примусовим повітряним охолодженням, який може охолоджувати 4 піддони одночасно, збільшить споживання електроенергії вентилятором лише на 800–1500 Вт/год. Холодильна камера з холодильною системою 17,6 кВт може охолоджувати 3 тонни плодоовочевої продукції [2, с.1441].

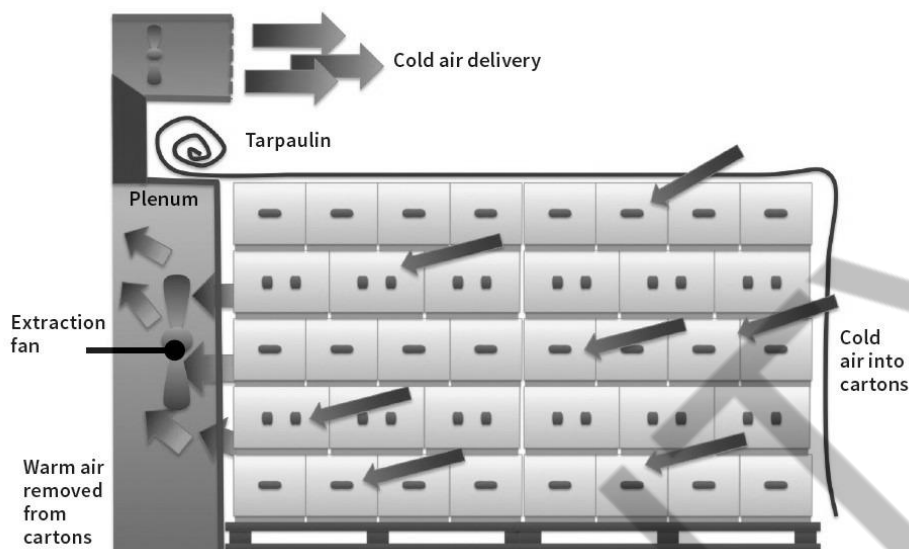


Рис. 1. Схема примусового охолодження плодоовочевої продукції

Під час примусового повітряного охолодження (рис. 1), повітря швидко протягується через контейнери або коробки з овочами. Це збільшує швидкість охолодження в 10 і більше разів та запобігає утворенню конденсату [4]. Примусове повітря або «охолодження під тиском» ефективно збільшує площу поверхні, що охолоджується, від площі поверхні упаковки до поверхні продукту всередині. Системи примусової подачі повітря пропускають холодне повітря через вентилязовані пакети зі швидкістю від 0,1 до 2,0 л/с/кг. Більшість систем примусової вентиляції розраховані на два ряди складених піддонів, які розміщуються навпроти центральної камери. Зверху накривається брезент, щоб закрити щілини між піддонами, пропускаючи повітря через вентиляційні отвори збоку контейнеру. Щоб примусове повітряне охолодження було ефективним, контейнери повинні мати вентиляційні отвори, що покривають щонайменше 5% площі їх поверхні в точках входу та виходу повітря. Вентилятор всередині камери пропускає повітря через коробки, відводячи тепло від упакованих продуктів. Повітря може бути видалено безпосередньо назад у кімнату або спочатку пропущене через систему охолодження [3, с.4].

Використовується кілька систем примусового охолодження в залежності від повітряного потоку, включаючи охолодження випаровуванням, охолодження вакуумом, примусове охолодження повітрям, гідроохолодження, наповнення рідким льодом та охолодження приміщення, але найбільш поширеним є тунельне охолодження (рис. 2). Два ряди пакетів, бункерів або продуктів на піддонах розміщуються по обидва боки каналу повернення повітря. На виріб і канал надягають брезент, а вентилятор видаляє повітря з каналу, пропускаючи повітря через виріб. Продукт охолоджується партіями, а час охолодження коливається від 1 години для зрізаної зелені до понад 6 годин для великих фруктів та овочів, упакованих матеріалами, що обмежують потік повітря, такими як пакети або паперові обгортки [5, с.13].

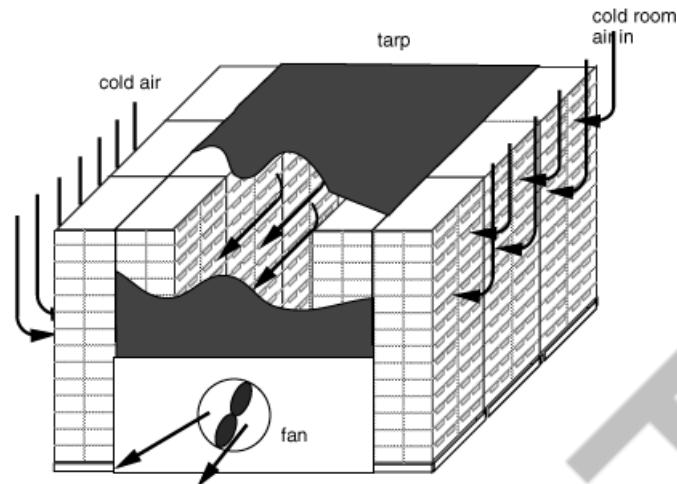


Рис. 1. Схема примусового тунельного охолодження

Впровадження системи примусового охолодження в сучасній аграрній промисловості є основним методом підготовки плодоовочевої продукції до тривалого зберігання. Така система дозволяє не тільки знизити температуру продукту, зменшивши енергоспоживання більш, ніж в два рази, а також прискорити процес попереднього охолодження більше ніж в 10 разів. Таким чином процес примусового охолодження сприяє видаленню додаткового тепла від плодоовочевої продукції з метою мінімізації втрат і підвищення ціни на продаж плодів, зберігаючи загальну якість продукції.

#### **Інформаційні джерела:**

1. Forced-Air Cooling Systems for Fresh Ontario Fruits and Vegetables. Ontario, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. August 2014. P.1-2.
2. Baird CD, Gaffney JJ and Talbot MT. Design criteria of efficient and cost-effective forced-air cooling systems for fruits and vegetables. ASHRAE Transactions 1988: 94(1): 1434–1454.
3. Lisa Kitinoja, James F Thompson. Pre-cooling systems for small-scale producers. Stewart Postharvest Review. June 2010. P.1-5.
4. Postharvest Management of Vegetables. Cooling methods.: веб-сайт. URL: <https://www.postharvest.net.au/postharvest-fundamentals/cooling-and-storage/cooling-methods/> (дата звернення: 26.03.2024).
5. James F. Thompson. Pre-cooling and Storage Facilities. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks. Agriculture Handbook №66. February 2016. P. 13-17.

УДК 637.5/620.

## **ВИСОКОЕФЕКТИВНА ЗАМОРОЗКА КУРЯЧИХ СУБПРОДУКТІВ**

*Мольський О.С. аспірант, ДБТУ Харків e-mail:molskiyalex@gmail.com  
Потапов В.О. Науковий керівник проф., ДБТУ*

Курячі лапки являються малопробуктовим продуктом для реалізації на Українському ринку. В окремих випадках його відносять до так званих боєнських відходів які підлягають утилізації в випарних котлах. Цей процес досі затратний (до 0.5 МВт/т). В свою чергу існують міжнародні ринки, зокрема північно-східної Азії та Китаю, на яких цей продукт має великий попит.

Більшість сучасних холодильних систем швидкого заморожування з примусовою циркуляцією повітря застосовують температури  $-35\dots -40^{\circ}\text{C}$ , що потребує дуже низьких температур випаровування  $-42\dots -47^{\circ}\text{C}$ . Такі температури викликають суттєві витрати електричної енергії та потребують застосування складного та коштовного холодильного обладнання. [1]

В результаті експерименту встановлено, що найбільш впливовим фактором енерговитрат в процесі заморожування є активна циркуляція повітря через продукт на яку впливає товщина шару продукту.

Найкращий результат був досягнутий при розміщенні продукту на відкритих піддонах в один шар, при температурі повітря  $-23^{\circ}\text{C}$  і швидкості повітря 6 м/с. Енерговитрати 1,05 кВт-година. Колір продукту природній світло- жовтий. [2]

Наступний результат за якістю був досягнутий при розміщенні продукту на відкритих ящиках в один шар, при температурі  $-35^{\circ}\text{C}$  і швидкості повітря 2 м/с. Енерговитрати 1,33 кВт-година. Колір продукту природній світло- жовтий.

У випадках, коли продукт розміщувався в ящиках або в декілька шарів, температура продукту  $-18^{\circ}\text{C}$  не досягалася протягом 60 хвилин ані за температури повітря  $-23^{\circ}\text{C}$ , ані за  $-35^{\circ}\text{C}$ .

За тривалості процесу заморожування більше ніж півтори години колір шкіри продукту змінювався від рожевого до червоного, що не відповідає вимогам якості. [3]

Визначено, що в середньому енергоспоживання холодильної системи на 32% вище за температури в камері  $-35^{\circ}\text{C}$  ніж за температури в камері  $-23^{\circ}\text{C}$ .

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Алан Р. Сэмс Переробка м'яса птиці \Poultry Meat Processing Edited by Alan R. Sams, Ph.D. Department of Poultry Science Texas A&M University
2. М.М. Клименко. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підручник / М.М. Клименко,  
Л.Г. Віннікова, І.Г. Береза та ін.; За ред. М.М. Клименка. — К.: Вища освіта, 2006.
3. Доссат Р.Дж. Основи холодильної техніки\ Principles of Refrigeration  
\ Рой Дж. Доссат, Томас Дж. Хоран/

УДК 628.16:621.039.75

## ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ ШЛЯХОМ ВИМОРОЖУВАННЯ

*Василів О. Б., к.т.н., доцент, (ОНТУ, м. Одеса), Рамазанов Р.І., аспірант, (ОНТУ, м. Одеса)*

Дефіцит прісної води у світі зростає через виснаження підземних і поверхневих вод. Близько 97,5% доступної на поверхні Земля води є солоною, тому перспективним шляхом вирішення проблеми нестачі води є опріснення таких вод. Світова потужність опріснювальних установок постійно зростає і досягла у 2022 році згідно з даними Міжнародної асоціації з опріснення води 110 млн. м<sup>3</sup> прісної води на добу, у 2017 році установки виробляли 97 млн. м<sup>3</sup> [1, 2].

Методи опріснення можна розділити на дві категорії - 1) включають фазові зміни солоної води (випаровування і заморожування); 2) не включають фазові зміни солоної води. Перша категорія методів опріснення включає багатоефективну дистиляцію (MED), адсорбційне опріснення (AD), багатоступеневу дистиляцію зі спалахом (MSF), механічне стиснення пари (MVC), зволоження-зневоднення (HDH), мембранну дистиляцію (MD) і опріснення заморожуванням (FD). Друга категорія методів опріснення стосується зворотного осмосу (RO), прямого осмосу (FO), емнісної деіонізації (CDI), ультрафільтрації (UF), нанофільтрації (NF) та електродіалізу (ED). Важливо відзначити, що звичайні методи опріснення (MED, MSF, MVC, HDH, MD і RO) мають серйозний вплив на навколишнє середовище з точки зору температури та солоності морської води. Розсоли значно підвищують температуру та солоність морської води [1, 2]. Опріснення заморожуванням (FD) використовується для очищення води шляхом відділення прісної води від солоного розчину у формі кристалів льоду з подальшим плавленням [2]. Побічним продуктом FD є концентрована солона вода або кристали солі (для опріснення на основі евтектичної заморозки). Прихована теплота кристалізації і випаровування води становить 330 кДж/кг і 2256 кДж/кг відповідно. Процес FD потребує приблизно 1/7 енергії, необхідної для процесів опріснення на основі випаровування. Нечутливість до забруднення є ще однією важливою перевагою FD порівняно з мембранними процесами опріснення. За низьких температур знижується ризик корозії та утворення накипу. Крім того, методи випаровування та мембранного опріснення утворюють концентрований розсіл, який завдає шкоди навколишньому середовищу.

Усі методи опріснення заморожуванням містять два основні етапи [1]. Перший етап – це кристалізація льоду шляхом відведення тепла від солоної води, де зародження та зростання льоду відбувається в камері заморожування (або кристалізаторі) при певній температурі переохолодження. Другий етап - сепарація і плавлення. На цьому останньому етапі утворені кристали льоду відокремлюються від кінцевого концентрованого розсолу, а потім розплавляються для отримання прісної води як кінцевого продукту процесу. Існують основні чотири методи кристалізації заморожуванням: з прямим контактом, непрямим контактом, вакуумом і евтектичною кристалізацією. Ефективність розділення залежить від різних чинників, що пов'язані з кінетикою процесу заморожування. Для зменшення мінералізації води були розроблені системи, які використовують мішалки, ультразвукове поле, введення початкових кристалів льоду для прискорення льодоутворення, проведення процесу за регульованою температурою і т. д. Всі методи FD мають меншу продуктивність виробництва питної води, ніж методи опріснення на основі мембран та випаровування. Це пов'язано з повільною швидкістю росту кристалів льоду.

Огляд показує, що методи FD можуть виробляти прісну воду з морської та солонуватої води. Параметри, які потребують дослідження, - це ріст кристалів льоду, переохолодження рідини, а також наступна обробка отриманого льоду.

#### Література

1. Desalination by Freeze Crystallization: An Overview. *International Journal of Thermal and Environmental Engineering*. 2019. Т. 15, № 2. URL: <https://doi.org/10.5383/ijtee.15.02.004>
2. Najim A. A review of advances in freeze desalination and future prospects. *npj Clean Water*. 2022. Т. 5, № 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41545-022-00158-1>



УДК 621.564

## ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ СУМІШІ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ТА ПРОПАНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ

*Заруба Г.Г., аспірант, м. Одеса, ОНТУ, tezsonaft2021@gmail.com*

Для виконання зобов'язань COP28 щодо обмеження зростання глобальної температури до 1,5°C [1], впровадження екологічно чистих холодоагентів стало вирішальним фактором. Природні холодоагенти, такі як вуглеводні (наприклад, R290, R1270, R600a, R600), вуглекислий газ (R744) та аміак, виділяються своїми екологічними перевагами та доступністю. Однак занепокоєння щодо займистості та обмежень тиску вимагають інноваційних рішень.

Одна з перспективних стратегій передбачає змішування вуглеводнів з незаймистим CO<sub>2</sub> для зменшення ризиків і розширення можливостей застосування. Такі суміші мають нижчий робочий тиск, меншу пожежонебезпеку порівняно з чистими вуглеводнями та підвищену охолоджувальну здатність. Крім того, вони демонструють сприятливі показники ефективності, такі як коефіцієнт корисної дії (COP) і об'ємна холодопродуктивність ( $q_v$ ) [2], які впливають на розмір і вартість обладнання.

На базі цього припущення була побудована математична модель для пошуку оптимального складу суміші двоокису вуглецю і пропану у теоретичному холодильному циклі за наведеними вихідними даними (Таблиця 1). Для оцінки властивостей сумішей робочих тіл застосовується програмний інструмент NIST Refprop 10.0 [3] в інтегрованому середовищі розробки PyChartm.

Таблиця 1. Вихідні дані моделі

Змінна	Опис	Значення
$T_c$	Температура конденсації	30 °C
$T_0$	Температура кипіння	-30 °C
$\Delta T_{sh}$	Перегрів на всмоктуванні	5 K
$\Delta T_{sc}$	Переохолодження перед дроселюванням	5 K

Розрахункова модель заснована на принципах збереження маси та енергії. Крім того була проведена оптимізація тисків конденсації ( $P_c$ ) і кипіння ( $P_0$ ) за умов відповідності середнього значення температури за процес значенням  $T_c$  та  $T_0$  [4]. Для визначення максимального значення коефіцієнта перетворення COP для кожної з сумішей модель здійснює зміну мольної частки вуглекислоти у складі суміші з точністю до 0.5%. Цей процес дає змогу визначити оптимальний

склад суміші з метою досягнення найвищого значення COP, що своєю чергою сприяє ефективнішому функціонуванню системи. Значення параметрів у ключових точках, що необхідні для розрахунків, знайдено за стандартною методикою побудови холодильних циклів.

Зазначена модель і методика оптимізації тисків відводу тепла і кипіння дозволяє знайти такі співвідношення компонентів суміші, що працюють в системах охолодження, які забезпечують оптимальну ефективність і продуктивність при зменшенні енерговитрат.

За результатами розрахунків були отримані дані про коефіцієнт перетворення та об'ємну холодопродуктивність для кожного співвідношення молярних часток у сумішах, на основі яких була побудована діаграма (Рис. 1).

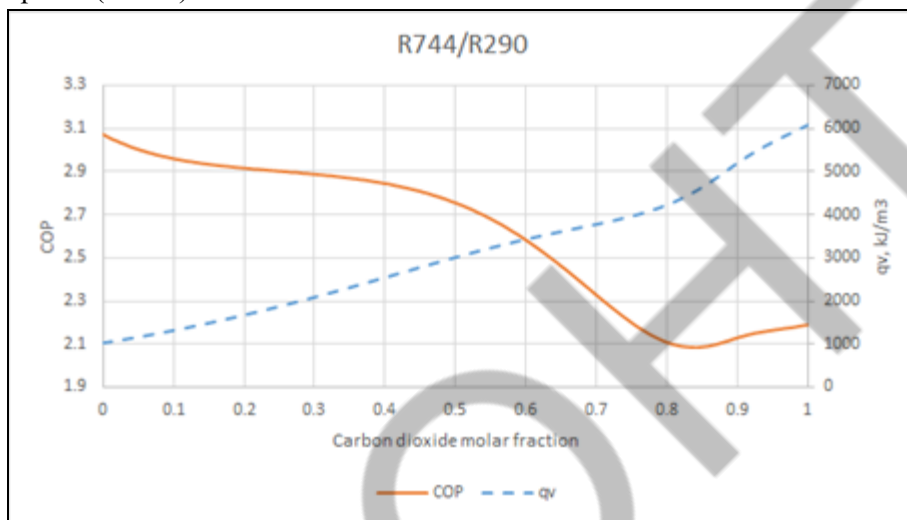


Рис. 1. Вплив молярної частки вуглекислоти в суміші з пропаном на коефіцієнт перетворення COP (помаранжева суцільна лінія) і об'ємну холодопродуктивність  $q_v$  (синя пунктирна лінія).

Так суміш R744/R290, для будь-яких співвідношень молярних фракцій, залишалася субкритичною. З графіка можна побачити, що під час додавання вуглекислоти до пропану відбувається зниження коефіцієнта перетворення з піковими швидкостями падіннями за 9% і 65% CO<sub>2</sub> в суміші. А максимальне значення COP досягається за відсутності двоокису вуглецю у суміші, що свідчить про неефективність змішування R290 і R744 за заданих температур кипіння та конденсації і відсутності обмежень щодо займистості суміші. Однак ми також можемо спостерігати стійке зростання об'ємної холодопродуктивності в разі підвищення частки діоксиду вуглецю, що може сприяти зменшенню об'єму пари, що засмоктується компресором, а отже, і розмірів циліндрів компресора.

Хоча дослідження виявило обмеження, пов'язані з сумішами R744/R290, які демонструють гірші показники порівняно з чистим пропаном, ці результати підкреслюють важливість ретельного підбору компонентів суміші для отримання максимального приросту продуктивності.

У майбутній статті будуть представлені результати розрахунків сумішей двоокису вуглецю з такими вуглеводнями як етан (R170), бутан (R600) та ізобутан (R600a).

#### **Інформаційні джерела:**

1. UNFCCC, 2023. About COP 28. Available at: [<https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/un-climate-change-conference-united-arab-emirates-nov/dec-2023/about-cop-28>], Accessed on 2024-03-20

2. Yelishala S.C., Kannaiyan K. Wang Z. Metghalchi H., 2020. Thermodynamic study on blends of hydrocarbons and carbon dioxide as zeotropic refrigerants. Journal of Energy Resources Technology 142(8): 1-29.

3. Lemmon E.W., Bell I.H., Huber M.L., McLinden M.O. 2018. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 10.0, National Institute of Standards and Technology, Standard Reference Data Program, Gaithersburg. doi: [https://doi.org/10.18434/T4/1502528]

4. ASERCOM, 2021. Refrigerant Glide and Effect on Performances Declaration. Available at: [https://asercom.org/wp-content/uploads/2021/01/Refrigerant-Glide-and-Effect-on-Performances-Declaration.pdf], Accessed on 2024-03-20.

*Науковий керівник: Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор, завідувач кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ*

**УДК 697.91.94.97**

## **ВАЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ В СФЕРІ ХОЛОДУ**

*Мочалов О. – студент 2-го курсу ВСП «ОТФК ОНТУ»  
Черненко А. – Майстер виробничого навчання ВСП «ОТФК ОНТУ»*

Значення використання передових технологій у галузі холоду надзвичайно важливе, оскільки інтелектуальні системи керування відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного та безпечного функціонування систем охолодження та кондиціонування. Суттєве поширення цих технологій є невід'ємною умовою для досягнення максимального рівня продуктивності та ефективності у сфері холодильних систем.

На сьогоднішній день інтелектуальні системи керування виявляються надзвичайно корисними у таких напрямках:

- «Розумне око»: Ця система активно відстежує розташування осіб у приміщенні та автоматично регулює напрямок потоку охолодженого повітря з метою запобігання ризику переохолодження для користувачів.

- Модулі ERC32 (або їх аналоги): Ці модулі пропонують широкі можливості програмування процесорів, що дозволяє налаштовувати їх для виконання різноманітних завдань, починаючи від керування за допомогою Wi-Fi до управління різними сервоприводами.

- Системи інфрачервоного вимірювання температури: Ці системи надають можливість інтелектуального керування та регулювання температури не лише у системах кондиціонування для попередження переохолодження людей, але й у системах охолодження. Вони особливо корисні в галузях охолодження продуктів, де потрібно змінювати температуру згідно з потребами продукту, і вони дозволяють ефективно керувати температурою, враховуючи самі особливості продукту.

Кожен з цих пристроїв допомагає оптимізувати роботу холодильних установок та систем кондиціонування. Оптимізація в цьому контексті є синонімом економії - економії енергетичних ресурсів та фінансових витрат. Впровадження передових технологій у сферу

холоду стає ключовим кроком у напрямі покращення якості та ефективності роботи систем охолодження, що має прямий вплив на конкурентоспроможність та сталість підприємства.

**УДК 697.91.94.97**

## **ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

*Димніков І. – студент 2-го курсу ВСП «ОТФК ОНТУ»*

*Жупанов І. – завідувач слюсарної, електро-монтажної майстерні ВСП «ОТФК ОНТУ»*

Відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроенергія та біомаса, відіграють ключову роль у сучасному енергетичному секторі, забезпечуючи ефективні та екологічно чисті альтернативи традиційним джерелам енергії.

Сонячна енергія є одним з найдоступніших джерел енергії на Землі, забезпечуючи постійне та безкоштовне енергопостачання за допомогою сонячних панелей та термальних систем.

Вітрова енергія використовує кінетичну енергію вітру для виробництва електроенергії за допомогою вітрогенераторів, які встановлюються на суші та на морі, і є чистим джерелом енергії без викидів парникових газів.

Гідроенергія є одним з найдавніших джерел відновлюваної енергії, що використовує енергію потоку води для приведення в рух турбін і генерації електроенергії на гідроелектростанціях. Біомаса представляє собою органічні матеріали, такі як деревина, відходи сільського господарства та біологічні відходи, які можуть бути перетворені на тепло та електроенергію через процеси спалювання, біогазифікації та біохімічного розкладу.

Однією з головних переваг відновлюваних джерел енергії є їх безперервна доступність і невичерпність, що дозволяє забезпечувати стабільне енергопостачання на тривалі періоди часу.

Відновлювані джерела енергії допомагають скорочувати залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля, нафта та природний газ, сприяючи зменшенню їх негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Використання відновлюваних джерел енергії сприяє скороченню викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин, що допомагає боротися зі зміною клімату та поліпшує якість повітря.

Експлуатація відновлюваних джерел енергії створює нові робочі місця у секторі відновлюваних джерел енергії, сприяючи економічному зростанню та соціальній стабільності.

Розвиток інфраструктури для відновлюваних джерел енергії сприяє розвитку технологічних інновацій та підвищує конкурентоспроможність країн на світовому ринку енергетики.

Відновлювані джерела енергії зменшують залежність від імпорту енергоресурсів з інших країн та підвищують енергетичну безпеку національних ринків.

Вони сприяють розвитку децентралізованих систем енергопостачання, дозволяючи зменшити ризики катастроф та відмов в енергопостачанні та підвищити стійкість мереж електропередачі.

Відновлювані джерела енергії мають гнучкість і можуть бути локалізовані поблизу споживачів, що знижує втрати при транспортуванні енергії та підвищує енергоефективність системи.

Використання відновлюваних джерел енергії сприяє диверсифікації енергетичного міксу та збільшенню енергетичної незалежності країн.

Вони відіграють ключову роль у переході до сталого та екологічно чистого енергетичного майбутнього, сприяючи досягненню цілей сталого розвитку та Паризької кліматичної угоди.

---

**УДК 579:614.2**

## **УМОВИ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ ВИРОБНИЦТВА БІОПРЕПАРАТІВ**

*Каспер Д.І., бакалавр ОНТУ, Одеса*

Однією з найважливіших умов отримання якісного біоматеріалу є підтримання стабільних гідротермічних параметрів (температури і вологості) в різних технологічних процесах виробництва, для чого біофабрика повинна мати примусову систему кондиціонування повітря, постійне джерело теплопостачання та датчики для реєстрації зміни температури і вологості повітря.

При проєктуванні механізованої лінії по виробництву більшості видів ентомофагів обов'язковим є наявність наступного обладнання:

- системи кондиціонування повітря (центральні та автономні);
- зволожувачі повітря;
- холодильні установки;

– кліматичні універсальні шафи, що призначені для розведення та зберігання ентомофагу.

У сучасному процесі проєктування та розробка лінії адаптивних технологій вирощування ентомокультур починається з виявлення потреб у отриманні ентомокультур високої якості (маточні культури).

Сам процес проєктування лінії складається з п'яти укрупнених етапів:

- 1) Дослідження проєктної ситуації.
- 2) Розробка принципу розв'язання і структури об'єкта (вибір схемних розв'язань).
- 3) Узгодження принципу розв'язання з умовами виготовлення і експлуатації.
- 4) Розробка робочої конструкторської документації.
- 5) Оцінка отриманих результатів на підставі їх аналізу.

Задача конструктора полягає в створенні технологічних ліній для ентомологічного виробництва, що повною мірою відповідають потребам народного господарства і мають високу економічну ефективність, техніко-економічні і експлуатаційні показники. Найважливішими характеристиками при оцінці досконалості технологій є її продуктивність, економічна ефективність, надійність, металоємність, енергоємність, ступінь автоматизації, простота і безпека обслуговування, зручність управління, складання і розбирання.

Сам процес проектування лінії складається з п'яти укрупнених етапів:

1) Аналіз технічних та тактико-технічних характеристик, показників якості і техніко-економічних вимог до адаптивних технологій вирощування ентомокультур. Дослідження проектної ситуації.

2) Техніко-економічне обґрунтування доцільності розробки проекту технологічної лінії ентомологічного виробництва.

3) Теоретичні дослідження, призначені для обґрунтування принципової можливості і доцільності створення адаптивних технологій вирощування ентомокультур. Узгодження принципу розв'язання з умовами виготовлення і експлуатації.

4) Розробка робочої конструкторської документації. Створення методики проектування адаптивної технології вирощування ентомокультур.

5) Оцінка отриманих результатів на підставі їх аналізу.

На початку реалізації запропонованого методу проектування адаптивних технологій вирощування ентомокультур є визначення ентомокультури (або рослини, для захисту якої потрібен певний ентомофаг), для вирощування якої буде запропоновано впровадження вказаної технології.

Чинники впливу на формування вихідних вимог при проектуванні систем кондиціонування повітря: заданий температурний режим; вологісний режим; імітація день-ніч; рух повітря.

Вихідними вимогами до оцінювання енерго-економічності технологій виробництва біопрепаратів із залученням систем мікроклімату виступають:

– результат господарської діяльності розглянутого ентомологічного виробництва, тис. грн.;

– сумарне споживання енергоресурсів на технологічні цілі, цей показник дозволяє оцінити рівень реалізації енергозберігаючих технологій, економічних теплових схем, енергозберігаючого обладнання і т.д.;

– питома енергоемність продукції ( $\omega$ ) показує витрата енергії (енергоресурсів і енергоносіїв) на виробництво одиниці продукції;

– сумарний обсяг спожитих для виробництва продукції за розрахунковий період енергоносіїв (електроенергії, теплоенергії, технологічного палива і ін.), перерахований через теоретичні еквіваленти в єдині одиниці виміру;

– кількість виробленої за розрахунковий період продукції;

– інтегральний коефіцієнт корисного використання енергії/енергоносіїв ( $K_{III}$ );

– середньозважений КПД розподілу і перетворення енергії на підприємстві.

*Наукові керівники: Подмазко О.С., к.т.н, доц. кафедри ХУіКП ОНТУ*

*Піщанська Н.О., к.т.н., доц. кафедри ХУіКП ОНТУ*

**УДК 697.91.94.97**

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДОТВОРЕННЯ НА ПТАХОФАБРИКАХ**

*Харітонов М. А. бакалавр НТтаІМ ОНТУ, Одеса*

Обробка м'яса на птахофабриках пов'язана з підвищеним ризиком забруднення повітря, яке може містити шкідливі гази, пил, бактерії та віруси. Це може призвести до погіршення якості продукту, а також до появи небезпечних умов для працівників.

Оптимізація систем вентиляції повітря є ключовим фактором в забезпеченні ефективності та безпеки виробництва на птахофабриці. Однак, щоб досягти максимальної ефективності вентиляційної системи, необхідно врахувати ряд факторів.

Перш за все, важливо правильно планувати розміщення вентиляційних відкриттів та системи каналів, щоб забезпечити достатній обсяг повітря та ефективно видалення забруднень. Крім того, важливо обрати відповідний тип фільтрів для очищення повітря від забруднень, що можуть бути присутніми в приміщенні. Використання спеціальних систем вентиляції та належного обладнання може допомогти забезпечити належний рівень витрат повітря та підтримати оптимальну температуру та вологість у приміщенні.

Також необхідно враховувати фактори, які впливають на температуру та вологість повітря в приміщенні. Регулярний контроль за рівнем вологості та забруднень у повітрі є не менш важливим підходом до систем вентиляції повітря для приміщень обробки м'яса на птахофабриці. Для цього можуть використовуватися спеціальні датчики та програмне забезпечення, які дозволяють підтримувати належний рівень якості повітря та вчасно реагувати на будь-які негативні зміни.

Фільтрація повітря приміщень обробки - важливий етап забезпечення чистих приміщень, тому її проектування і забезпечення необхідно продумати заздалегідь і надати професіоналам.

Для якісного очищення повітря застосовується чотири рівня його фільтрації:

Первинна. Використовується фільтр для очищення зовнішнього повітря, від великих за розміром сміття (пух, листя).

Вторинна фільтрація – це кондиціонування повітря з метою захисту від пилу та малих домішок.

Третя фільтрація – це фільтр для бактерій та вірусів.

Фінальна фільтрація – фільтр для мікроорганізмів та грибків.

**Таблиця 1**

**План організаційно-технічних заходів для АХУ, спрямованих на  
зниження питомого та загального споживання енергетичних та інших  
ресурсів сировини під час її експлуатації.**

п/п	Короткий опис заходу	Очікуємий ефект	Строк реалізації	Відповідальний виконавець	Інвестиції, грн. (EURO)
1	Замінити всі освітлювальні прилади, на лампочки LED	Зниження кількості витрати електроенергії за рахунок того що LED лампи більш економні	1 Квартал	Начальник підприємства	Залежить від кількості освітлювальних Приладів Ціна лампочки 100грн од
2	Провести дослідження ізоляційних конструкцій апаратів холодильних установок з наступним їх підсиленням при необхідності	Зниження втрат холоду	2-3 Квартал	Начальник компресорного цеху	По результатам ТЕО
3	Встановити на даху підприємства сонячні панелі, що замінять частину потреб в електроенергії	Економія електроенергії та власне джерело	1 Квартал	Начальник підприємства	Залежить від кількості площі яка доступна на даху підприємств а 10тис грн 1 шт

*Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року*

4	Встановити замість старої котельні для опалення підприємства тепловий насос	Економія сировини, то му що замість котельні на дровах буде тепловий котел	3-4 Квартал	Начальник компресорного цеху	25000 ЄВРО
5	Зробити інструктаж для співробітників, щоб вони вимикали світло та води після себе.	Економія електроенергії	1 Квартал	Начальник компресорного цеху	0 грн
6	Встановити інверторні двигуни на компресори	Більш точне регулювання навантаження на компресора. Значна економія електроенергії	1 Квартал	Начальник підприємства	300 грн 1 шт
7	Робити відтайку парами холодильного агента.	Так на повітроохолоджувачах не буде шуби, що дасть можливість використовувати їх на максимальну ефективність	1-4 Квартал	Начальник компресорного цеху	0 грн
8	Замінити старі компресори на більш сучасніші Bitzer ніж зараз	Більш сучасні компресора мають більший коефіцієнт корисної дії та COP	4 Квартал	Начальник підприємства	220 000 євро
9	Звищити якість мастила та аміаку	Більш якісні мастила та аміак будуть мати менше зайвих домішок та мусору	1-2 Квартал	Начальник компресорного цеху	Після того як знайдеться постачальник
10	Встановити інверторні вентилятори на повітряохолоджувачі	Буде більше світла у приміщенні та менші втрати тепла	1-2 Квартал	Начальник підприємства	Після того як знайдеться постачальник

*Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року*

11	Назначити відповідального За тим як використовується світло	Більш точне використання світла, на будь яких приладах	1-4 Квартал	Будь який робітник	+7000 грн на рік премії
12	Встановити системи плавного запуску обладнання	Більш правильна робота електродвигуна	3 Квартал	Начальник компресорного цеху	25 000 грн
13	Встановити/оновити Обладнання згідно с класом точності	Більш раціональне використання електроенергії	1-4 Квартал	Начальник компресорного цеху	0 грн
14	Встановити системи компенсації реактивної та активної енергії	Зменшити навантаження на обладнання та зменшити витрати електроенергії	4 Квартал	Начальник підприємства	100 000 грн
15	Утілізація теплоти горячої пари для її корисного використання	Встановити перед конденсатором теплообмінник який буде знимати тепло перегрітої пари для корисного використання	1-2 Квартал	Начальник компресорного цеху	75 000 грн
16	Обладнати установку пластинчатим конденсатором	Встановити пластинчатий конденсатор з більшим КПД	3 Квартал	Начальник компресорного цеху	8000 євро
17	Встановити всі насоси с регуляторами частоти обертання	Встановити нові двигуни які можна регулювати щоб знизити у більш холодний період витрату води	1 Квартал	Начальник компресорного цеху	4000 євро

Варто зазначити, що кількість рівнів фільтрації може бути збільшено в залежності від умов навколишньої середовища.

З метою забезпечення найвищої якості та безпеки виробництва на птахофабриках, потрібно мати досвід у проектуванні та встановленні вентиляційних систем. Також варто зазначити, що з плином часу технології в цій галузі постійно вдосконалюються, тому регулярне оновлення технічного обладнання та програмного забезпечення є запорукою скорочення затрат на витрати енергії, підвищення якості умов праці робітників, що є заставою підвищення продуктивності працівників на виробництві, та якості продукту.

Для скорочення витрат на електроенергію можна зменшити використання повітря в той час, коли не ведеться прибирання, коли у приміщенні не йде оброблення продукції. Практично на всіх великих підприємствах харчової промисловості у технологічних процесах використовується холод та тепло. Штучне холодопостачання зазвичай забезпечується за рахунок холодильних машин у вигляді компресорних агрегатів і установок охолодження рідин, оснащених виносними конденсаторами повітряного охолодження. Тепло одержують методом спалювання природного газу.

Донедавна з огляду на низьку вартість газу про впровадження енергозберігаючих технологій не замислювалися. Але нині зниження споживання ресурсів є гострою необхідністю, яка дає підприємству можливість випускати конкурентоспроможну продукцію та розвиватись у складних ринкових умовах.

. Потужність, яку можна отримати і використовувати надалі, приблизно дорівнює споживаній потужності компресорів і холодопродуктивності холодильної машини.

Рекуперація тепла або вологості повітря дозволить значно економити енергію і зменшувати витрати на опалення та кондиціювання повітря. У системах вентиляції та кондиціювання повітря з рекуперацією повітря можна використовувати як звичайну рекуперацію тепла, так і рекуперацію вологості. Рекуперація вологості забезпечує зменшення витрат на кондиціювання повітря влітку та збільшення вологості в зимовий період. При цьому важливо дотримуватися оптимальних умов вологості та температури для забезпечення комфортних умов у приміщенні та збереження якості продукції.

У даній роботі визначені шляхи оптимізації систем вентиляції повітря для приміщень обробки м'яса на птахофабриці, що вимагає уважного підходу та належного контролю. Це допоможе забезпечити високу якість продукту та знизити ризики для здоров'я працівників.

За даними досліджень рохраховані перевитрати потужностей компресорного цеху при птахофабриці с.м.т. Доброслав. На основі розрахованих даних знайдені причини перевитрат електроенергії та запропоновані варіанти вирішення питання. Також були надані план організаційно-технічних робіт спрямованих на зниження загального використання електроенергії холодильної системи.

Використовуючи дані дослідження дозволило дати оптимальну принципову схему на технічне переобладнання холодильної системи.

*Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНТУ*

УДК 697.91.94.97

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОХОЛОДЖЕННЯ МОЛОКОЗАВОДУ: СПОСОБИ ПОСТАЧАННЯ ХОЛОДОНОСІЯ У ВИРОБНИЧІ ПРИМІЩЕННЯ

Коханський А.Ф. магістр НТтаІМ ОНТУ, Одеса

Вимоги до систем охолодження погоджуються з основними вимогами, що ставляться до схем холодильних установок. На практиці застосовують системи охолодження холодоносіями відкритого та закритого типів. Системи у яких холодоносій має контакт з повітрям, називають схемами відкритого типу. У них використовують випарники й прилади охолодження відкритого типу: заглибні випарники, мокрі повітроохолодники. У схемах закритого типу застосовують кожехотрубні, пластинчаті випарники, батарейне охолодження камер.

Як холодоносій застосовують різні рідини – воду, водяні розчини солей (розсоли  $\text{NaCl}$  і  $\text{CaCl}_2$ ), водяні розчини етиленгліколю та пропіленгліколю. Для охолодження для помірно низьких температурах до  $-50\text{ }^\circ\text{C}$  використовують розсоли. Тому схеми холодоносіїв часто називають розсільними.

Відкрита розсільна схема зображена на рис.1 Холодоносій – розсіл охолоджується в розсільному баку 1 за рахунок кипіння холодильного агента в заглибному випарнику 2.

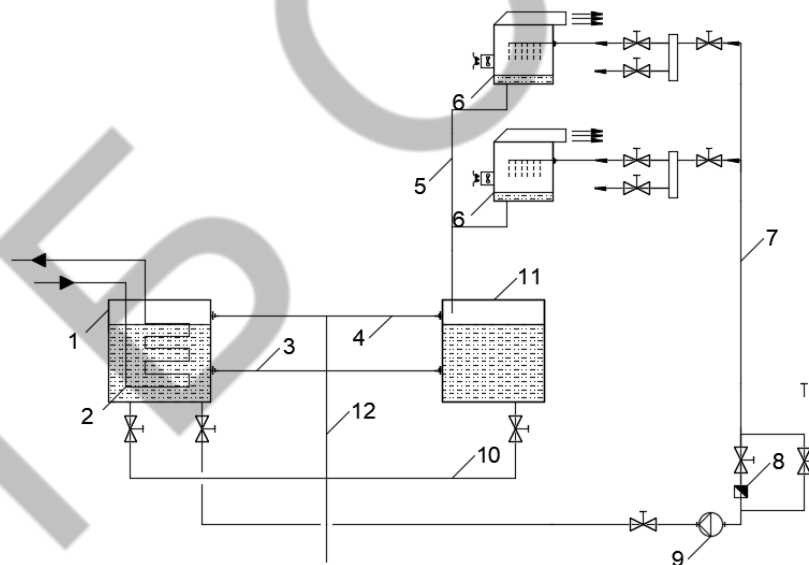


Рис.1

Охолоджений розсіл під напором подається насосом 9 у мокрі повітроохолодники 6. Щоб напірна труба 7 була завжди заповнена розсолем, після насоса ставлять обернений клапан 8. Отеплений розсіл з повітроохолодників зливається поворотним трубопроводом 5 у місткий бак 11, сполучений з випарником зрівняльною трубою 3 і баком 1 трубою 10. У випадку переповнення випарника і місткого бака надлишок розсолу зливається переливною трубою 4 в каналізаційну лінію 12.

Схеми відкритого типу мають такі недоліки: підвищена витрата енергії на роботу насоса, бо у зливній лінії повністю втрачається напір розсолу; необхідність мати додаткову ємність; підвищена можливість корозії системи внаслідок стикання розсолу з повітрям тощо.

Схема із закритим випарником

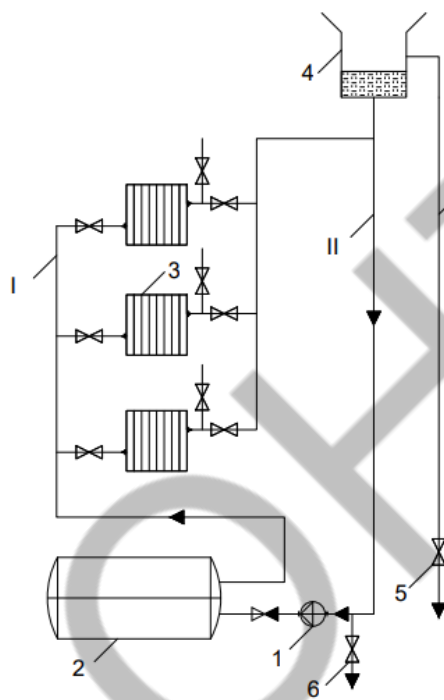


Рис.2

Схема із застосуванням закритого випарника показана на рис.2 У цій схемі на відміну від схеми з відкритим випарником не два магістральні трубопроводи, а три, і всі вони напірні: I - подаючий, II - зворотний і III компенсацийний. Холодоносій під напором циркуляційного насоса 1 подається в закритий випарник 2, де охолоджується за рахунок випаровування холодоагенту і далі по стояку I направляється в охолоджувальні прилади 3. Для компенсації зміни обсягів холодоносія у верхній частині зворотного стояка встановлюється розширювальна посудина 4. оскільки в ній до кожної батареї холодоносій подається трубопроводами однакової довжини. Якщо, наприклад, на I поверх розсіл подається коротким трубопроводом, то довгим шляхом йде в зворотному трубопроводі. Важливою перевагою закритих схем є менша витрата електроенергії на роботу насоса, оскільки тут не потрібно натискання на подачу рідини у верхню точку системи. Стовп рідини в трубопроводі, що подає, врівноважується стовпом у зворотних трубопроводах. Крім того, значно зменшується корозія обладнання та деконцентрація холодоносія. Закрита система краще й у санітарно-гігієнічному відношенні.

**Література:**

1. Схеми охолодження теплоносієм. Туманов Е.В. Холодильна техніка. с. 172-174.
2. Схеми розсольних систем охолодження. Серебряний І.М. Посібник для машиністів холодильних установок с. 100-101.

*Науковий керівник: Жихарева Н.В., доцент кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНТУ*

**УДК 621.561.59**

## **ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВІЗІЙНИХ КАМЕР**

*Базаджи В.В., бакалавр ОНТУ, Одеса*

Нами була розглянута охолоджувальна система провізійних камер сушвантажного судна з підтриманням температур в камерах: м'ясна  $-18^{\circ}\text{C}$ ; рибна  $-18^{\circ}\text{C}$ ; овочева  $+2^{\circ}\text{C}$ . Схеми холодильних установок можна представити скомпонованими з декількох характерних вузлів зі своїми специфічними особливостями. Такі вузли можуть бути утворені з елементів холодильної установки по їх функціональному призначенню. Вузли устаткування відрізняються деякими особливостями, обумовленими застосуванням різних способів охолодження (безпосереднього або непрямого), різним числом ступенів стиснення і температур кипіння, типом встановленого устаткування і кількістю встановлених одиниць. Згідно вимог Морського реєстра до суднових холодильних установок пред'являються більш жорсткі умови проектування в порівнянні з іншими холодильними установками. Зокрема по кількості встановленого основного та допоміжного холодильного обладнання. Кожний квадратний метр судна повинен раціонально використовуватись. Для зменшення кількості компресорів нами була запропонована холодильна установка, яка працює на одному компресорі на три температури кипіння. Для цього були використані регулятори тиску.

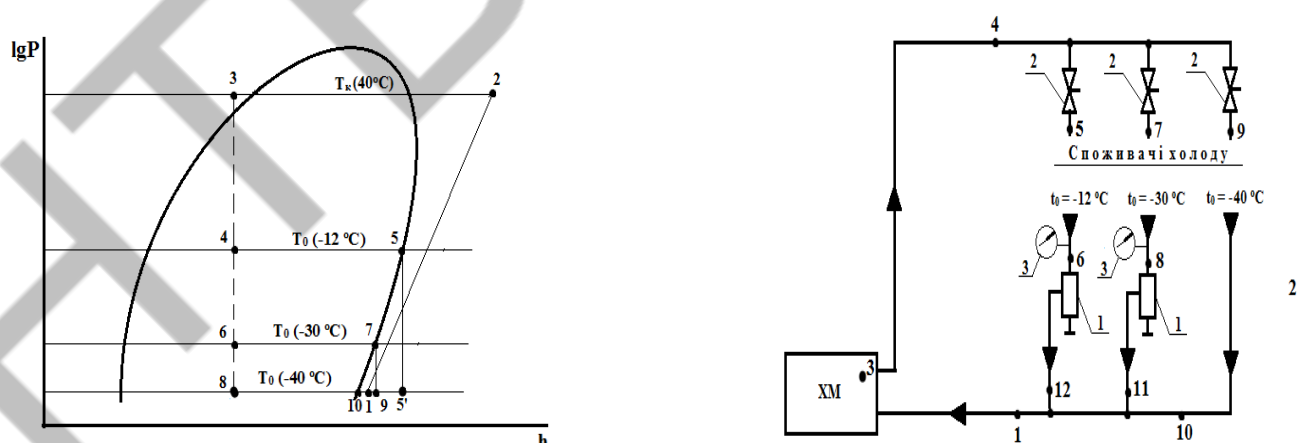


Рис.1. Холодильний цикл та схема з використанням регуляторів тиску (до себе) на три температури кипіння.

де - регулятори тиску «до себе»; 2- дросель; 3- манометр

Ця схема – безнасосна. Кипіння холодильного агента здійснюється в приборах охолодження. За допомогою регуляторів тиску (до себе), що забезпечує температурний режим в провізійних камерах.

Регулятор тиску до себе, також названий перепускним клапаном, призначений для підтримки тиску в системі на певному рівні шляхом скидання робочого середовища. Являє собою клапан сідельного типу з пружинно-мембранним приводом. Налаштування клапана на необхідний тиск здійснюється шляхом ослаблення або стиснення пружини приводу, під дією якої затвор клапана знаходиться в закритому стані, тобто клапан є нормально закритим. При перевищенні тиску вище встановленого рівня, сила тиску робочого середовища передається через мембранний привід клапана, протидіючи силі пружини, змушує затвор клапана відкриватися, забезпечуючи проток робочого середовища через клапан. Також регулятор може використовуватися для недопущення зниження тиску нижче встановленого рівня на ділянці трубопроводу або перед парогенеруючим обладнанням: при падінні тиску нижче налаштованого, затвор клапана прикривається, зменшуючи витрату робочого середовища через клапан регулятора, або повністю перекриває прохід, поки тиск до регулятора знову не підніметься вище мінімально необхідного рівня.



Рис..2. Регулятор тиску

*Науковий керівник: Подмазко О.С. к.т.н, доц. кафедри ХУКП ОНТУ*

**УДК 631.3:631.147:633**

## **ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ПІДГОТОВКИ ПОВІТРЯ ДЛЯ БІОЛАБОРАТОРІЇ ПО ВИРОБНИЦТВУ ЕНТОМОФАГІВ**

*Суравцев В.О., бакалавр ОНТУ, Одеса*

Побудова і аналіз моделі системи кондиціонування повітря дозволяє вирішити завдання по оптимізації ефективності та економічності роботи СКП для біолабораторій по виробництву трихограми. Це можливо виконати як для реально існуючої системи, так і для той що тільки проектується.

1. В якості системи, що оптимізується приймається певний, комплекс елементів, наділених певними заданими властивостями, що володіють зв'язками з зовнішніми умовами і системами. У цьому комплексі в процесі досліджень кожному структурному елементу можна надавати бажані властивості без урахування реальних характеристик з тим, щоб визначити можливий внесок цих властивостей у процеси що досліджуються і, таким чином обґрунтувати вимоги до вирішення даного елемента.

2. Для систем підготовки повітря має бути визначено місце у загальній структурі інших систем. Відповідно до системного підходу СКП розглядається як самостійний об'єкт вивчення та оптимізації, з урахуванням потрібного обміну інформацією з суміжними і зовнішніми системами і всередині її - між підсистемами.

3. Система кондиціювання повітря представляється у вигляді моделі. При створенні складних систем, якими є СКП потрібні знання про кількісні та якісні закономірності поведінки системи і окремих її елементів в залежності від характеру зміни численних факторів і параметрів. Модель повинна бути подібна з оригіналом, але й відмінна від нього, так як вона підлягає таким перетворенням в потрібному напрямку, які неможливі при безпосередньому перетворенні оригіналу.

4. Для оцінки якості рішень СКП вибирається комплекс показників, виходячи з того, що при всіх можливих характеристиках зовнішніх зв'язків домогтися оптимального рішення СКП по її робочим параметрам, конструктивним, економічним і іншим показникам. Пріоритетна роль при оптимізації належить технологічним параметрами, які повністю відображають особливості функціонування системи.

5. Результати аналізу на моделі СКП, після перевірки на адекватність, повинні переноситися на реальні системи. Адекватність досягається в тому випадку, якщо модель повністю відображає наступні основні ознаки СКП:

- принципову схему системи;
- технологічну схему конкретного принципового рішення;
- режими функціонування - поєднання реалізованих процесів обробки повітря з урахуванням його транспортування і розподілу;
- методи автоматичного управління в межах заданих режимів;
- функціонально-технічні характеристики обладнання, що впливають на технологічні режими, методи управління, а також на витратні і енергетичні параметри системи;
- вимушені або спеціальні обмеження, що коригують можливість повної реалізації потенціалу перерахованих вище ознак.

Вибір оптимального рішення СКП означає виявлення такого термодинамічного стану системи, яке забезпечує найкраще за обраним критерієм значення цільової функції.

Нижче представлено принципи побудови моделі, яка дозволить визначити режими функціонування системи, при яких технологічні параметри набудуть мінімальні значення.

1 Визначаємо початкові умови

1.1 Параметри зовнішнього повітря ( $\bullet$ ) $H_i$  – температура і ентальпія, зазначені для певної місцевості і пори року (літо, зима). Будується в  $d-h$  – діаграмі за даними значеннями температури ( $t$ , °C) і відносної вологості ( $\varphi$ , %). Отриманою кривою обмежені всі параметри зовнішнього клімату, які

можуть спостерігатися протягом року в даній місцевості. Усередині осередків вказані значення, відповідні в процентному співвідношенні тривалості спостереження зазначеного діапазону параметрів (діапазони по  $t$  і  $\varphi$ ).

1.2 Нормовані параметри в приміщенні для ентомологічного виробництва характерні, як правило, завдання лініями  $(-)$   $t=const, \varphi=var$  чи  $(-)$   $\varphi=const, t=var$ , або областю  $(\square)$   $\varphi=var, t=var$ , обмеженою допустимими межами зміни температури  $t$  і відносній вологості  $\varphi$ . точкою  $(-)$ , із зазначенням конкретних значень температури ( $t$ ) і відносної вологості ( $\varphi$ ).

1.3 Параметри зовнішнього повітря на вході в кондиціонер  $(-)$   $H_{ki}$ .

2 Фактори, що визначають вихідні моделі:

$Q_n$  – теплове навантаження приміщення, кВт.

$W_n$  – вологісне навантаження приміщення, кг/с.

$G_{n\ min}, G_{n\ max}$  – витрати зовнішнього повітря, кг/с.

$\Delta h_{min}, \Delta h_{max}$  – різниця між значеннями ентальпій повітря всередині приміщення і припливного повітря, що подається в приміщення після обробки в кондиціонері, з витратами  $G_{n\ min}$  и  $G_{n\ max}$ , відповідно.

3. Вихідні моделі СКП, що відповідають класам навантажень, характерним для біолабораторій.

Опорні точки розбивають область зовнішнього клімату на 7 зон, характерних для біолабораторій по виробництву трихограми. Кожна з зон характеризується певним режимом функціонування СКП: режим споживання теплоти і води на зволоження при мінімальних витрат зовнішнього повітря;

режим споживання води на адіабатне зволоження повітря при обраних витратах зовнішнього повітря; режими споживання холоду і води, відповідно при мінімальних і максимальних витратах зовнішнього повітря;

режими одночасного споживання холоду і теплоти, відповідно при мінімальних і максимальних витратах зовнішнього повітря.

4. Вибір процесів для забезпечення оптимальних технологічних параметрів. Для кожної зони необхідно вибрати ті значення витрат зовнішнього ( $G_n$ ), припливного ( $G_n$ ) повітря, параметрів внутрішнього клімату, які забезпечать найменші величини  $Q_m, Q_x$  и  $W$ .

5. Аналіз всіх зон (умови роботи кондиціонера) – визначення режиму функціонування СКП, оптимальних значень витрат зовнішнього і припливного повітря, розрахунок витрат системи на холод  $Q_x$ , теплоту  $Q_m$  та вологу  $W$ .

*Науковий керівник: Піщанська Н.О., к.т.н., доц. кафедри ХУіКП ОНТУ*

**УДК 370 ББК  
ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ КОМФОРТНОГО  
ПРИЗНАЧЕННЯ**

*Чубай Д.Ю., бакалавр ОНТУ, Одеса*

Сучасні методи проектування кліматичних систем – метод ітерацій (послідовного наближення), метод морфологічного аналізу, асоціативні методи пошуку нових технічних рішень.

Метод ітерацій (послідовного наближення) – процес проектування ведеться в умовах інформаційного дефіциту, який проявляється в наступному:

– неможливість заздалегідь точно вказати умови роботи проектного об'єкта, не знаючи його конкретного виду та пристрої (вихідні дані залежать від виду кінцевого рішення);

– виявлення у процесі проектування суперечливих вихідних даних, тобто неможливість досягнення технічного рішення при спочатку запропонованих даних, що опинилися взаємовиключними;

– поява в процесі проектування необхідності врахування додаткових умов і обмежень, які раніше вважалися несуттєвими;

– перерозподіл за ступенем важливості показників якості, так як може з'ясуватися, що показник, що раніше вважався другорядним, дуже важливий (і навпаки).

Формування компонентів (параметрів та характеристик технології) та визначення можливих варіантів для кожного параметру. Для проведення морфологічного аналізу необхідна точне формулювання проблеми для даної системи мікроклімату комфортного призначення. Пропонується до використання метод послідовної обробки інформації, який включає етапи її інтерпретації, уніфікації, структурування та аналізу. Виникає потреба в нових засобах досліджень, що дозволяють накопичувати і аналізувати великі обсяги різнопланової інформації. З цією метою запропоновано до використання інформаційна модель або база даних (БД), яка дозволить класифікувати розрізнену інформацію щодо проектування ентомологічного виробництва із можливістю швидкого та достатньо точного розрахунку необхідних складових (сировини та матеріалів, обладнання) відповідно до кожного технологічного процесу з урахуванням стадій онтогенезу комах.

Метою досліджень є створення інформаційної моделі база даних технічних засобів призначених для реалізації забезпечення комфортних кліматичних вимог системами кондиціонування повітря. Проаналізовано сучасні методи проектування – для реалізації поставленої задачі обрано метод морфологічного аналізу. Структуру цього методу представлено виконанням наступних етапів:

- 1) Постановка (оцінка) проблеми загалом.
- 2) Розкладання проблеми на компоненти (параметри або характеристики об'єкту).
- 3) Визначення для кожного параметру можливих варіантів.
- 4) Складається (розробляється) морфологічний ящик або матриця.
- 5) Комбінація параметрів або альтернативних рішень.
- 6) Прийняття рішень щодо оптимального варіанту.
- 7) Визначення показників нового об'єкту.
- 8) Розробка нового об'єкту.

Суть морфологічного аналізу полягає в тому, щоб у технічній системі кондиціонування повітря комфортного призначення, яка проектується або удосконалюється, було виділено декілька характерних для неї структурних, морфологічних ознак, тобто ознак будови системи. У якості двох головних таких ознак було обрано якість повітря та кількість свіжого повітря, в подальшому морфологічними ознаками виступали наступні інформаційні варіанти – прямоточна система або з рециркуляцією, однозональна або багатозональна, спосіб забезпечення холодом, теплом. По кожній морфологічній ознаці складався список конкретних варіантів технічних рішень цих ознак. Варіанти морфологічних ознак побудовані у вигляді таблиць, що дозволило краще уявити пошукове поле. Перебираючи всілякі сполучення варіантів, маємо змогу декілька варіантів розв'язання завдань, які при простому переборі могли бути втрачені. Широке застосування бази даних дозволяє вирішувати ряд

нагальних проблем – не тільки постійно коригувати зміст, але робити доступним для осмислення багато великі обсяги фактів, ніж це можливо при їх "ручний" обробці. Бази даних забезпечують спадкоємність досліджень.

*Наукові керівники: Подмазко О.С., к.т.н, доц. кафедри ХУіКП ОНТУ  
Піщанська Н.О., к.т.н., доц. кафедри ХУіКП ОНТУ*

УДК 621.565

## **ОСОБЛИВОСТІ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЕННЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БАЛОК АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ**

*Фурсенко О.В . аспірант ІХКЭ ОНТУ м. Одеса*

Зі зростанням кількості періодів сильної спеки кондиціонери стали рятувальним колом. Оскільки ці прилади мають вирішальне значення для охолодження людей та захисту від небезпечного тепла, за оцінками Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), до 2050 року на планеті може бути понад 5 мільярдів кондиціонерів повітря. Вони також роблять великий внесок у безпеку людей. зміни клімату.

Холодна балка – це установка для систем кондиціонування повітря. Зазвичай встановлюється на стелі, вона об'єднує функції охолодження, опалення та розподілу первинного повітря. Використання цього типу обладнання дозволяє отримати відмінні результати з точки зору комфорту, благополуччя та енергозбереження: дуже низький рівень шуму; високі стандарти гігієни; ніяких докучливих протягів; однорідність температури в навколишньому середовищі.

Висока енергоефективність системи гарантується низькими температурними рівнями теплоносіїв, відсутністю споживання через вентиляторів в приміщенні і низькими тисками розподілу. Витрати на технічне обслуговування низькі, а витрати на монтаж знижені завдяки відсутності електричного підключення і мереж відведення конденсату.

роєктування систем кондиціонування і вентиляції в ідеалі має на увазі мінімальне споживання енергетичних ресурсів, для чого створюються принципово нові пристрої, здатні підвищити енергоефективність.

Такими є кліматичні балки, здатні створити в приміщенні оптимальний клімат без істотних витрат на експлуатацію системи.

Будь-яка охолоджуюча балка представлена спеціальним приладом, який контролює і підтримує на належному рівні задані параметри повітря в приміщенні. На відміну від традиційно використовуваних кондиціонерів і фанкойлів вони здатні охолоджувати, одночасно здійснюючи доставку в приміщення свіжого повітря, попередньо також понизивши його температуру для забезпечення додаткового комфорту.

Установка холодних балок в комплексі з системою кондиціонування в рази знижує витрати на електроенергію, що теж є важливим фактором в більшості випадків.

Всі кліматичні балки діляться на активні і пасивні. У першому випадку робота їх заснована на принципі ежекції (процес змішування двох середовищ , з яких одно, як транзитний струмінь, перебуваючи під тиском, діє на друге, підсмоктує і виштовхує його у певному напрямі.) для чого використовують спеціальну щілину, яка використовується з

метою підключення припливного повітропроводу. Подача повітря здійснюється через спеціальний відсік, в якому одночасно створюється низький тиск. Різниця останнього витісняє з приміщення тепле повітря, яке проходить через теплообмінник з холодною водою, після чого знову над



ходить в кімнату.

Рис.1.1 . Схеми перетікання повітря через приміщення:

- а – витікання повітря через дахові отвори за допомогою дахових вентиляторів, притікання повітря через фрамуги вікон або за допомогою настінних повітрянагрівників;
- б – витікання повітря через дахові отвори за допомогою дахових вентиляторів, притікання повітря через вентиляційні ґратки пристельових повітропроводів або від пристельового повітророзподільника (нагрівально-вентиляційного агрегата);
- с – даховий повітроготувальник з утилізатором теплоти витікального (викидного) повітря і повітророзподіленням безпосередньо в РЗ

#### Основні переваги використання холодних балок

Грамотно спроектувати холодні балки можна тільки силами справжніх професіоналів, які мають для цього необхідні знання і навички. До подібного рішення сьогодні вдаються все частіше хоча б тому, що функціональність і зручність подібних пристроїв набагато вище, ніж у тих же фанкойлів. У технічному обслуговуванні холодні балки відрізняються невибагливістю, так як рухомі частини та вентилятор в їх конструкції відсутні, то ж саме можна сказати і про ремонт, необхідність в якому виникає вкрай рідко.

Що стосується установки, то даний процес не вимагає особливих зусиль, коли справа стосується холодних балок. Окремі моделі використовуються з метою встановлення в підвісну стелю, але при цьому немає ніякої необхідності проводити додаткову лінію електроживлення. В процесі експлуатації кліматичні балки практично не видають шуму і служать набагато довше фанкойлів.

Крім функції охолодження в подібних пристроях передбачений варіант «навпаки», з їх допомогою можна не менш ефективно здійснювати обігрів приміщення. Таким чином, витрати на кліматизації будівлі скорочуються по всіх параметрах.

Висновки Визначили особливості застосування холодних балок та їх енергоефективність

## **Список літератури**

1. Zhykharieva. N., Khmelniuk M. Thermo-economic approach to optimize air conditioning systems. // (2017) Refrigeration Science and Technology, 2017-September, pp. 258-264.
2. Kholodkov A., Osadchuk E., Titlov A., Boshkova I., Zhikhareva N. Improving the energy efficiency of solar systems for obtaining water from atmospheric air // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 – 2018 – № 3/8 ( 93 – P.41–51 UDC 621.575:620.91:662.997 DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133643 Входить до БД Scopus . Особистий внесок: участь у аналізі систем, математичні дослідження.
3. Kogut V. Bushmanov V., Zhikhareva N. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases using heat exchanger as combustion gas filter // AIP Conference Proceedings 2285, 030087 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0026819> pp 0030081-030087 Входить до БД Scopus .
4. Жихарева Н.В. Хмельнюк М.Г., Важинський Д.І. Сучасні технології осушення повітря // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 3 (149). С.15–

*Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ*

---

**УДК 338.436.02**

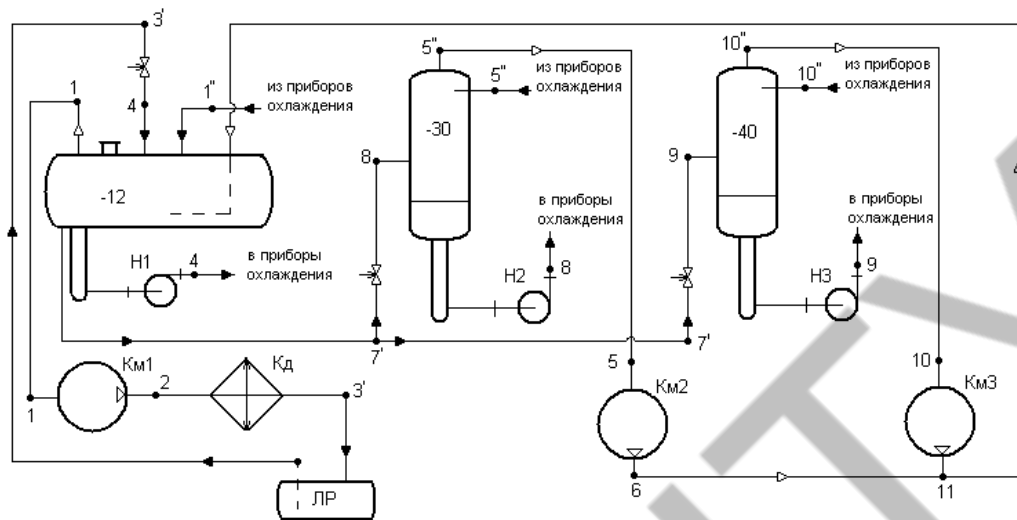
## **РЕКОНСТРУКЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ПТАХОФАБРИКИ**

*Павлишин В.О. бакалавр ОНТУ, Одеса*

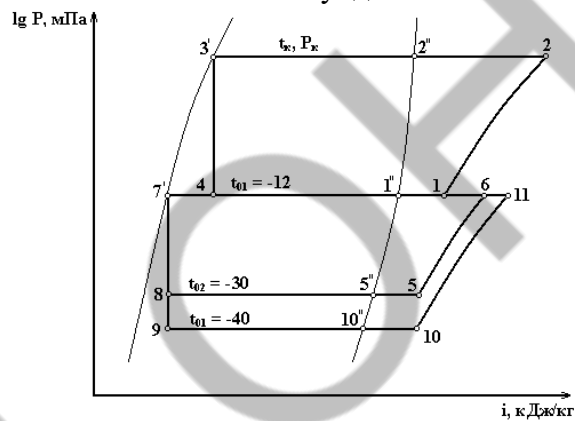
У нормальних умовах холодоагенти представляють собою гази, або безбарвні рідини. В даний час відомо більше 60 холодоагентів, але тільки 15 з них знаходять практичне застосування. Крім однокомпонентних (або чистих) холодоагентів останнім часом знаходять застосування численні суміші, складені з двох і більш чистих холодоагентів. Ідеальний холодоагент повинен мати гарні термодинамічними показниками і забезпечувати високу ефективність роботи холодильної установки. Крім того, холодоагент повинен бути хімічно стабільним, не розкладатися і не вступати в реакції з металами і маслами. Холодоагент повинен забезпечувати безпеку експлуатації - не утворювати вибухових з'єднань, не бути токсичним. Оскільки не існує ідеального холодоагенту, який підходить би за всіма показниками, на практиці застосовують холодоагенти, відповідні найбільш важливим вимогам. До найбільш широко використовуваних холодоагентів відносяться аміак, хладони, елегаз, вода і деякі вуглеводні. Кращим холодоагентом для парокомпресорної холодильної машини є аміак. За сукупністю теплотехнічних параметрів йому немає рівних. Однак його

застосування обмежене, оскільки аміак надзвичайно отруйний і вибухонебезпечний. Речовину, яка близька аміаку за властивостями і разом з тим відносно безпечна, було синтезовано на початку ХХ століття з чотирихлористого вуглецю шляхом відщеплення від його молекули двох атомів хлору та введення на їх місце двох атомів фтору. Наукова назва - дихлордифторметан. Цей клас холодоагентів був запатентований компанією DuPont під торговою маркою Freon. Інші фірми, що виробляють аналогічні холодоагенти, не мають права користуватися цією назвою без дозволу власника патенту. Однак з часом слово «фреон» стало загальноживаним і навіть в технічній літературі, якщо мова не йде про конкретну торгову марку, всі холодоагенти цієї групи називають фреонами. Згідно Монреальської угоди, країни, які її підписали, вирішили відмовитись від холодильних агентів, які, на їх думку, шкідливо впливають на озонову атмосферу Землі, та перейти на «екологічно» чисті фреони (провідна фірма DuPont de Nemours). Це, як правило, так звані зеотропні холодильні суміші. Наприклад, представником цього класу є R404a, який складається із суміші R125/R134a/R143a, відповідно пропорції (%) 44/4/52. Цей холодильний агент, рекомендований для заміни традиційного R22. Холодильні машини та установки, як правило, містять штуцерні та сальникові з'єднання, які б ці з'єднання не були ідеальними, все рівно через з них з часом проходить втрата частки холодильного агента. Згідно норм експлуатації, якщо заправка холодильним агентом системи за рік не перевищує 25% від його вмісту в самій системі, це являється нормальним явищем. З використанням традиційних фреонів (R12, R22) не з'являється ніяких проблем, тобто здійснюється дозаправка і все. Якщо використовувати «екологічно» чисті суміші, то тут з'являються проблеми: на деякому етапі експлуатації «дозаправка» не допомагає – спостерігається ріст тисків як конденсації, так і кипіння, відповідно температур конденсації і кипіння – так званий температурний глайд. При цьому температурний режим в охолоджувальному контурі забезпечити неможливо. Єдиний вихід – утилізувати залишки холодильного агента і здійснити заправку системи по новому. Враховуючи ціну синтетичного мастила, та так званих «екологічно» чистих фреонів (ціна мінімум в три рази вища). Все це призводить до значних затрат коштів.

Нами була розглянута холодильна установка птахофабрики місткістю 1000 тон для м. Запоріжжя. Будинок птахофабрики –одноповерховий з висотою камер 6 м, сітка колон 6 x 12 м. В 4-х камерах з температурним режимом -18°C для тривалого зберігання замороженої птиці, в 2-х камерах - 0 °С для зберігання охолодженої птиці, одна камера - для охолодження птиці з температурою 0 °С, та швидко- морозильний апарат для заморозки продукту з температурним режимом -30°C. В якості холодильного агента використовується R404a. Дана птахофабрика забезпечує населення міста Запоріжжя птицею та окружні райони. В процесі експлуатації охолоджувальної системи був виявлений суттєвий недолік – виникав температурний глайд і доводилось утилізувати рештки фреону та заправляти систему по новому. Було запропоновано перейти на аміак, та використати компаунд схему. Компаунд схема, та холодильний цикл показані на мал.1 і мал.2



Мал.1. Компаунд схема



Мал.2. Холодильний цикл

Це дозволить значно підвищити ефективність роботи системи охолодження, та економити кошти на експлуатацію.

Науковий керівник: Подмазко О.С., к.т.н, доц. кафедри ХУКП ОНТУ

УДК 697.9

## СИСТЕМА ЦІЛЕЙ ТА УПРАВЛІННЯ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯМ ПІД ЧАС ОБЛАДНАННЯ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Книш С.В., аспірант, ОНТУ, serge@leacond.od.ua,  
 Козаченко І.С., провідний інженер ТОВ «НІО «Холод»,  
 Желіба Т.О., НУ «Одеська політехніка», м. Одеса

В останній час загальні цілі підвищення енергетичної ефективності систем кондиціонування повітря (СКП), які реалізуються в основному під час розробки конструкторської документації та виробничого процесу на заводах виробниках СКП, знову стали розширюватись до вирішення задач ресурсозбереження в цілому. Ресурсозбереження

за терміном визначення пов'язане з усіма стадіями життєвого циклу СКП і охоплює комплекс технічних, технологічних, економічних, організаційних, екологічних заходів, спрямованих на раціональне використання усіх ресурсів, не тільки енергії. До речі, для СКП не значної продуктивності та з малим коефіцієнтом використання потужності питома частка енергоємності СКП в сумарних витратах ресурсів може бути не значною у порівнянні з іншими неенергетичними (на пряму) ресурсами на одиницю корисного ефекту. Класичні та усім відомі методи управління ресурсозбереженням на жаль втратили пріоритети в менеджменті бізнесів на фоні популяризації терміну енергоефективності. Витрачаються значно більші ресурси чим отримується енергетичні переваги від удосконаленого обладнання та СКП, науковці та інженери почали гурманити з енергетичними показниками обладнання не зважаючи на споживання інших матеріальних ресурсів та на не визначеність з пріоритетами. Тому доцільно переглянути підходи до цілей та організації управління ресурсозбереженням в холодильному бізнесі, повернутись до звичайного, комплексного, повноцінного за підходом техніко-економічного обґрунтуванням усіх технічних та організаційних рішень виробничого процесу холодильних компаній.

Багаторічний досвід реалізації та облаштування виробничих і комерційних систем кондиціонування повітря та систем теплопостачання дозволив авторам доповіді виділити такі основні цілі управління бізнесом за напрямками використання матеріальних ресурсів та упередження їх втрат і неощадливого використання у подальшому, протягом усього життєвого циклу обладнання:

- управлінням проектною та конструкторсько-технологічною діяльністю (скорочення та нормування часу розробки документації, забезпечення якості проектної та конструкторської документації, забезпечення виконання вимог НТД та законодавства, незалежна оперативна експертиза проектних і технологічних рішень, якісні та «свідомі» технічні завдання від замовника на об'єкти проектування до початку виробничого процесу та поточне погодження рішень і необхідних інвестицій під час проектування, підвищення рівня професійності проектних інженерів і конструкторів та їх продуктивності праці й технічного забезпечення, контроль використання ресурсів та матеріалів проектними відділами, оптимізація професійного складу проектних відділів із залученням не штатних спеціалістів та послуг від консалтингових та інженерних компаній, цифровізація проектної справи, консалтингові та інжинірингові послуги на комерційній основі, розробка кошторисної та ресурсної документації);
- управлінням логістикою та складськими запасами ресурсів (оптимізація термінів та вартості доставки матеріальних ресурсів та обладнання, скорочення питомої витрати палива на транспорт, скорочення помилок в транспортній логістиці, оптимізація складських запасів матеріалів та обладнання, скорочення втрат під час вантажних робіт та зберігання, оптимізація вартості утримання складів, вантажних робіт, внутрішньо складської логістики, страхування ризиків, забезпечення правил техніки безпеки та оцінки ризиків);
- управлінням виробничими процесами, пусконаладжувальними, сервісними та ремонтними роботами (суворе дотримання вимог правил техніки безпеки, система отримання ліцензій, спеціальних дозвілів та ін., планування підготовчих робіт, розробка проекту проведення робіт та проекту організації будівництва, підвищення продуктивності праці та скорочення часу проведення робіт, технологічна дисципліна виконання проектних рішень, технічний та авторський нагляд, зниження матеріалоресурсоємності, забезпечення професійним

інструментом та навичками виконання робіт, оптимізація транспортних та логістичних витрат, збір та утилізація відходів матеріалів та ресурсів);

- управління збутом продукції та послуг (зниження витрат на доставку та транспортні послуги, оптимізація витрат на рекламну та маркетингову роботу, делегування дистрибуції та компаніям партнерам, оптимізація витрат на представницькі заходи, виставки, семінари, використання соціальних мереж та ін.).

Взагалі СКП по ресурсозбереженню не мають жодних пріоритетів перед основним технологічним та виробничим процесом. Технологія первинна і тому ресурсозбереження СКП може реалізовуватись тільки за умови виконання завдань основного технологічного призначення, у тому числі забезпечення продуктивності та умов праці. Проте без визначення цілей та реалізації системи управління ресурсозбереженням досягти успіхів холодильному бізнесу складно в умовах високої конкуренції та низького попиту на послуги та продукцію. У доповіді обговорюються практичні результати від упровадження системи управління ресурсозбереженням у компанії з продажу, монтажу, сервісного обслуговування СКП та комерційних холодильних систем.

*Науковий керівник: Желіба Ю.О., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ*

**УДК 664.8**

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЗАМІННИКІВ ЦУКРУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА**

**Толмачов О.В., студент,**

**Семенюк Д.П., професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного  
машинобудування, ДБТУ, м. Харків, [dmitriy.semeniuk@gmail.com](mailto:dmitriy.semeniuk@gmail.com)**

Сучасні підходи до харчування, зумовлені наростаючим інтересом до здорового способу життя, передбачають наявність низькокалорійних продуктів в асортименті продукції кожної галузі харчової промисловості. Однією з найбільш актуальних тенденцій сьогодні є виробництво морозива без цукру. Незважаючи на те, що воно спочатку призначалося для діабетиків, його популярність значно розширила межі використання цього продукту різними групами людей, орієнтованими на здоровий спосіб життя. В даний час у світі налічується велика кількість брендів морозива без цукру. Так, один з лідерів харчової індустрії компанія Unilever має у своєму портофолію такі широко відомі бренди як Breyers Ice cream: SugarSmart, CalSmar, HeartSmart, CarbSmart, що виготовляються з повною і частковою заміною цукру. Два найбільших американських виробника Whitey's Ice Cream і Luke's Ice Cream випустили морозиво без цукру, де як підсолоджувальний агент використовується сукралоза. Засновник найпопулярнішої дієти зі зниження ваги доктор Аткинс запустив у виробництво морозиво без цукру під брендом Atkins Endulge™ із сукралозою [1]. У Японії прихильники здорового способу життя віддають перевагу низькокалорійному морозиву з використанням натурального підсолоджувача стевіозиду. Згідно з даними маркетингових досліджень (проведених ICON Group International), при наростаючому інтересі до правильного харчування у світі сектор морозива без цукру є найшвидшим у галузі за морожених продуктів [2].

Однак питання заміни цукру досить складне. Крім ролі підсолоджуючого агента, при виробництві морозива цукор несе і певні технологічні функції. Він відіграє важливу роль у створенні обсягу та маси цього продукту, впливає на точки його замерзання та танення. Для того, щоб створити морозиво без цукру та забезпечити органолептичні та текстурні властивості, порівняні з властивостями звичайного продукту, рекомендується використовувати поєднання інтенсивних підсолоджувачів та наповнювачів. Наповнювачами є мальтодекстрин, полідекстроза та поліоли (цукрові спирти) [3].

У формулах безцукрового морозива та продуктів зі зниженим вмістом жирів є дві головні складності: контроль точки замерзання та контроль руху води в продукті для зменшення кількості крижаних кристалів. Цукор вносить розчинні сухі речовини, що дозволяє знизити точку замерзання. Моносахариди (наприклад, декстроза), що мають молекули меншого розміру, знижують точку замерзання більшою мірою, ніж дисахариди (наприклад, сахароза). Розчинні наповнювачі та поліоли з молекулами аналогічних розмірів можна використовувати для заміни цукру, підтримуючи таким чином точку замерзання в безцукровому морозиві. Чим більше цукроподібних інгредієнтів у композиції, тим нижча точка замерзання продукту. Полідекстроза, мальтодекстрин і поліоли – це три типи інгредієнтів, які замінюють більшу частину об'єму цукру при виробництві безцукрового морозива і допомагають запобігти кристалізації льоду. Полідекстроза, що складається з полімерів глюкози з низькою молекулярною вагою, може служити наповнювачем і абсорбувати воду, що нормально утримується сахарозою. Подібно до кукурудзяного сиропу, полідекстроза злегка знижує точку замерзання морозива, що сприяє підвищенню його щільності. Полідекстроза додає лише одну калорію на грам, що дуже важливо для створення формул при виробництві безкалорійних та безцукрових продуктів. Мальтодекстрин створює об'ємність та масу при виробництві морозива. Чим вищий його рівень, тим щільніший продукт. Мальтодекстрин практично не додає в продукт ні солодощі, ні смаку, даючи при цьому чотири калорії на грам. Співвідношення використання полідекстрози та мальтодекстрину залежить від вартості продукту, обмежень за кількістю калорій та необхідної текстури. Мальтодекстрин підвищує в'язкість суміші, тоді як полідекстроза дає більше кремового присмаку. Полідекстроза утримує морозиво більш «теплим», оскільки точка замерзання не така низька. Поліоли або цукрові спирти зазвичай додаються в безцукрові формули для зниження точки замерзання, підвищення щільності. Той факт, що поліоли засвоюються в людини незалежно від наявності інсуліну, робить їх незамінними при виробництві діабетичних продуктів. Поліоли мають таку калорійність:

- сорбітол – 2,6 ккал/гр.;
- лактитол – 2,0 ккал/гр.;
- малтітол – 2,1 ккал/гр.

З усіх поліолів сорбітол застосовується при виробництві морозива без цукру найчастіше, головним чином тому, що він найдешевший і широко відомий у харчовій промисловості. Він використовується в основному в комбінації з полідекстрозою та мальтодекстрином. Усі поліоли знижують точку замерзання до різного рівня. Чим менша молекулярна вага поліолу, тим нижча точка замерзання. Мальтитол (молекулярна вага 344) найбільш близький до сахарози (молекулярна вага 342). Молекулярна вага лактитолу 362, а сорбітолу 182 [4].

У разі сорбітолу слід використовувати більшу кількість полідекстрози замість мальтодекстрину, щоб досягти точки замерзання сахарози. Якщо у формулі застосовується мальтитол, слід використовувати мальтодекстрин. Характеристики танення змінюються залежно від типу поліолу. Продукти на сорбітолі тануть швидше, ніж на мальтитолі, який веде себе подібно до

**Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року**

сахарози. Солодощі – ще одна область розгляду характеристик поліолів при виробництві заморожених десертів. Мальтитол дає 90% від солодощі сахарози, сорбітол – 60% та лактитол – 35%. Лактитол рідко застосовується для виробництва морозива, проте суміш лактитолу з мальтодекстрином дає меншу в'язкість, що веде до більш чистого профілю та кращих смакових властивостей продукту. Крім того, суміші лактитолу мають нижчу точку замерзання. Нижча в'язкість полегшує процес виробництва. Продукти на основі полідекстрази мають тенденцію до високої в'язкості, особливо на початку технологічного процесу, ніж суміші мальтодекстрину та лактитолу. Безперечно, лактитол дає кремову текстуру і щільність подібно до звичайного морозива [5].

В даний час знайдено оптимізовані суміші високоінтенсивних підсолоджувачів і наповнювачів, які можуть успішно замінити цукор у процесі виробництва морозива. Інтенсивні підсолоджувачі – речовини нецукрової природи, які в десятки і сотні разів солодші за цукор. Найбільш відомі аспартам, сукралоза, ацесульфам калію. Завдяки відсутності глюкозного фрагмента, підсолоджувачі не вимагають засвоєння інсуліну і можуть використовуватися у виробництві продуктів для хворих на цукровий діабет. Через високий коефіцієнт солодкості закладка високоінтенсивного підсолоджувача при виробництві морозива без цукру досить мала, тому використання інтенсивних підсолоджувачів з технологічної точки зору не вносить жодних ускладнень. Наявність пастеризаційного процесу під час виробництва морозива передбачає використання термостабільних інгредієнтів. Загальновідомо, що найкращими властивостями з точки зору органолептики, функціональності та технологічності має сукралоза, а отже, і суміші на її основі. На ринку морозива вже добре відомі термостабільні суміші, де як основний підсолоджувач використовується сукралоза, яка за своїми смаковими характеристиками найбільш повно відповідає профілю солодкості натурального цукру і водночас є повністю термостабільним продуктом. Навіть при нагріванні до температур близько 200-230°C втрати сукралози складають соті частки відсотка. Разом з тим, ці суміші відмінно розчиняються у воді та молочних основах як при гарячих процесах, так і при кімнатній температурі. Тому ці підсолоджувачі можна закладати в продукт на будь-якій стадії виробництва перед пастеризацією або після повного охолодження продукту.

Таким чином застосування розглянутих речовин дозволить значно розширити асортимент морозива і дозволить отримати ласощі людям, які через різні причини не вживають харчові продукти, які містять цукор.

Список інформаційних джерел

1. Сукралоза. Правда і міфи. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://factoria.kiev.ua/blog/sukraloza-pravda-i-mify/>.
2. Система харчування Аткинса: продукти, меню, плюси та мінуси дієти. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://yasensvit.ua/media/articles/systema-kharchuvannya-atkinsa-produkty-menyu-plyusy-i-minusy-diyety/>.
3. Мальтодекстрин: особливості та властивості. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://belok.ua/blog/ua/maltodextrin/>.
4. Що таке сорбітол? Питання-відповіді. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://hillary.ua/blog/chto-takoe-sorbitol-voprosy-otvety/>.
5. Дорохович, В. В. Лактитол – цукрозамінник нового покоління: можливість та доцільність його використання у процесі виробництва борошняних кондитерських виробів / В. В. Дорохович, О. М. Яременко // Наукові дослідження – теорія та експеримент : матер. Другої міжнар. наук.-практ. конф., Полтава. – 2006. – Т. 6. – С. 31-33.

УДК 697.94

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ HVAC&R.**

*М.О. Кривошеєв, аспірант каф. ТЕХТ НУХТ,*

*Р.В. Грищенко, доц., к.т.н., доц., каф. ТЕХТ, НУХТ, [rgryshchenko@nuft.edu.ua](mailto:rgryshchenko@nuft.edu.ua), м. Київ, Україна*

### **Вступ.**

У сучасному світі розрахунок теплового навантаження для систем опалення та охолодження будівель є ключовим етапом у процесі ітераційного проектування HVAC&R. Вибір відповідної потужності системи починається з глибокого розуміння методів оцінки навантаження на опалення та охолодження приміщення.

Проведений систематичний аналіз академічних джерел, які охоплюють дослідження протягом останніх століть. Визначено переваги та обмеження цих підходів у контексті вимірювання теплового навантаження на системи опалення та охолодження будівель.

Починаючи з 1930-х років, попередники ASHRAE (США) та CIBSE (Великобританія) проводили дослідження, які детально описували різноманітні аспекти нестационарного теплообміну у будівлях [1]. У 1938 році в США було видано методичні рекомендації для інженерів-практиків, що враховували вплив сонячної радіації та нестационарні ефекти пов'язані з цим.

Серед методів розрахунків теплового навантаження, найбільш визнаним є метод теплових балансів ASHRAE (Heat Balance Method, HBM), який, однак, є складним у використанні. В даний час основні рекомендації ASHRAE включають два рекомендованих методи: метод теплового балансу ASHRAE і метод радіантних часових рядів (RTS), який є спрощеною версією HBM.

Зміни у дизайні будівель у 1950-х роках, такі як збільшення скління, спонукали до розробки в Великобританії методу Admittance, який спрямований на визначення пікових температур у будівлях з різною системою вентиляції. Цей метод поєднував динамічну модель теплообміну для огорожувальних конструкцій зі спрощеною моделлю конвекції та радіаційного теплопередачі для внутрішніх приміщень.

Автори, Rees S at all у своїй роботі [1], вказують на те, що метод Transfer Function Method (TFM) не знайшов широкого застосування серед практикуючих інженерів через його складність і обмежену популярність у той час серед обчислювальних потужностей у спільноті проектувальників. Це призвело до потреби розробки та впровадження більш простих методів, які б можна було використовувати для ручних обчислень.

У 1975 році була представлена робота, що встановила основи CLTD/SCL/CLF розрахункового методу, який потім був впроваджений у практику за допомогою роботи [2].

Transfer Function Method (TFM) був включений у нормативні документи США для обчислень нестационарної теплопровідності. Цей метод також був успішно використаний для розрахунків теплопровідності багатошарових стінок у програмах TARP (Walton, 1983) і BLAST (1986). За думкою авторів [1], TFM є найбільш фундаментальним серед усіх доступних методів для таких розрахунків, оскільки він найбільш точно моделює фізичні процеси, що відбуваються у будівельних конструкціях.

### **Висновки.**

Для досягнення оптимальних результатів у підвищенні ефективності систем опалення та кондиціонування будівель в Україні, важливо детально вивчити та систематизувати методи, такі як Heat Balance Method, Admittance Method і Transfer Function Method, спеціально для українського ринку з урахуванням їх точності та складності. Подальше дослідження та адаптація сучасних методів розрахунку має потенціал значно підвищити ефективність проектування сучасних будівель в Україні.

### **Література**

1. Rees, S., Spitler, J., Davies, M. and Haves, P. (2000). Qualitative Comparison of North American and U.K. Cooling Load Calculation Methods. HVAC&R Research, 6(1), pp.75–99. doi:https://doi.org/10.1080/10789669.2000.10391251.
2. Rudoy and Duran 1975, Rudoy, W., and Duran, F. 1975. Development of an Improved Cooling Load Calculation Method. ASHRAE Transactions 81(2): 19-69.)
3. Spitler, J.D., F.C. McQuiston, K. Lindsey. 1993. The CLTD/SCL/CLF Cooling Load Calculation Method, ASHRAE Transactions. 99(1): 183-192.

**УДК 621.869.888+621.574**

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЕЖЕКТОРНОГО ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ КОНДЕНСАЦІЇ КОНЦЕРОГЕННИХ РЕЧОВИН**

*Бушманов В.М., асп. каф ХВКП ОНТУ, Овчинников .М., асп.каф ХВКП ОНТУ*

Теплообмінник ежектор-пристрій за зовнішніми ознаками є ежектором, проте за функціями, що виконуються, він більше підходить під визначення об'ємного теплообмінника. У нашому дослідженні цей пристрій застосовується для охолодження певного обсягу газу через нього.

Цей пристрій може застосовуватися в областях кондиціонування, або як фільтр димових газів. Розглядається також перспектива його використання для формування газогідратів. Для повноти розуміння процесів, що протікають у ньому, крім експерименту, необхідно розробити та перевірити математичну модель його роботи. Раніше до нього застосовувалась математична модель упорскування рідини, модернізована під наші потреби. За методом Астахова-Голубкова та рішенням її за прикладом Погуляєва та Юдіна ми розбиваємо форсунку на умовно три ділянки. Рівняння гідродинамічних процесів не враховують нерівномірності розподілу швидкості та тиску потоку. Засновані на теорії гідродинаміки.

$$dt/dt=1/\rho \quad dp/dl \quad (1,1) \quad du/dl=-1/(a^2 \rho) \quad dp/dt$$

Наразі ведеться робота над розробкою моделі випаровування краплі в обсязі газу. Було прийнято ряд припущень для спрощення роботи: крапля прийнята за ідеальну сферу, всі краплі однакового розміру, розглядається теплообмін краплі, що не рухається в газовому потоці, що не рухається, оскільки передбачається що швидкості руху потоку газів і краплі будуть рівні.

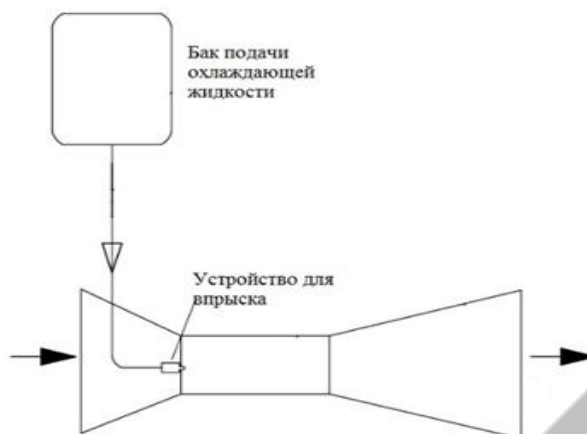


Рис.1. Схематичне зображення пристрою ежектора теплообмінника.

Для стаціонарного випаровування краплі у найпростішому випадку можна застосувати формулу Максвелла

$$I = -4\pi r^2 \frac{dc}{dr} D \gamma^* \text{ [сек]}^{(-1)} \quad (1)$$

Тут  $D$ -коефіцієнт дифузії пари,  $c$ -концентрація пари ( $\gamma^* \text{ см см}^{-3}$ ),  $r$ -радіус краплі. Тут у найпростішому випадку швидкість випаровування краплі є постійна величина. Випаровування краплі не може бути стаціонарним процесом у реальних умовах. Однак дослідження показали, що для випадку коли щільність краплі значно перевищує концентрацію рівноважної з краплею пари, процес можна розглядати як квазістаціонарний. Висновки.

На початку дослідження завдання формулювалося як завдання Стефана. Однак у процесі роботи це рішення було ухвалено як не цілком доцільне. І напрямок розробки змістилося у бік розглядів завдань Максвелла. Моделі все ще знаходяться на стадії розробки, проте цей напрямок, незважаючи на велику трудомісткість, вважається нами як перспективний. Оскільки маючи швидкості випаровування комплексу крапель різних радіусів (реальніша картина розпилення рідини ніж прийнята раніше), можна отримати час її випаровування, і з відповідних даних скоригувати параметри роботи стенда (або сам стенд) для підвищення ефективності його роботи.

#### Список літератури

1. Погуляев Ю.Д. Р.М. Байтімерів «Математична модель процесу упорскування палива двопозиційним клапаном».
2. Process modeling of purification of flue gases/ Scopus Process modeling of purification of flue gases/ /Petroleum Science and Technology/ 2018 № 3, p 141-149. DOI:

*Науковий керівник Козут В.О. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ*

## **АЛЬТЕРНАТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ PV ПАНЕЛЕЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МОЛОКОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*Михайличенко Д.М., аспірант, каф. ТЕХТ, ННІТІ, НУХТ, м. Київ  
Пилипенко О.Ю., доц. каф. ТЕХТ, ННІТІ, НУХТ, м. Київ, Alex.1@i.ua*

За останні п'ять років частка зеленої енергії, отриманої від сонячних електростанцій, у деяких країнах Європейського Союзу зросла більш ніж у 20 разів. Використання енергії з відновлюваних джерел можна інтегрувати в процеси виробництва в харчовій промисловості, яка користується штучним охолодженням.

Для підтвердження вказаної тези проведено аналітичний огляд інформаційних джерел в частині сонячних електричних станцій, а також виконано математичне моделювання з використанням програм Matlab і Google таблиць.

Аналіз графіків енергоспоживання різними молокозаводами встановив що:

- Для Куп'янського молококонсервного комбінату графік холодильного навантаження має суттєво виражені максимуми в період 9:00-14:00 та 17:00-22:00.
- Для молокозаводу Danone в м. Херсон максимум навантаження припадає на період 17:00-22:00.
- Для Пирятинського сирзаводу пікове холодильне навантаження спостерігається з 14:00 по 20:00.

За допомогою відкритих даних Google maps визначено площі покрівель виробничих цехів зазначених підприємств, які становлять орієнтовно від 1500 м<sup>2</sup> до 4200 м<sup>2</sup>.

Розраховано що сонячна станція загальною встановленою потужністю 240 кВт на панелях НіКи6\_Mono\_PERC [1] одиничною потужністю 550 Вт може генерувати в максимальні години інсоляції в літні місяці 175 кВт\*год., або 1456 кВт\*год./добу. Загальна площа, яку буде займати станція з 436 панелей становитиме 1300 м<sup>2</sup>.

Пропонується використання льодоакумулятору який буде знімати піки потужності з 8:00 до 10:00 з зарядженням в нічний період, а в денний період часу буде заряджатися, використовуючи не стабільну та не прогнозовану сонячну енергію. Накопичений у денні години лід в подальшому використовуватиметься для балансування пікових потужностей у період з 17:00 до 22:00.

Розміри акумулятору визначається товщиною накопиченого в ньому льоду та необхідною загальною кількістю енергії, яку потрібно зберегти. Експериментальні дані [2] обґрунтовують максимально досягну товщину льоду в акумуляторі з накопиченням останнього на теплообмінній циліндричній поверхні: так за температури кипіння -5 °С можливо досягти 12 мм, за температури кипіння -20 °С – 18 мм.

Враховуючи, що вартість реалізації СЕС на 240 кВт становитиме 4,2 млн. грн. при розрахунковій генерації в 241 518 кВт\*год./рік та середньозваженій ціни 6,1 грн./кВт\*год., економія спожитої електричної енергії становитиме 1 473 260 грн./рік, що забезпечує термін окупності СЕС до 3 років.

Використання льодоакумулятору разом із сонячною електричною станцією на підприємствах молокопереробної промисловості дозволяє зменшити витрати на оплату спожитої електричної енергії холодильною установкою.

### **Література**

1. Електронний ресурс <https://www.csisolar.com/downloads>
2. Пилипенко О.Ю. Динаміка кристалізації льоду на вертикальних охолоджуваних трубах в елементах акумуляторів теплової енергії систем охолодження та кондиціонування повітря. Дисертація на здобуття наукового ступеню. НУХТ. Київ. 2012р.

УДК 697.91.94.97

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ В ХОЛОДИЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*Олійник І.В. магістр НТтаІМ ОНТУ, Одеса*

Ексергетичний метод термодинамічного аналізу є універсальним способом термодинамічного дослідження процесів перетворення енергії в будь-якій термомеханічній системі. Усі реальні процеси є необоротними, і необоротність є причиною зменшення досконалості процесу. Це відбувається не через втрати енергії, а через зниження її якості, оскільки в необоротних процесах енергія не зникає, а знецінюється. Так, наприклад, дроселювання робочої речовини не змінює його енергії (ентальпія в процесі не змінюється  $H_1 = H_2$ ), а зменшує її придатність до виконання роботи чи використання у нагрівальних потребах.

В ексергетичному методі термодинамічного аналізу термомеханічної системи кожний її елемент розглядають як самостійну термомеханічну систему. Ефективність перетворення енергії кожного елемента системи оцінюють порівнянням ексергії на вході та виході для цього елемента. Затрати ексергії в межах елемента системи враховують вплив як внутрішньої, так і зовнішньої необоротності. Таким чином, визначаючи деструкцію і втрати ексергії в кожному елементі досліджуваної системи, виявляють і якісно оцінюють причини недосконалості процесів, що проходять у ній. Це дає додаткову інформацію про можливість підвищення досконалості як елементів, так і системи загалом.

Необхідно зазначити, що в разі створення чи оптимізації термомеханічної системи на базі ексергетичного методу одержані результати принципово не відрізняються від інших класичних методів аналізу. Головне, що застосування ексергетичного методу є більш простим та універсальним шляхом вирішення проблеми.

Розглянемо деякі приклади визначення критеріїв ексергетичних перетворень для систем та камер.

Ексергетичну ефективність кондиціонування повітря в приміщенні (і літній період), схема якого зображена на рис. 1, визначають за формулою:

$$E_F = E_{Q_0} = \dot{Q}_0 \cdot \left( 1 - \frac{T_{н.с}}{T_{1а}} \right) \quad (1)$$

де  $Q_0$  – сумарний теплоприплив від навколишнього середовища та внутрішніх виділень теплоти, що відводиться в охолоджувачі повітря робочою речовиною холодильної машини.

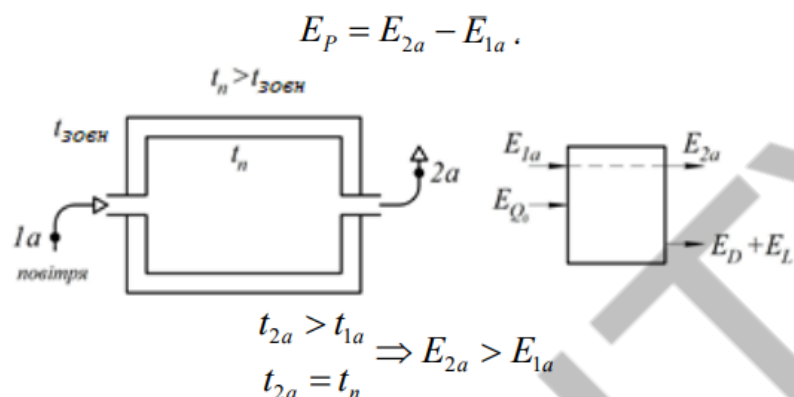


Рис. 1 – Схема ексергетичних перетворень кондиціонування повітря в приміщенні (в літній період)

Ексергетичну ефективність холодильної камери з охолоджувачем повітря, схема якого зображена на рис. 2, визначають за формулами:

$$E_F = E_{Q_0} = \dot{Q}_0 \cdot \left( 1 - \frac{T_{n.c}}{T_{1a}} \right)$$

$$E_p = E_{2x} - E_{1x}.$$

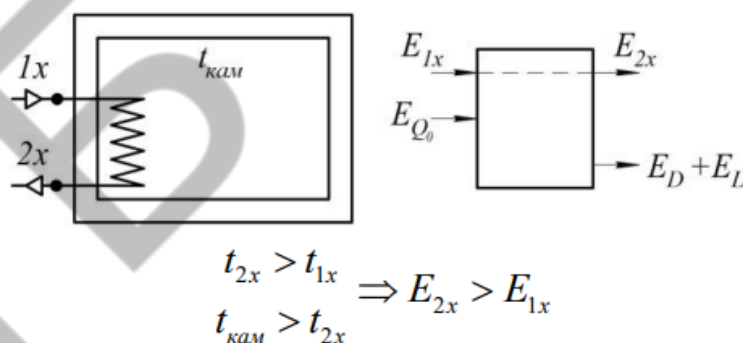


Рис. 2 – Схема ексергетичних перетворень у холодильній камері з охолоджувачем повітря

Ексергетичний ККД реальних установок, апаратів і систем найбільш правильно відображає ефективність процесів, що відбуваються і завжди знаходиться в межах  $0 < \eta_i < 1$ . Ексергетичний ККД може бути також визначений і через інтегральні показники, які відображені корисним ексергетичним ефектом і витраченою роботою. Так, якщо для

низькотемпературних (холодильних і криогенних) установок корисним ефектом є холодопродуктивність, то ексергетичний ККД визначається як

$$\eta = \frac{Q_o \cdot (\tau_q)_o}{N} \quad (2)$$

де  $Q_o$  - холодопродуктивність,  $(\tau_q)_o$  - коефіцієнт роботи здатності холоду;  $N$  - витрачена потужність.

**Висновки:** Незважаючи на зазначені переваги ексергетичного методу, він також пов'язаний із деякими обмеженнями:

– в умовах низькотемпературної техніки процеси супроводжуються зміною не ексергії, а енергії, і в реальних умовах відбувається умовне «накачування» енергетичних потоків ексергією. У результаті цього такий аналіз супроводжується допущеннями й довільністю вибору;

– ексергетичний метод, як і всі інші класичні методи, не враховує суспільно необхідних витрат, і передусім інвестиційних і тих, що пов'язані з експлуатацією елементів і системи загалом.

#### **Список використаної літератури:**

1. Методи термодинамічного аналізу термомеханічних систем: основи теорії, приклади та завдання : навчальний посібник / В. М. Арсенєв, С. О. Шарапов. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 322 с.
2. Навчальний посібник. Теплові насоси та кондиціонери. В.Р Нікульшин, В.В.Височин. 2014.

*Науковий керівник: Жихарєва Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ*

УДК 697.91.94.97

## **КОНДИЦІОНУВАННЯ В МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДАХ**

*Гітрук М.А. бакалавр НТтаІМ ОНТУ, Одеса*

Медичні заклади - це приміщення з великим скупченням хворих людей. Вимоги до якості повітря в ній підвищені. Без очищення повітря від мікробів і бактерій, є висока ймовірність захворювань персоналу та відвідувачів.

Системи обробки повітря дають можливість медпрацівникам трудитися в безпечних умовах та запобігають погіршенню стану пацієнтів

Системи кондиціонування і вентиляції повітря в приміщеннях лікувальних закладів забезпечують виконання вимог до мікроклімату, подачу в приміщення потрібної кількості зовнішнього повітря, необхідну чистоту повітря та видаляють шкідливі речовини.

Системи кондиціонування та вентиляції обов'язкові для палат спеціального призначення через специфічні умови праці та особливості пацієнтів.

У будівлі медичної спрямованості одночасно можуть функціонувати різні палати. Повітряні потоки з цих приміщень не повинні переміщуватися щоб уникнути поширення небезпечних інфекцій по території установи. З метою збереження умов стерильності система вентиляції лікарні встановлюється з дотриманням безлічі нормативів і відрізняється особливими характеристиками спеціального обладнання.

Проекти лікувальних установ будуються на принципі компактності, яким передбачається підвищення місткості за рахунок збільшення числа поверхів і площею будівлі. З урахуванням поверховості і обов'язковим поділом брудних і чистих зон, система вентиляції лікарень монтується з чітким дотриманням покладених на неї функцій:

- установка і підтримка оптимальних значень повітря – температури, руху повітряних мас, вологості;
- підтримання бактеріальної чистоти мікробіологічного складу поступаючих у приміщення повітряних мас;
- недопущення змішування потоків з чистих і брудних зон;
- ізолювання повітряного клімату окремих приміщень
- виведення запахів і зниження кількості статичної електрики, щоб уникнути вибухонебезпечності використовуваних в установі газів, що застосовуються в дезінфекції, наркозі та інших заходах.

Вентиляційне обладнання що використовується в медицині має відповідати нормам екологічної безпеки – забезпечувати фільтрацію викидів відпрацьованих мас. Поряд з основними завданнями, якісна вентиляція в лікарні відповідає нормативним значенням параметрів шуму і вібрацій.

Для забезпечення підтримки заданого рівня температурного режиму, стерильності, швидкості повітряних потоків і вологості в лікарнях передбачається монтаж припливно-витяжної вентиляції з обох зон – верхньої і нижньої. Це необхідно для дотримання мікроклімату в різних залах, кабінетах і відділеннях. Система виведення повітря будується з урахуванням таких особливостей:

- видалення відпрацьованих мас здійснюється через суміжні приміщення у напрямку до коридорів;
- біля входу в чисті зони передбачаються шлюзи з підпором повітря в 20-25%;
- поступаючі маси повітря повинні проходити триступеневу фільтрацію;
- над місцями розташування операційних столів додатково монтуються ламінарні розподільники повітря – вони кріпляться до стель і оснащуються НЕРА-фільтрами.

Досягти нормативних показників мікроклімату систем опалення та вентиляції лікарень дозволяє монтаж промислового вентиляційного устаткування. Їх підбір відбувається з урахуванням груп і класів приміщень, обов'язковим оснащенням основних і резервних установок.

До обладнання висуваються такі вимоги:

- забезпечення досягнення заданих параметрів мікроклімату;
- простота і зрозумілість управління системою;
- стійкість до впливу хімічних і дезінфікуючих засобів.

Проект повітряної вентиляції і кондиціонування повинен передбачати безперебійну подачу свіжих мас в приміщення і відведення відпрацьованого повітря, запобігати потраплянню брудних потоків в інші приміщення, зберігати стерильність особливих зон і не допускати скупчення і поширення хвороботворних мікроорганізмів. Дані вимоги особливо

актуальні для установ та палат вузької спеціалізації – пологових і операційних залів, відділень для новонароджених, інфекційних боксів, перев'язувальних та інших кабінетів.

*Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ*

УДК 697.91.94.97

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТЕРИЛЬНОСТІ В МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДАХ: ВАЖЛИВІСТЬ НЕРА-ФІЛЬТРІВ У СИСТЕМІ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

*Червоний А.О. бакалавр ОНТУ, Одеса*

Суворі санітарно-гігієнічні критерії та державні стандарти вимагають монтаж у медичних закладах складної тріступеневої системи вентиляції. Для неї потрібні повітряні фільтри з різним класом захисту для забезпечення повної стерильності атмосфери у приміщеннях. Для фінального очищення спеціалісти рекомендують НЕРА-фільтри, що гарантують повну безпеку пацієнтів від патогенних забруднень повітря.

### **Повітряні фільтри для медичних установ**

До всіх медичних закладів висуваються досить суворі вимоги. У тому числі до систем вентиляції, бо чисте повітря – це важливий фактор впливу на здоров'я людей. Медичні фільтри повинні відповідати всім державним нормативам та санітарним стандартам. Далеко не всі традиційні системи фільтрування повітря здатні забезпечити потрібну ступінь видалення пилу. Спеціалісти рекомендують використовувати НЕРА-фільтри для медичних установ, які гарантують рівень фільтрації повітря згідно з вимогами.

### **Ступені безпеки очищувачів**

Для медичних приміщень монтують тріступеневу систему фільтрації повітря, яка складається із звичайних та вугільних фільтрів, здатних вловлювати частки середнього розміру та НЕРА-фільтрів для максимально ефективного видалення небезпечних домішок та мікроорганізмів. За ступенем захисту розрізняють:

- G1, G2, G3, G4 – затримують грубі фракції;
- F5, F6, F7, F8, F9 – вловлюють пил середнього розміру, пилок рослин, сажу, дрібні волокна та ін.;
- НЕРА — H10, H11, H12, H13, H14 – видаляють тонкі забруднення з повітря та бактерії.

Незалежно від конструкції системи вентиляції вибирають фільтри трьох видів, які гарантують майже повну стерильність приміщень. Якщо сумлінно ставитись до підтримання правильного санітарно-гігієнічного режиму у закладі, фільтри будуть ефективно працювати довго. Комфортна система налаштування та керування вентиляційною системою, правильний монтаж фільтрів та їх якість гарантують здоров'я пацієнтів та медичного персоналу.

### **Чому саме НЕРА-фільтри**

Повітря можуть забруднювати тверді частки пилу, мікрокраплі вологи, різні мікроби, спори грибів та рослин, які здатні розмножуватись та зростати у підходящому середовищі. Вони особливо небезпечні в медичних приміщеннях, де можуть потрапити до відкритих ран

та спричинити велику небезпеку для життя хворих людей. Тому повітряні фільтри для медичних установ повинні уловлювати наймілкіші частки з повітря. Очищувачі HEPA вироблені з дрібною волокнистою мережі, яка затримує об'єкти розміром від 0,3 мкм (мікрона). Залежно від класу фільтра це дозволяє вловлювати від 85% до 99,995% шкідливих домішок у повітрі.

#### **Різновиди очищувачів HEPA**

Для системи вентиляції чистих приміщень медичного призначення зазвичай використовують фільтри HEPA трьох видів:

- компактні;
- панельні скловолоконні аерозольні очищувачі у металевій рамі, що не знімаються та монтуються з ущільненням;
- HОТ HEPA FILTER – особлива бактерицидна конструкція для лабораторій та операційних, здатна витримувати жар 150-400°.

У комбінації з фільтрами класу очистки F7, F9 та вугільними хепофільтрами, очищувачі HEPA забезпечують видалення 100% забруднень.

Розглянуті особливості фільтрації повітря в медичних закладах та проведені дослідження по ефективності фільтрації

*Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ*

**УДК 697.91.94.97**

## **ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В АПАРАТАХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН**

*Мойсєєв Є.О. бакалавр НТтаІМ ОНТУ, Одеса*

Значимість процесів тепломасообміну і для довкілля, і для техніки визначається тим, що властивості всіх тіл і середовищ істотним чином залежать від їх теплового стану. Процеси тепломасообміну є важливою, а часто основною стадією багатьох технологічних процесів, особливо в холодильній техніці, які застосовують практично в усіх галузях промисловості України.

Дисципліна тепломасообмін базується на дисциплінах: фізика, математика, термодинаміка, гідрогазодинаміка. Процеси тепломасообміну досить складні, тому їх математичний опис будується на основі спрощених моделей. Фактори, які є суттєвими для розробки моделей, визначаються експериментально.

Теорія тепломасообміну вивчає процеси перенесення теплоти і маси в суцільних середовищах: твердих тілах, рідинах і газах. Макроскопічні властивості суцільних середовищ визначаються рухом і взаємодією молекул і атомів. Процес перенесення (передачі) теплової енергії визначається рухом і взаємодією молекул і атомів. Процес перенесення (передачі) теплової енергії називається теплообміном, а процес переносу теплової енергії та маси – тепломасообміном. Рушійною силою процесів теплообміну є різниця температур, а масообміну – різниця концентрацій. Процес перенесення теплової енергії здійснюється шляхом теплопровідності, конвекції, радіації, а процес перенесення маси – переважно дифузією

Дослідження тепломасообміну безпосередньо в холодильній техніці виконується одним із принципів: методом математичного модулювання чи експериментальним методом.

Дослідження характеристик конвективної сушильної установки

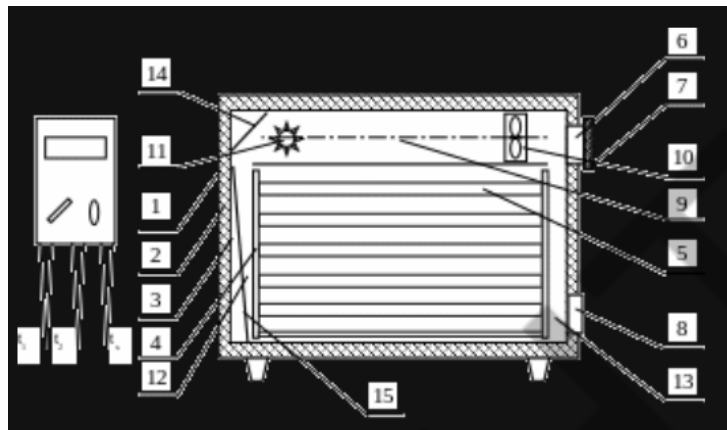


рис. 1 – Схема лабораторної установки

В теплоізолюваному корпусі 1 з відомою теплоізоляцією 2, який закривається герметичними дверима, розташована робоча камера 3, в яку вставляється стележ 4 з перфорованими піддонами 5. В корпусі виконані впускний отвір 6 з діафрагмою 7 і випускний отвір 8. У верхній частині корпусу над робочою камерою виконана камера підготовки сушильного агента 9, в якій розташовано вентилятор 10 і джерело теплоти 11. Проміжки між стінками робочої камери і стележем утворюють нагнітальний 12 і рециркуляційний 13 канали. В камері підготовки сушильного агента виконаний відбивальний екран 14, а по діагоналі нагнітального каналу встановлено розподільний екран 15, який із бічною стінкою стележа утворює повітряний клин для рівномірного розподілу повітря по піддонах на стележі.

За швидкістю виходу повітря через випускний клапан 8 визначають витрату повітря в сушарці. Знаючи температуру вхідного і вихідного повітря і його витрату визначають годинний приплив теплоти з вхідним повітрям і годинну втрату теплоти з вихідним повітрям. Зміною густини повітря в процесі його нагріву в сушарці нехтують.

За показаннями вольтметра і амперметра визначають потужність нагрівника сушарки в режимах “нагрів”, “вентиляція” і середню споживану потужність сушарки за годину.

За температурами корпусу сушарки і його геометричними розмірами визначають втрати теплоти через теплову ізоляцію і корпус сушарки.

За результатами досліджень і розрахунків складають повний тепловий баланс сушарки і визначають її ККД. Роблять обґрунтовані висновки.

Теорія подібності – це наука про подібність явищ. Вона використовується як спосіб узагальнення експериментальних результатів і як основа моделювання різноманітних пристроїв і обладнання. Теорія подібності бере свій початок із геометрії, де вивчається подібність різних геометричних фігур.

Диференціальні рівняння відбивають найбільш загальні риси явищ, але не враховують окремі особливості, до яких належать: форма і розміри системи, де здійснюється фізичний

процес; фізичні властивості робочих тіл; умови здійснення процесу на границях системи та інші. Окремі особливості явищ визначаються за допомогою умов однозначності, які містять:

- геометричні умови, які характеризують форму і розміри системи, де відбувається фізичний процес;
- фізичні умови, що характеризують властивості робочих тіл;
- початкові умови, які характеризують процес в початковий момент часу (для усталених процесів ці умови відпадають);
- граничні умови, які характеризують особливості здійснення процесу на границях системи.

*Науковий керівник: Жихарєва Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНТУ*



**УДК 621. 621.574**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОСУШЕННЯ В ЗЕРНОСХОВИЩАХ**

*Інженер Носенко О.М., аспірант ОНТУ Крушельницький Д.О.*

Наукові дослідження полягають в дослідженні та розробці тепловологісної обробки повітря зернових терміналів для зерна різних сортів для систем кондиціонування повітря , що включає розрахунок параметрів кондиціонування повітря методом сплайнів, розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції; розрахунок тепло-вологісного навантаження, підбір обладнання системи кондиціонування. Підібрати систему кондиціонування для зернових терміналів що дозволяє підтримувати параметри повітря.

Технологічні системи кондиціонування повітря зернових терміналів при збереженні зерна різних сортів призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам. Всі технологічні обладнання безліччю тепловиділяючого устаткування, мають щільні склопакети, що не пропускають свіже повітря в приміщення, а поверхні зовнішнього скління пропускають великі кількості сонячної енергії. Ці фактори можуть негативно відбитися на працездатності, самопочуття і навіть здоров'я людини при тривалому знаходженні в таких зернових терміналах.

### **Розглянуті методи осушення в зерноскладах**

Дослідження зернових терміналів при збереженні зерна різних сортів тепловологісної обробки повітря з використанням моделювання процесів охолодження для систем кондиціонування повітря

1. За даними досліджень розроблена модель розрахунку систем кондиціонування зернових терміналів, що включає розрахунок параметрів кондиціонування повітря методом сплайнів, розрахунок економічно-доцільної товщини ізоляції; розрахунок тепло-вологісного навантаження, підбір обладнання системи кондиціонування.

2. Використовуючи данні дослідження дозволило підібрати систему кондиціонування для зернових терміналів, що дозволяє підтримувати параметри повітря. У роботі показано дві принципіальні схеми подачі повітря зверху вниз та знизу вгору

3. За даною програмою розрахунку можливо визначити яке обладнання треба підібрати. Наприклад, визначити залежність величини тепло припливів та потужності повітрянагрівача (нагрів до 23 °C) від температури повітря, яке подається.

4. Показано що оптимальні результати дає сушка зерна теплим і, що дуже важливо, сухим повітрям. Перегрівши зерна при сушці (для різних культур - різні граничні температури близько 45 °C) призводить до погіршення якості клейковини аж до повної денатурації, а також до зниження активності ферментів. При сушці гігроскопічна вологість зерна має бути понижена з 18% більше до не більше 14% .

5. Сушка повинна проводитися в декілька прийомів, щоб в перервах волога перерозподілялася з внутрішніх частин зерен до зовнішньої поверхні, інакше поверхневі шари зерна розтріскуються, що призводить до погіршення сохранності, зниження виходу і якості готової продукції. Найбільш ефективним рішенням для сушки є використання заздалегідь підготовленого повітря з відносною вологістю не більше 2 з його підігріванням до 45 °C.

6. Встановлено також, що має ефект зниження добового споживання енергії та оцінка часу підготовки після функціонування в нічному режимі очікування систем забезпечення мікроклімату в приміщенні з зернових терміналів.

## **Список літератури**

1. Zhykharieva. N., Khmelniuk M. Thermo-economic approach to optimize air conditioning systems. // (2017) Refrigeration Science and Technology, 2017-September, pp. 258-264.
2. Kholodkov A., Osadchuk E., Titlov A., Boshkova I., Zhihareva N. Improving the energy efficiency of solar systems for obtaining water from atmospheric air // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774 – 2018 – № 3/8 ( 93 – P.41–51 UDC 621.575:620.91:662.997 DOI: 10.15587/1729-4061.2018.133643 Входить до БД Scopus .  
Особистий внесок: участь у аналізі систем, математичні дослідження.
3. Kogut V. Bushmanov V., Zhikhareva N. The filter on the basis of the ejector of the heat exchanger for purification of harmful substances from flue gases using heat exchanger as combustion gas filter // AIP Conference Proceedings 2285, 030087 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0026819> pp 0030081-030087 Входить до БД Scopus .
4. Жихарева Н.В. Хмельнюк М.Г, Важинський Д.І. Сучасні технології осушення повітря // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 3 (149). С.15–

*Науковий керівник Жихарева Н.В. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ*

**УДК 697.91.94.97**

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ: НОВІ ШЛЯХИ ОТРИМАННЯ ХОЛОДУ**

*Бороцький Ю.О. бакалавр ІХКЭ ОНТУ, Одеса*

В умовах прискорення науково-технічного прогресу завдання підвищення енергоефективності систем кондиціонування має важливе народногосподарське значення, оскільки її рішення, крім підвищення ефективності капітальних вкладень, забезпечує її енергозбереження, економію матеріалів, а також поліпшення умов праці людей і навколишнього середовища

Нами розглянуті питання кондиціонування повітря приміщень, деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання систем кондиціонування на основі енергетичних балансів теплофізичних процесів.

Основними цільовими напрямками вдосконалення багатозональних систем кондиціонування останнім часом є такі:

- підвищення комфорту мікроклімату об'єкта чистих приміщень, точність і надійність його забезпечення при цілорічній експлуатації;

- підвищення енергоефективності багатозональних систем за рахунок збільшення коефіцієнтів трансформації тепла;

- підвищення показників енергозбереження за рахунок рекуперації та акумуляції теплової енергії і постійного автоматичного оптимального управління режимами роботи, в залежності від сезонних параметрів зовнішнього повітря, сонячної радіації і геотермальних джерел тепла, а також внутрішніх нестационарних джерел теплоприпливів / тепловтрат і джерела зміни вологості внутрішнього повітря;

- зниження шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища; фільтрація приміщень

- вдосконалення основних агрегатів багатозональної системи кондиціонування повітря: компресора, вентилятора, рекуператора, теплообмінника,

- акумулятор теплоти з використанням тепла фазового переходу, системи управління;

- інтеграція багатозональних систем с, сонячними колекторами, системою припливно-витяжної вентиляції;

- розробка віддаленого управління і комп'ютерної системи централізованого управління, узгодженого в необхідних випадках з пріоритетом індивідуального управління.

З посиленням зусиль у боротьбі зі зміною клімату і розширенням усвідомлення про енергоефективність, сучасний світ спрямовує свою увагу на нетрадиційні методи отримання холоду. Нові технології не лише забезпечують необхідний комфорт, але й допомагають знижувати споживання енергії та негативний вплив на навколишнє середовище.

Одним з перспективних рішень у цій сфері є використання термоакустичних пристроїв для генерації холоду. Ця технологія базується на явищі термоакустичного ефекту, коли звукові хвилі генерують тепло. Застосовуючи цей принцип у зв'язку з використанням струму газу, можна створити ефективну систему охолодження без використання компресорів або холодильних рідин.

Ще однією перспективною альтернативою є технологія абсорбційного охолодження, яка використовує теплову енергію для створення холоду. У цьому процесі, теплова енергія використовується для розчинення абсорбційної речовини в розчиннику, що призводить до поглинання тепла та охолодження оточуючого середовища.

Новітні технології в сфері нетрадиційних методів отримання холоду відкривають нові можливості для енергоефективного та екологічно чистого охолодження. Вони дозволяють знижувати витрати енергії та забруднення довкілля, привносячи інноваційність у сучасне споживання холоду. За допомогою таких технологій, ми можемо крок за кроком наближатися до більш екологічно чистого майбутнього.

#### . Література

1. Жихарєва Н. В. Математичне моделювання нестационарного теплообміну приміщень]// Н. В. Жихарєва, М. Г. Хмельнюк / Холодильна техніка та технологія. 2016. – Том 52, випуск 6. – С. 75–79.
- 2 .Asheville, North Carolina: National Climatic Data Center, U.S. Department of Commerce. Test Reference Year (TRY), tape reference manual, TD9706. 1976, vol. 86
- 3 Asheville, North Carolina: National Climatic Data Center, U.S. Department vol. 50-100
- 4 ISO 159274:2005. Hygrothermal performance of buildings — Calculation and presentation of climatic data — Part 4: Hourly data for assessing the annual energy use for heating and cooling, 2005. vol. 50

УДК 697.91.94.97

### **ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ВИПАРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ**

*Горяченко Р.Р. магістр НТтаІМ, Одеса*

Випарне охолодження — технологічний процес, що використовує властивості води та її перехід із рідкого стану в пароподібний для ефективного охолодження атмосферного повітря. Цей спосіб використовується для зниження температури навколишнього середовища та забезпечення комфортних умов у кімнатах чи інших приміщеннях. Випарне охолодження є ефективним і енергоефективним методом регулювання температури у великих промислових, комерційних і житлових приміщеннях. [1]

Загальновідомо що в ізентальпійному процесі контакту повітря з водою відбувається не тільки зволоження, а й його охолодження. Крім того, ступінь охолодження ( $\Delta t$ ) зростає зі збільшенням психрометричної різниці температур між початковим і рівноважним станами. [1]

Випарне охолодження традиційно використовується в країнах із сухим і жарким кліматом через природний дисбаланс. За рахунок випаровувального ефекту (блискового випаровування) температура повітря знижується на двадцять (від 45 0С до 25 0С) і більше градусів. [1]

Теоретичною межею прямого випарного охолодження є температура змоченого термометра.

Якщо необхідна тільки термічна обробка повітря без зміни його вологості, то використовується схема непрямого випарного охолодження, при якій основний потік повітря проходить через закриті для води канали, стінки яких ззовні зрошуються водою,

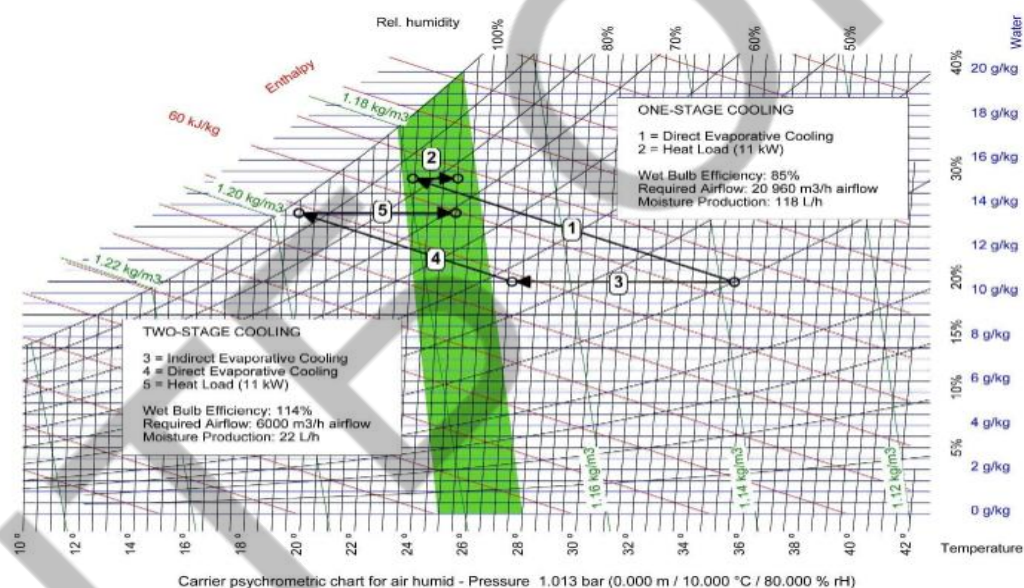
охолоджуваної, у свою чергу, шляхом випаровування у допоміжний повітряний потік. Основний потік охолоджується при теплопередачі через стінку (рис. 1б, 3). Таким чином, повітроохолоджувач непрямого випаровування являє собою комбінацію контактних і поверхневих блоків. Включаючи в контур підготовки повітря «пряму» і «непряму» секції, можна досягти більш глибокого охолодження - нижче  $t_m$ , а при багатоступінчастому (каскадному) контурі - стану, близького до точки роси ( $\tau$ ) (тобто К, рис. 2).

Рис.1. Основні схеми випарного охолодження повітря: а – прямий контакт повітря і води (прямий); б – схема непрямого випаровування (непряма); в – комбінована діаграма.

Рис.2. Інтерпретація процесів випарного охолодження повітря на d,h-діаграмі (позначення точок відповідають рис. 1).

Випарне охолодження ефективно працює не тільки в країнах з сухим і жарким кліматом, але і в регіонах з помірними температурами повітря. Застосовується в складі систем кондиціонування повітря в житлових і громадських будівлях, виробничих приміщеннях, в газотурбінних установках та інших об'єктах. Для цих цілей використовують зрошувальні камери з гідравлічними форсунками середнього або високого тиску і різними насадковими конструкціями [1]

В даний час в СКП комфортного призначення зрошувальні камери замінені приставними пристроями, які конструктивно нічим не відрізняються від розглянутих раніше приставних зволожувачів. Єдина відмінність полягає в тому, що в режимі випарного охолодження пристрої працюють з високими значеннями коефіцієнтів зрошення, і тільки в реверсивному циклі.



Графік 1. Одноступінчастий процес охолодження випаровуванням проти двоступінчастого процесу охолодження випаровуванням із зовнішнім повітрям при 35 °C і 30% відносної вологості

На графіку показано приклад одноступеневого процесу випарного охолодження проти двоступеневого процесу випарного охолодження з зовнішнім повітрям при 35 °C і 30% відносної вологості. Ми бачимо, що одноступінчастий процес охолодження випаровуванням створює повітря в приміщенні з вищим вмістом вологості, ніж двоступеневий процес охолодження випаровуванням (~80% проти ~69%). Крім того, ефективність за вологим термометром одностадійного процесу випарного охолодження нижча, ніж двоступеневого процесу випарного охолодження (85% проти 114%). Нарешті, потік повітря, необхідний для

досягнення тієї самої температури в приміщенні 25 °С при тому самому тепловому навантаженні (11 кВт), більш ніж у 3 рази вищий у разі одноступеневого випарного процесу охолодження (20 960 м<sup>3</sup>/год проти 6000 м<sup>3</sup>). /год). Це означає, що виробництво вологи в одностадійному процесі випарного охолодження більш ніж у 5 разів вище (118 л/год проти 22 л/год).

Список інформаційних джерел:

1. . A.I. Lipa "Air conditioning. Basics of the theory. Modern air treatment technologies." Odessa OSAR, BMB, 607 l..

2. <https://sciencenotes.org/evaporative-cooler-how-it-works-and-examples/>  
<https://sciencenotes.org/evaporative-cooler-how-it-works-and-examples/>

*Науковий керівник Жихарєва Н.В. к.т.н. доц кафедри ХУКП ОНТУ*



УДК 504.5, 005.8:502.171

**ПОКРАЩЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГІЄЮ ПРИ ВИКОРИСТАННІ  
СТАНДАРТУ ISO 50001 - СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО  
МЕНЕДЖМЕНТУ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ЦІЛЕЙ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ**

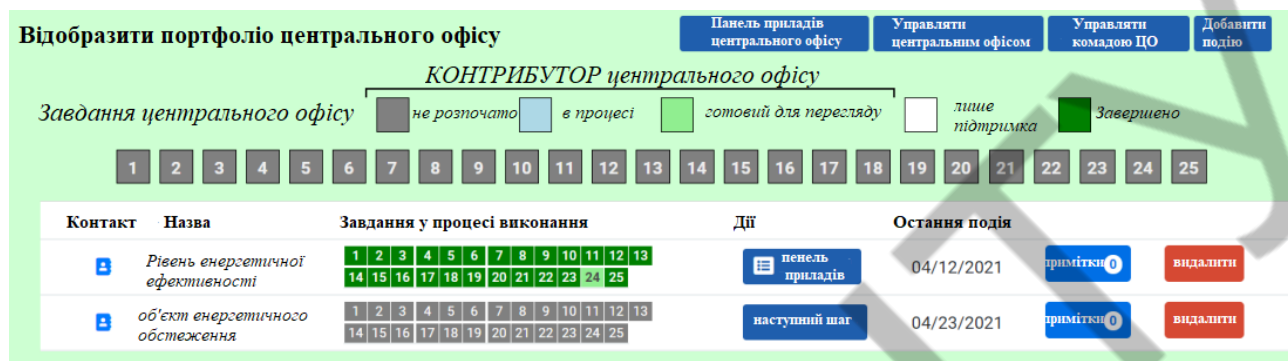
*Ялама В.В., Яковлева О.Ю., Трандафілов В.В., Хмельнюк М.Г.*

Орієнтований на сучасні дані та його адаптований характер стандарт ISO 50001 Система енергетичного менеджменту (СЕНМ) дає спроможність організаціям різних типів і масштабів адоптувати довгострокові переваги в енергоефективності проєктів та енергетичну політику компаній та отримати зниження витрат протягом тривалого часу. Завдяки 56 країнам, які зробили свій внесок у розвиток стандарту і сильному лідерству США (керували останніми змінами про декорбонізацію), ISO 50001 сприяє культурі гнучкості та адаптивності. Цей стандарт на основі даних (сучасні світові тенденції у застосуванні новітніх технологій) сприяє економії енергії та витрат у різних секторах промисловості та його адаптації різних розмірах організацій.

Хоча стандарт ISO 50001 описує, що потрібно для сертифікованої системи енергоменеджменту, він не пропонує інструкцій щодо виконання. Саме тут вступає програма 50001 Ready [1], яка надає вимоги стандарту у 25 керованих кроків та пропонує вказівки щодо кожного запропонованого вимогу. Програма містить інформаційну панель для відстеження прогресу, що є необхідним аспектом, включаючи аркуші з підказками та файли для запису важливої інформації для можливості їх застосування при проведенні наступного енергетичного аудиту організації, та також масштаб, вказано межі та основні заяви про місію. Завдяки можливості керувати декількома об'єктами енергетичного аудиту, з центрального облікового запису, який відстежує головний офіс, саме комунікація між об'єктом енергетичного аудиту та основним офісом сприяє призначенню завдань, які можливо оптимізувати за вимогами замовника енергетичного аудиту та керуванні даними

**Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології», 16 по 17 квітня 2024 року**

при послідовному енергетичному менеджменту з метою безперервного підвищення енергетичної ефективності. По суті, це комплексна платформа, яка дозволяє керувати зусиллями з енергоменеджменту та послідовної декарбонізації енергетичних систем, сприяння обізнаності та співпраці між командами.



**Рис.1 Відображення портфоліо центрального офісу (ЦО)**

Source: 50001 Ready Navigator. Decarbonization Management Guidance, 2024

Розглянемо завдання, які задіяні у програмі. Хоча спочатку це може здатися надзвичайно важким, підхід передбачає навчання, яке проводиться протягом кількох місяців. При навчанні різні організації співпрацюють, включаючи до професійного тренінгу програми енергоефективності, що фінансуються відповідними підприємствами, для забезпечення повного розуміння та реалізації кожного завдання.

У контексті організації	Лідерство	Планування	Підтримка	Робота над операційними завданнями	Оцінка ефективності	Удосконалення
1. СЕМ та організація	4. Зобов'язання керівництва	7. Ризик успішності СЕМ	14. Компетентність та тренінг	17. Операційний контроль	20. Monitoring and measurement of the EnMS	24. Корегувальні дії
2. Люди та правові вимоги	5. Енергетична політика	8. Збір даних та аналіз	15. Обізнаність та спілкування	18. Розгляд енергії при проєктуванні	21. Моніторинг та вимірювання СЕМ	25. Постійне вдосконалення
3. Сфера застосування та межі	6. Енергетична команда та ресурси	9. Суттєве використання енергії	16. Документування СЕМ	19. Розгляд енергії під час закупівель	22. Внутрішній аудит	
		10. Можливості вдосконалення			23. Огляд керівництва	
		11. Показники енергоефективності та базові лінії				
		12. Цілі та завдання				
		13. Плани дій для постійного вдосконалення				

**Рис.2 Структура стандарту ISO 50001 та зміст 50001 Ready програми.**

Source: 50001 Ready Navigator

Така структурована взаємодія пропонує створення надійної системи енергетичного менеджменту за часом. Управління промислової ефективності та декарбонізації,

зосереджується на виробництві, тоді як Федеральна програма управління енергією обслуговує муніципальні підприємства.

Стандарт ISO 50001- СЕНМ є чудовою основою для організації ініціатив з декарбонізації. Він надає всеосяжну структуру, у яку можливо інтегрувати змінні, пов'язані зі сценарієм стійкого розвитку та декарбонізацією, поряд із традиційними методами управління енергією. Наприклад, при встановленні обсягу та меж, окрім споживання енергії на місці та витрат, також надана можливість включити інформацію щодо договорів закупівлі енергії з відновлюваних джерел. Керівні ресурси, які пропонуються програмою, як 50001 Ready, надають чіткі інструкції щодо того, як додати ці елементи до роботи системи управління, починаючи з вибору показників та закінчуючи моніторингом та документуванням процесу розробки. Такий підхід забезпечує сумісність з різними іншими програмами сталого розвитку, які увійшли в силу включаючи програму декарбонізації від Агенції охорони навколишнього середовища [2], проєкт розкриття вуглецю. Незалежно від того, чи вже є на підприємстві адаптовані системи ISO 9000 або 14000, чи дотримуються протоколи звітності про викиди парникових газів, таких як WRI або EPA чи Міжнародний стандарт інвентаризації та верифікації викидів парникових газів ISO 14064 [3], СЕНМ за стандартом ISO50001 легко інтегрується з існуючими рамками, усуваючи потребу в повторюваних звітах.

Стандарт ISO 50001 забезпечує організаціям різних типів і масштабів можливість отримання довгострокових переваг у сфері енергоефективності та зниження витрат завдяки своєму орієнтованому на сучасні дані та адаптованому характеру. Завдяки гнучкості та адаптивності, забезпеченим спільними зусиллями країн, які зробили вклад в розробку стандарту, він є потужним інструментом для організацій у всіх секторах економіки разом з програмою 50001 Ready. Його фокус на даних та адаптованість до різних масштабів організацій забезпечує ефективну реалізацію енергетичної політики та проєктів з енергоефективності, приводячи до стабільних та тривалих результатів.

### **Література**

1. “50001 Ready.” 2024 US Department of energy. Accessed April 8, 2024. <https://navigator.lbl.gov/decarbonization>.
2. “New Energy Efficiency Directive Published.” 2023. US Environmental Protection Agency Energy. Accessed April 2, 2024. [https://energy.ec.europa.eu/news/new-energy-efficiency-directive-published-2023-09-20\\_en](https://energy.ec.europa.eu/news/new-energy-efficiency-directive-published-2023-09-20_en).
3. Wintergreen, Jay, Tod Delaney First Environment, 91 Fulton Street, and N. J. 07005 Email: n.d. “ISO 14064, International Standard for GHG Emissions Inventories and Verification.” Epa.gov. Accessed April 8, 2024. <https://www3.epa.gov/ttnchie1/conference/ei16/session13/wintergreen.pdf>.

**УДК 697.91.94.97**

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

*Проценко В.В., магістрант ОНТУ.*

*Проценко О.В., магістрант ОНТУ*

Відомо, що виробництво харчової продукції пов'язане зі значними енергетичними затратами, а великі втрати рослинних продуктів приводять не тільки до недостатньої забезпеченості населення продовольством і його високих цін, а й до дефіциту непоновлюваних енергетичних ресурсів. Тому розвиток технології зберігання рослинної продукції є важливим завданням для держави.

Плоди та овочі після збору продовжують свою життєдіяльність, яка характеризується обміном речовин з навколишнім середовищем. У них протікають складні біохімічні процеси.

Життєдіяльність цих організмів проявляється диханням: при зберіганні продукція поглинає кисень і виділяє вуглекислий газ, водяні пари і інші продукти обміну речовин. Природно, що при диханні відбувається не тільки втрата вологи, яка визначає соковитість продукції, а й відбувається збіднення рослинної тканини поживними речовинами.

Математичний опис процесів тепло- і масообміну при зберіганні плодоовочевої продукції засноване на рівняннях теплового і масового балансу, для елементарного шару насипу продукції.

Виділивши по висоті штабеля елементарний горизонтальний шар висотою  $dx$ , складемо для нього рівняння теплового балансу (нехтуючи теплопритоками до бічної поверхні штабеля), що встановлює рівність між теплом, втраченим продукцією в цьому шарі в одиницю часу, і теплом, яке ввібрало повітря за той же час при безпосередньому збільшенні його температури і вмісту вологи.

На сучасних вітчизняних і зарубіжних камерах зберігання застосовується повітряна система охолодження, яка має безліч різновидів. Для повітряної системи характерна наявність повітроохолоджувача і системи розподілу повітря. Повітроохолоджувачі застосовуються різних конструкцій як з холодоносієм (вода, розсіл), так і безпосереднього випаровування (аміак, фреон).

Система розподілу повітря призначена для рівномірного омивання продуктів охолодженим повітрям при оптимальній швидкості.

При зберіганні продукції в тарі найбільш поширена так звана загальнообмінна вентиляція, при якій піддони ящиків чи ящики омиваються потоками повітря. Днища і стінки тари при застосуванні загальнообмінної вентиляції виготовляють ґратчастими, що дозволяє повітрю потрапляти в поверхневі шари продукції і інтенсифікує процеси тепломасообміну. Надзвичайно важливо так організувати вентилявання приміщень для зберігання, щоб кожен ящик, планшетний піддон, контейнер омивався потоком повітря. Якщо ця вимога не дотримується, продукція почне розігріватися і псуватися. Для того щоб повітря надходило з приміщення для зберігання всередину штабеля, необхідно тару встановлювати в ньому з проміжками і відповідним чином направляти потоки повітря.

Загальнообмінна вентиляція в приміщеннях зберігання примусова, часто її поєднують із штучним охолодженням повітря. Застосовують схеми з верхнім зосередженою та розсіяною подачею, в цих випадках в верхню зону приміщення подають холодне повітря.

При зосередженій подачі, повітря надходить в простір над штабелем у вигляді настилаючого струменя проходячи над штабелем, холодне повітря, яке має більшу масу опускається в проміжки між штабелем. Витяжку повітря встановлюють внизу. Іноді витяжку розташовують зверху, виходячи з того, що холодне припливне повітря, проходячи через щілини штабеля, нагрівається, підігрите повітря піднімається вгору і викидається з приміщення. У першому випадку вентиляція працює за схемою «зверху-вниз», у другому - за схемою «зверху-вгору». У схемах «згори-вниз» з успіхом застосовують системи вентиляції з зосередженою подачею і витяжкою. При схемах «згори-вгору» більш доцільні розосереджені приплив і витяжка, коли використовують повітропроводи з щільними отворами для подачі та відведення повітря. Верхню роздачу використовують, як правило, при штучному охолодженні повітря, коли в приміщеннях зберігання встановлюють підвісні або постаментні охолоджувачі повітря.

При охолодженні приміщень зберігання холодним зовнішнім повітрям його краще подавати в нижню частину штабеля по підпільним або підвісним повітропроводами. У другому випадку в штабель в залишені при його формуванні колодязі вводять «опуски». Випробування такої системи, проведене в сховищі, в Мінську при зберіганні картоплі, показало її високу ефективність. Однак застосування «опусків» зменшує місткість приміщення через необхідність залишати в штабелі колодязі.

У Голландії, Німеччині та деяких інших країнах випробовували системи вентиляції, при яких забезпечується активне вентилявання продукції, яка зберігається в контейнерах. Контейнери в цьому випадку мали суцільні вертикальні стінки і загразоване днище. Повітря в них подають по системі підпільних або підлогових повітропроводів, на випускні отвори яких встановлюють контейнери.

У ряді випадків систему вентиляційних каналів розміщують в стінах, при цьому повітря подають в контейнери через бічні отвори, стінки в контейнерах суцільні; подвійне днище суцільне і загразоване.

За даними італійського вченого Л.Маштароло в промислово розвинених країнах витрати енергії на виробництво харчових продуктів з енергетичною цінністю 1кДж складають в середньому 10 кДж. Отже, допускаючи понаднормові втрати сільськогосподарської продукції від технологічної недосконалості її зберігання, ми наносимо величезної за енергоємністю шкоди господарському механізму країни.

Не виключено і більшість з холодильних технологій. Однак деякі з них, наприклад, технології зберігання рослинних продуктів з максимальним використанням природного холоду, можуть бути класифіковані як ресурсозберігаючі з надзвичайно високим рівнем ефективності захисту від енергетичних і екологічних втрат. В першу чергу, це відноситься до застосування природного холоду в системах охолодження в плодоовочесховищах.

Використання природного холоду залежить від географічного розташування сховища, тому при виконанні роботи були вирішені наступні питання:

- а) певні кліматичні особливості району;
- б) обґрунтовані норми питомої витрати повітря, для вентиляції та коефіцієнти робочого часу вентиляторів в залежності від кліматичної зони і виду продукту;
- в) розрахована тривалість охолодження різних видів продуктів при даних значеннях питомої витрати повітря;
- г) обґрунтовані системи розподілу повітря, які забезпечують мінімальний підігрів повітря в магістральних і розподільних каналах;

д) оптимізовані значення питомої поверхні зовнішніх огорожень сховищ.

Результати розрахунків, з урахуванням економічних і технологічних показників, дозволили визначити кліматичні зони України, які найбільш придатні для зберігання різних видів рослинних продуктів при повному або максимально допустимому використанні природного холоду.

Встановлено, що найбільш ефективною системою охолодження при застосуванні природного холоду є система активного вентилявання. При проектуванні таких систем доцільно віддавати перевагу використанню наземних повітророзподільних каналів, які знаходяться безпосередньо в насипу продукту, а в разі необхідності використання каналів розташованих під підлогою, передбачати в них зволоження повітря для усунення підігріву повітря від ґрунту.

При розробці проектів плодоовочесховищ з використанням природного холоду слід враховувати, що питомі тепловтрати через огороження сховищ взимку можна порівняти з питомою теплотою дихання продукту. Тому при розробці ефективних систем інженерного забезпечення зберігання рослинних продуктів необхідно передбачити захист штабелів, які розташовані біля зовнішніх стін, від підмерзання шляхом використання фізіологічної теплоти, яка повинна відводитися.

Принцип роботи системи активного вентилявання полягає в тому, що повітря, оброблене в повітроохолоджувачі (в разі штучного охолодження), вентиляторами подається в систему повітропроводів, виконаних у вигляді каналів в підлозі, що мають решітки, на які вантажиться картопля або інші овочі насипом або укладеними в контейнери.

Підігріте повітря надходить на повітроохолоджувач для повторної циркуляції. При зберіганні фруктів системи активного вентилявання не застосовувалися, хоча така система має безсумнівні переваги перед природною і вимушеною циркуляцією повітря. Вирішальними з них є, по-перше, можливість створення і підтримки оптимальних умов зберігання по всьому об'єму штабеля і скорочення втрат продукції від гниття до мінімуму; по-друге, зниження вартості будівництва фруктосховища в розрахунку на 1 тону ємності внаслідок збільшення висоти завантаження і кращого використання ємності камери.

**Висновок:**

Використання сучасних технологій виробництва та зберігання має позитивний вплив на екологію на економіку країни: по-перше, скорочення енергетичних затрат, по-друге зменшення відходів виробництва. Це надає перспективи для розвитку.

Список використаних джерел

1. Жадан В.З. Теоретичні основи кондиціонування повітря при зберіганні соковитої рослинної сировини.-М.: Харчова промисловість, 972. - 154
2. Беспалов І.М., Дідик М.М., Шепель С.В. Шляхи енергозбереження при зберіганні рослинних продуктів. Ресурсозберігаючі технології при зберіганні і переробці сільськогосподарської продукції. - Росія, Орел: Видавництво ОрелГАУ. - 2002. - С.43-46.
3. Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г. Підвищення ефективності системи охолодження плодоовочесховищ. - Вісник міжнародної академії холоду 2013. - Вип 4 - с. 16 -20
4. Жихарева, Н.В. Математична модель процесів зберігання плодоовочевої продукції - «Харчова наука і технологія» - 2013. - № 4 (25) - С. 107-111.
5. Жихарева, Н.В. Хмельнюк М.Г. Оцінка енергетичної ефективності системи охолодження плодоовочесховищ. - холодильна техніка 2015. - Вип 4 - С. 53-57

*Наукові керівники доц. Жихарева Н.В., доц. Козут В.О.*

УДК 697.91.94.97

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ БОМБОСХОВИЩ ДОБОВОМУ ТА РІЧНОГО ЦИКЛУ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ КОНДИЦІОНУВАННІ**

*Гладкий А.С. магістрант ІХКЭ ОНТУ, Одеса  
Федотов Ю.О. магістрант ІХКЭ ОНТУ, Одеса*

В умовах прискорення науково-технічного прогресу завдання підвищення енергоефективності систем кондиціонування має важливе народногосподарське значення, оскільки її рішення, крім підвищення ефективності капітальних вкладень, забезпечує її енергозбереження, економію матеріалів.

Нами розглянуті питання проектування систем кондиціонування бомбосховищ, деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання систем кондиціонування на основі енергетичних балансів теплофізичних процесів.

Основними цільовими напрямками вдосконалення систем кондиціонування бомбосховищ останнім часом є такі:

- підвищення комфорту мікроклімату об'єкта чистих приміщень, точність і надійність його забезпечення при цілорічній експлуатації;
- підвищення енергоефективності багатозональних систем за рахунок збільшення коефіцієнтів трансформації тепла;
- підвищення показників енергозбереження за рахунок рекуперації та акумуляції теплової енергії і постійного автоматичного оптимального управління режимами роботи, в залежності від сезонних параметрів зовнішнього повітря, сонячної радіації і геотермальних джерел тепла, а також внутрішніх нестационарних джерел теплоприпливів / тепловтрат і джерела зміни вологості внутрішнього повітря;
- зниження шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища; фільтрація приміщень
- вдосконалення основних агрегатів багатозональної системи кондиціонування повітря: компресора, вентилятора, рекуператора, теплообмінника,
- акумулятор теплоти з використанням тепла фазового переходу, системи управління;
- розробка віддаленого управління і комп'ютерної системи централізованого управління, узгодженого в необхідних випадках з пріоритетом індивідуального управління.

Розглянемо систему кондиціонування повітря методом математичного моделювання який ґрунтується на тім, що реальні процеси, що протікають в об'єкті моделювання й характеризують його властивості, представляються як сполучення деяких елементарних процесів, які підлягають закономірностям та їх можливо описати певними математичними співвідношеннями.

Розгляд елементарних процесів, їх вивчення, опис мовою математики, тобто у формі тих або інших рівнянь, дає можливість при об'єднанні цих рівнянь у систему одержати математичний опис усього досліджуваного об'єкта, тобто створити його математичну модель.

Математичні моделі є моделями неповної аналогії, що відбивають найбільш важливі властивості об'єкта моделювання. У той же час вони відрізняються достатньою спільністю, описуючи цілий клас досліджуваних явищ. Створення математичних моделей не вимагає значних матеріальних витрат, а моделювання за допомогою сучасних обчислювальних засобів здійснюється в порівняно короткий час.

Математичне моделювання стає особливо доцільним, коли мова заходить про розробку дорогих об'єктів, наприклад великих СКП і визначенні режиму їхньої експлуатації.

Методи математичного моделювання дозволяють об'єктивно розглянути й зіставити багато різних варіантів і вибрати найбільш доцільний, у той час як у реальних умовах проектувальник здатний проробити 2-3 варіанта рішення, які неминуче будуть носити деяку печатку суб'єктивізму.

Математична постановка задач при проектуванні СКП містить у собі наступні основні етапи: підготовка технологічних і економічних даних для статичної обробки; побудова математичних моделей процесів і систем з визначенням коефіцієнтів кореляції функцій і основних технологічних і конструктивних параметрів; вибір методу моделювання; складання програми розрахунку й реалізація рішення задач на ЕОМ.

Розглянули питання про необхідний температурний режим і рівні вологості для бомбосховищ. Зі сказаного можна зробити висновок, що для досягнення потрібного рівня потрібно проводити фільтрацію повітря для чистих приміщень, як одне з основних вимог для організації необхідних умов.

Особливістю проектування СКП бомбосховищ є Фільтрація повітря - дуже важливий етап забезпечення чистих приміщень, їх класу, тому її проектування і забезпечення необхідно продумати заздалегідь і надати професіоналам.

Для якісного очищення повітря в приміщенні застосовується три рівня його фільтрації:

Для скорочення витрат на електроенергію можна зменшити використання повітря в той час, коли не ведуться роботи тому розроблена модель. Однак при відключенні системи важливо брати до уваги той факт, що виникає небезпека забруднення чистого приміщення до неприпустимого рівня.

Важливо встановлювати стаціонарні фільтри вже після проведення всіх монтажних робіт. При необхідності на період виконання робіт, а також приймання приміщення використовувати «непридатні» фільтри, призначені дл

У даній роботі визначені шляхи підвищення ефективності систем кондиціонування повітря бомбосховищ та за розробленою методикою підібране кліматичне обладнання з урахуванням цільової функція спільної оптимізації сумарної величини капітальних і експлуатаційних витрат на тепловий захист приміщень і кліматичне енергозберігаюче обладнання протягом терміну їх експлуатації в добовому та річному циклі..

#### **Перелік інформаційних джерел**

1. Жихарева Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування повітря[Текст] / Н.В.Жихарева // -Одесса: «ТЭС», 2016. – 171 с.

2. Жихарева, Н. В. Інноваційні технології кондиціювання повітря в нестационарних умовах монографія / Н. В. Жихарева ; Одес. нац. технол. ун-т, Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ТЕС, 2022. — 264 с.
3. Лотошинська Н. Д. Технології 3D-моделювання в програмному середовищі 3ds Max з дисципліни "3D-Графіка" [Текст] : навч. посіб. / Н. Д. Лотошинська, І. В. Ізонін ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2020. — 216 с. :
4. Zhang Q. Development of typical year weather data for Chinese locations. [Tekst] // Q.Zhang, J.Huang, S. Lang / ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 108.

*Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНТУ*

---

**УДК 697.91.94.97**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СУДНОВИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

*Гончаров І.О, магістрант ОНТУ, Мовчан Д.М. магістрант ОНТУ,*

Задача економії електроенергії і водних ресурсів, яка стоїть перед промисловістю будь-якої країни, актуальна і для виробництва холоду. Одним з шляхів зниження енергетичних витрат являється оптимізація режимів роботи суднової холодильної установки, внаслідок чого змінюється послідовність обробки повітря в центральному кондиціонері залежно від значень параметрів зовнішнього повітря і повітря в обслуговуваних системою приміщеннях. При сучасних масштабах вживання холодильної техніки в судових системах навіть невелике скорочення капітальних витрат або підвищення енергетичної ефективності холодильних систем може дати істотний по абсолютній величині економічний ефект.

Скорочення витрат електроенергії і води, що охолоджує, може бути досягнуто як модернізацією устаткування, так і оптимізацією режиму роботи холодильної установки, укомплектованої серійним устаткуванням. Таким чином, ефективність холодильної машини або установки може бути підвищена як шляхом вдосконалення процесів, що відбуваються в її окремих елементах, так і вибором найбільш раціональних режимних параметрів. Перший з цих режимів вивчений детальніше, другою вивчений менше, хоча саме він вельми перспективний і може привести до істотного економічного ефекту.

Оптимізація режиму роботи холодильної установки базується на конкуруючих властивостях системи. Збільшення температурних натисків в теплообмінних апаратах приводить до скорочення капітальних витрат і одночасного збільшення витрати енергії, тобто до збільшення змінної частини експлуатаційних витрат, і навпаки. Такий характер закономірностей дозволяє знайти найбільш доцільне поєднання капітальних і експлуатаційних витрат. При цьому загальний економічний ефект від оптимізації режиму роботи холодильного устаткування повинен оцінюватися величиною, що враховує як капітальні, так і експлуатаційні витрати.

Для оптимізації таких складних систем, як холодильні установки, можна використовувати термoeкономічний метод [1]. Головна ідея методу полягає в побудові термо-економічної моделі, що дозволяє представити замкнуту схему холодильної установки із зворотними

зв'язками у вигляді ланцюжка окремих зон або розгалуженого ланцюжка, що значно спрощує розрахунки.

Термoeкономiчна модель холодильної установки вiдображає змiни i перетворення основного потоку ексергiї, що забезпечує здобуття кiнцевого ефекту. Вона змальовує будь-яку холодильну установку у виглядi послiдовних сполучених зон, в яких вiдбувається дисипацiя енергiї. Ця iдея з успiхом була реалiзована в роботах В.В.Оносовського для рiзних холодильних машин i установок в iх стацiонарному i динамiчному режимах роботи.

В теперiшнiй час ексергетичний метод широко використовується для визначення термодинамiчної досконалостi процесiв, що протiкають в рiзних енергетичних установках. Застосування ексергетичного аналізу дозволяє вибрати енергетично ефективну систему органiзацiї роботи судової холодильної установки шляхом технiко-термодинамiчного порiвняння рiзних варiантiв з подальшою оптимiзацiєю режиму роботи. Мета ексергетичного аналізу - оцiнка ефективностi агрегатiв (тепломасообмiнних апаратiв, компресора, насосiв, вентилятора, парового зволожувача) на основi визначення ексергетичного к.к.д. На основi вiдомих параметрiв розроблена термодинамiчна модель судової холодильної установки.

При використаннi термoeкономiчного методу аналізуються змiни, що вiдбуваються з основним потоком ексергiї. При цьому розглядаються затрати ексергiї, що виникають при перетвореннi енергiї в елементах установки, а також економiчні витрати, пов'язанi з створенням i експлуатацiєю вiдповiдних елементiв установки. Витрати ексергiї приводять до вiдповiдних економiчних витрат, тому цiна одиницi ексергiї зростає при перемiщеннi потоку ексергiї вiд точки введення до здобуття кiнцевого ефекту. Для оптимiзацiї системи потрiбно знайти умови, що забезпечують мiнiмальну цiну одиницi ексергетичної продуктивностi.

Для вирiшення цього завдання розроблена математична модель даної установки, побудована з врахуванням вимог термoeкономiки i адекватна реальнiй технологiчнiй схемi холодильної установки.

При побудовi термoeкономiчної моделi прийнятi такi допущення:

- не враховується падiння тиску в трубопроводах i тепло припливи до них;
- не враховуються втрати тепла в довкiлля, що вiдбувається через корпус компресора i кожух теплообмiнних апаратiв;
- допускається, що змiни теплопередаючої поверхнi апаратiв i описуваного об'єму компресора унаслідок оптимiзацiї режиму роботи установки не викличе змiни вартостi будiвлi машинного вiддiлення, а також чисельностi i фонду заробiтної плати обслуговуючого персоналу;
- перегрiв всмоктуваної в компресор пари i охолодження рiдкого робочого тiла заданих.

. Принципова схема установки приведена на рис.1, - це одноступiнчатa холодильна установка безпосереднього випару з оборотною системою забезпечення, з використанням парового зволожувача

. Для оцiнки змiн, що вiдбуваються в установцi, використовуємо ексергiю речовини, тобто максимальну роботу, яка може бути виконана в процесi, в кiнцi якого речовина приходить в стан термодинамiчної рiвноваги з довкiллям.

Методика мiнiмiзацiї величини приведених витрат (ПВ) iстотно залежить вiд мiри складностi холодильної установки. Установки, що використовують промiжний теплоносiй, як правило,

описуються в процесі оптимізації великою кількістю незалежних параметрів (наприклад, тепловими натисками і перепадами температур в пристроях, що охолоджують

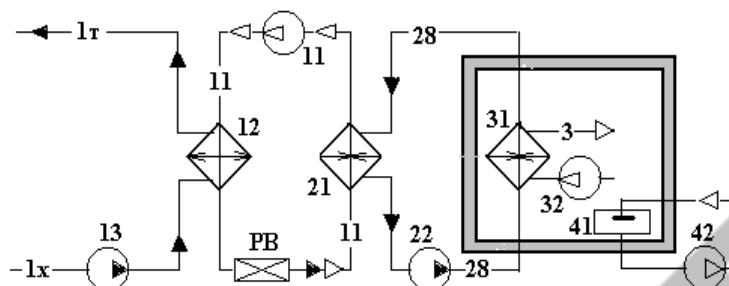


Рис. 1. Функціональна схема одноступенчатої  
холодильної установки

За результатами рішення визначений оптимальний режим роботи холодильної установки, який забезпечує мінімум приведених витрат. Оптимізація режиму роботи обладнання холодильної установки дозволяє скоротити змінну частину витрат приблизно на 9-12 %, що при тривалій експлуатації обладнання дає значну економію. По визначених таким чином значеннях температурних напорів і перепадам температур середовищ, що охолоджують і охолоджуваних, можна розрахувати величини теплопередаючих поверхонь теплообмінних апаратів і описаного об'єму компресора, що забезпечують оптимальний режим роботи холодильної установки.

#### **Література**

1. Жихарєва, Н. В. Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестационарних умовах монографія / Н. В. Жихарєва ; Одес. нац. технол. ун-т, Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ТЕС, 2022. — 264 с.
2. Zhang Q. Development of typical year weather data for Chinese locations. [Tekst] // Q. Zhang, J. Huang, S. Lang / ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 10

УДК 697.91.94.97

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ ЦЕХУ СИНТЕЗУ АМІАКУ АТ «ОДЕСЬКИЙ ПРИПОРТОВИЙ ЗАВОД»**

*Денис БАБАЛИК - здобувач освіти ВСП «ОТФК ОНТУ»,*

*Кирило ТКАЧЕНКО - здобувач освіти ВСП «ОТФК ОНТУ»*

*Наукові керівники:*

*Ірина БЕРКАНЬ - викладач-методист, ВСП «ОТФК ОНТУ»,*

*Ігор БЕРКАНЬ - викладач ВСП «ОТФК ОНТУ».*

У відповідності до технічного завдання на проектування в приміщеннях центрального пульта управління ( ЦПУ) цеху синтезу аміаку АТ «Одеський припортовий завод» була запланована і реалізована модернізація системи кондиціонування і вентиляції повітря. В

**Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти «Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології», 16 по 17 квітня 2024 року**

переліку вихідних даних: габаритні розміри приміщення ЦПУ, кабінету начальника зміни, контролерної; характеристики будівельних конструкцій стін, вікон; дверей; описання системи освітлення; електрична потужність обладнання пульта управління у тому числі UPS. Параметри внутрішнього повітря:  $t_{в} = 20 \div 25$  °С,  $\psi = 40 \div 60\%$ ; персонал - 4 оператори, 1 –начальник зміни.

Заміні підлягає кондиціонер фірми «Dakin» RY125B7W15 2004 року, робоче тіло – R22.

Таблиця 1. Технічні характеристики кондиціонеру фірми «Dakin» RY125B7W15

Зовнішні Блоки				RY125B7W1
Габаритні розміри	Блок	В	мм	1215
		Ш	мм	830
		Г	мм	320
Маса			кг	102
Матеріал	Блок			Фарбована оцинкована листовая сталь
Колір	Блок			Біла слонова кістка
Рівень шуму	Звуковий тиск (1)	Висока швидкість	ДБ(А)	52/54
	Звукова потужність (2)		ДБ(А)	64/-
Вентилятор	Витрата повітря		м3/хв.	91/82
	Швидкість обертання	Ступені		3 ступені
	Тип			Несиметричні жалюзі з пластинчастим, ребра
	Кількість X модель			2x P47L11S
	Кількість x потужність електродвигуна		Вт	1x(80 + 85)
Теплообмінник	Тип			Несиметричні жалюзі з пластинчастим оребренням та охолоджуюча Ні-ХА трубка 8 мм.
	Число рядів x кількість секцій x крок реберця			2x54x2,0
	Площа прохідного перерізу		м2	1,022
Холодоагент	Марка			R - 22
	Заправна маса		кг	3,0
	Додаткова заправна маса		г/м	50
	Макс. довжина трубопроводу між блоками		м	30
	Максимальний перепад рівня між блоками		м	75 м > 50 г/м > 50 м
Компресор	Тип			Герметичний спірального типу
	Кількість x модель			1xJT160BC-YE
	Швидкість обертання		об/хв	-
	Тип олії			SUNISO 4GSDID-K

	Заправний обсяг олії	л	1,5
	Картерний нагрівач	Вт	33
Під'єднання труб	Рідина		9,5
	Газ		19,1
	Дренаж		26x3
Ізоляційний матеріал	Теплоізоляція	Труби рідкого та газоподібного холодоагенту	

Таблиця 2. Електричні характеристики кондиціонера фірми «Dakin»  
RY125B7W15

				RY125B7W1	
Сила струму	Номінальний робочий струм	Охолодження/нагрі в	A	«електричні параметри»	
	Максимальний робочий струм	Охолодження/нагрі в	A		
				RY125B7W1	
Електроживання				W1	
Номінальна напруга в розподільвач Ной мережі	Фази			3n -	
	Частота	Гц			5
	Напруга	В			400
	Коливання напруги	В			±10

Явні тепловиділення в приміщенні, величину яких асимілюють повітря з кондиціонеру, визначають за формулою:

$$Q^{\text{я}} = Q_{\text{люд}}^{\text{я}} + Q_{\text{оргтех}} + Q_{\text{сол}}^{\text{рад}} + Q_{\text{тепл}}, \text{ кВт}$$

$Q_{\text{люд}}^{\text{я}}$  – явні теплонадходження від людей;

$Q_{\text{оргтех}}$  – теплонадходження від електричного освітлення, оргтехніки та різних приладів у розрахунковому приміщенні (приймається згідно завдання);

$Q_{\text{сол}}^{\text{рад}}$  – теплонадходження від сонячної радіації крізь віконні отвори, зовнішні огорожувальні конструкції (стіни та покриття);

$Q_{\text{тепл}}$  – теплонадходження крізь зовнішні огорожувальні конструкції за рахунок теплопередачі (перепаду температури).

Розрахунок теплонадходжень сонячної радіації виконуємо за допомогою програми Sun Rad 2.0. Основні довідкові коефіцієнти необхідні при розрахунку теплонадходжень сонячної радіації наведені в Л.1

Таблиця 3. Зведені теплонадходження в приміщення цеху синтезу аміаку

№	Назва приміщень	Теплонадходження, Вт				
		Q <sub>оргтехн</sub> , Вт	Q <sub>чол<sup>я</sup></sub> , Вт	Q <sub>сонячрад</sub> , Вт	Q <sub>теплий</sub> , Вт	ΣQ <sub>явн,літо</sub> , Вт
1	ЦПУ	1620	384,5	16561	1599,8	20165,3
2	Контролерна	1264	192	338	607,9	2401,9
3	Кабінет нач. зміни	270	96,1	1329	127,2	1822,3
						24389,5

Відповідно розрахункам теплонадходжень до перерахованих приміщень приймаємо до складу вентиляційної установки кондиціонер фірми Cooper Hunter CM-IBD25NM. В якості робочої речовини R410A - суміш озонобезпечних ГФВ: R125 (CHF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>) - 50% і R32 (CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>) - 50%. Робота з R-410A передбачає використання синтетичної поліефірної оливи.

Таблиця 4. Технічні характеристики кондиціонеру фірми Cooper Hunter CM-IBD25NM

Модель	Тепловий насос		CM-IBD25NM	
Продуктивність	Холод		кВт	25
			ВТЦ/h	85303
	Тепло		кВт	28
			ВТЦ/h	95540
EER/COP				2.70/3,15
Джерело живлення			-380-615В/50Гц/3ф	
Споживаєма потужність	Холод		кВт	9,3
	Тепло		кВт	8,9
Споживаний струм	Холод		А	18,2
	Тепло		А	17,4
Об'єм заправки холодоагенту			кг	7,1
Тип холодоагенту			R410a	
Внутрішній блок	Об'єм потоку повітря		CFM	2590
			м3/год	4400
	Діапазон тиску	Номінально	Па	120
		Діапазон	Па	0-250
	Рівень звукового тиску		дБ (А)	54
	Нетто вага / Брутто вага		кг	99/154
Зовнішній блок		Рівень звукового тиску	дБ (А)	64
		Нетто вага / Брутто вага	кг	146/162
Підключення труб	Діаметр	Рідина	Дюйми (мм)	3/8` (9.52)
		Газ	Дюйми (мм)	7/8` (22)
	Мак. відстань	По висоті	м	40
		По довжині	м	70

**Висновок:**

Модернізація системи кондиціонування та вентиляції повітря в цеху синтезу аміаку АТ «Одеський припортовий завод» сприятиме збільшенню якості умов праці та управління виробництвом, що безперечно вплине на збільшення прибутковості і конкурентоспроможність підприємства. Отже, зважаючи на вимоги сучасного виробництва, нормативні і законодавчі акти у частині забезпечення санітарно-гігієнічних норм в приміщення центрального пульта управління, контролерної, кабінету начальника цеху інвестором модернізації системи кондиціонування і вентиляції повітря стало акціонерне товариство. Достатньо високі економічні показники ефективності нового обладнання є результатом обґрунтованого проектування з підбором високопродуктивного та високотехнологічного обладнання з більш економічними і екологічними характеристиками.

Література

1. Ісаєв В.Ф., Вишневська О.В., Підбір енергозберігаючого обладнання для офісної будівлі, Методичні рекомендації, кафедра Теплогазопостачання і вентиляція, Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, 2023
2. Zhykharieva. N., Khmelniuk M. Thermo-economic approach to optimize air conditioning systems. // (2017) Refrigeration Science and Technology, 2017-September, pp. 258-264. ISSN: 01511637, ISBN: 9782362150241
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27: 2010 Будівельна кліматологія
4. ДБН В.2.5. – 67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування

---

УДК 697.91.94.97

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ ПОВІТРЯ ПІ КОРПУСУ В ВСП "ОТФК ОНТУ"**

*Куриленко В.О., студент ВО «Магістр» ОНТУ, вул Дворянська, 1/3, Одеса, 65082, Україна  
Бригадир Л.Г., викладач ВСП «ОТФК ОНТУ», вул. Балківська, 54, Одеса, 65006, Україна,  
Жихарєва Н.В., к.т.н., доцент кафедри ХУ і КП ОНТУ, вул Дворянська, 1/3, Одеса, 65082,  
Україна*

[vovak11082001@gmail.com](mailto:vovak11082001@gmail.com)

Досліджуємо температуру зовнішнього повітря для теплого періоду року ("Б") температуру приймають рівною середній температурі найбільш холодної п'ятиденки в даному населеному пункті.

Згідно діючих в Україні будівельних норм і правил тривалість опалювального періоду визначається за кількістю днів зі стійкою середньодобовою температурою + 10°C і нижче.

Для м. Одеси температура зовнішнього повітря для холодної п'ятиденки дорівнює - 18 °C, для найбільш холодної доби - 26 °C, а тривалість опалювального періоду - 189 діб. Місто знаходиться в першій температурній зоні. Вологість - нормальна. Швидкість вітру - 3,6 м/с.

**Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року**

Аналогічно визначаємо кількість явного, прихованого і повного тепла, яка виділяється відвідувачами та робочим персоналом в інших приміщеннях. Результати розрахунків наведено в таблиці 2.1.

В даному дослідженні систем кондиціювання і вентиляції повітря 4 поверху (II) навчального корпусу Відокремленого структурного підрозділу «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету», м. Одеса.

Кліматичні умови міста Одеси, Приморського району:

- розрахункова температура зовнішнього повітря для вентиляції - 10°C;
- середня зовнішня температура - 15°C;
- Температура зимою -15°C;
- середня швидкість вітру 2,3 м/с;
- Середня вологість – 75%;

Таблиця 1 - Теплонадходження в приміщеннях будівлі

№ прим.	Найменування приміщення	Період року	Теплонадходження, кВт						
			Люди			Штучне °Світлення	Обладнання	Світлові проізи	Загальні явні
			Явне	Прихов.	Повне				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Коридор	ХПР	0,07	0,066	0,136	0,2	0,2	-	0,47
		ТПР	0,047	0,085	0,13	0,2	0,2	0	0,447
2	Сходова	ХПР	0	0	0	0,8	0,1	-	0,95
		ТПР	0	0	0	0,8	0,1	0	0,95
3	Сходова	ХПР	0	0	0	0,06	0	-	0,06
		ТПР	0	0	0	0,06	0	0	0,06
4	ауд. 434	ХПР	7,6	6,88	14,48	6,3	11	-	19,9
		ТПР	3,4	10,36	13,76	6,3	11	5	20,7
5	ауд. 435	ХПР	0,25	0,19	0,44	0,5	0	-	0,75
		ТПР	0,35	0,64	0,99	0,5	0	0	0,85
6	ауд. 437	ХПР	0,315	0,297	0,612	0,2	0,2	-	0,715
		ТПР	0,21	0,38	0,59	0,2	0,2	0	0,61
7	ауд. 438	ХПР	0,315	0,297	0,612	0,2	0,2	-	0,715
		ТПР	0,21	0,38	0,59	0,2	0,2	0	0,61
8	ауд. 440	ХПР	0,25	0,19	0,44	0,5	0	-	0,75
		ТПР	0,35	0,64	0,99	0,5	0	0	0,85
9	ауд. 441	ХПР	7,6	5,88	14,48	14,7	11	-	28,3
		ТПР	3,4	10,36	13,76	14,7	11	2	26,1
10	ауд. 442	ХПР	0,07	0,066	0,136	0,2	0,2	-	0,47
		ТПР	0,047	0,085	0,13	0,2	0,2	0	0,447
11	ауд. 443	ХПР	0,07	0,066	0,136	0,2	0	-	0,27

**Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року**

		ТПР	0,047	0,085	0,13	0,2	0	0	0,247
12	ауд. 444	ХПР	0,315	0,297	0,61	0,2	0	-	0,515
		ТПР	0,21	0,39	0,59	0,2	0	0	0,41
13	ауд. 445	ХПР	0	0	0	0,08	0,1	-	0,21
		ТПР	0	0	0	0,08	0,1	0	0,21
14	ауд. 446	ХПР	7,6	6,88	14,48	14,7	20	-	34,9
		ТПР	3,4	10,36	13,76	14,7	20	2	35,7
ВСЬОГО		ХПР							89,2
		ТПР							95,7

–тривалість опалювального сезону складає 150 днів;

–снігове та вітрове навантаження прийняті для першої кліматичної зони

Площа Всього II корпусу ВСП «ОТФК ОНТУ» - 2850,10 м<sup>2</sup>.

Площа 1 поверху – 719,20 м<sup>2</sup>;

Площа 2 поверху – 703,20 м<sup>2</sup>;

Площа 3 поверху – 712,10 м<sup>2</sup>;

Площа 4 поверху – 715,60 м<sup>2</sup>.

Технічні рішення, що прийняті в робочих кресленнях, відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічним, протипожежним та іншим чинним нормам та правилам та забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей експлуатацію об'єкта за умови дотримання передбачених робочими кресленнями заходів.

За тепловою потужністю приміщення будівлі відносяться до категорії приміщень з незначними надлишками явного тепла.

Економічні дослідження підтверджують, що системи кондиціонування і вентиляції повітря (II) навчального корпусу 4 поверху Відокремленого структурного підрозділу «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету», можна вважати економічно вигідним, доцільним, та обґрунтованим оскільки показники економічної ефективності є дуже привабливими: термін окупності капітальних витрат на будівництво складає близько півтора року.

Висновок: Високі економічні показники ефективності є результатом науково - обґрунтованого проектування з підбором високо продуктивного та економічного обладнання.

#### Список літератури

1. Пономарчук І. А. Вентиляція та кондиціонування повітря: Навчальний посібник / Пономарчук І. А., Волошин О. Б. - Вінниця: ВНТУ, 2004. 121 с.
2. Пономарчук І. А. Моделювання аеродинамічних процесів в ежекційному повітророзподільному пристрої / І. А. Пономарчук, Л. Д. Луценко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2012. - №2. - С. 107-109.
3. І.А. Пономарчук, Л.Д. Луценко. Порівняльний аналіз процесів зміни стану повітря в системах кондиціонування для теплого періоду. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, №2, 2013р., 119-123.



**УДК 697.91.94.97**

## **ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ В БАСЕЙНАХ**

*Шевченко М.О, бакалавр ОФТК, Псіліца Р.В. бакалавр ОНТУ,*

Система кондиціювання басейну є одним з центральних елементів будь-якої споруди басейну, будь це спортивний комплекс або невеликий приватний басейн. Довговічність споруди, надійність і максимальна можливість використання басейну залежить від того, наскільки грамотно пропрацювала вентиляція і кондиціювання басейну.

При проектуванні вентиляції і кондиціювання басейну важливим початковим елементом для будь-якого проєктанта є підвищена вологість. Для спортивних басейнів якнайкраща температура повітря 27-28 °С або трохи нижче. Такі рекомендації лікарів - підтримувати температуру повітря приблизно на 1 °С вище за температуру води. При такій різниці температур людям, які плавають в басейні, комфортно, а випаровування вологи мінімально.

Для підтримки комфортних умов і розумного рівня випаровування води вологість в приміщенні басейну повинна складати 50-60%. У закритих басейнах абсолютний вміст вологи в повітрі може на 3/4 перевищувати зміст вологи в звичайних приміщеннях, що кондиціонують. Проєктувальник повинен завжди враховувати це і прийняти заходи для зменшення конденсації вологи на поверхнях огорожуючих конструкцій.

Створення мікроклімату в приміщенні з басейном є одним з найбільш складних завдань при розробці і реалізації системи кондиціювання будинку.

Це обумовлено тим, що в приміщенні з басейном потрібно підтримувати постійну температуру повітря (зазвичай на 1-2 °С вище за температуру води в басейні), постійну відносну вологість 60±5%, швидкість повітря над басейном не більше 0,2 м/с і подачу свіжого повітря не менше 80 м<sup>3</sup>/год на того, що одного купається.

Крім того забезпеченість відсутності конденсату на стінах і вікнах має велике значення.

Запобігання випаданню конденсату на обгороджування за рахунок збільшення термічного опору стін і вікон.

Зменшення теплопроникності огорожень приміщення призводить одночасно до двох позитивних ефектів: зниженню витрат енергії підтримки заданої температури в приміщенні з басейном (температура 28 °С, що рекомендується) і запобігання випаданню конденсату на стеклах вікон і стінах при дотриманні відповідних тепловологісних параметрів повітря.

Додаткові витрати на збільшення термічного опору в зимовий час і зниження загальної пропускної спроможності сонячної радіації в літній час є важливими заходами енергозбереження і окупаються за короткий строк, як правило, не більше 2-3 років.

Дотримання режиму рекомендованої вологості має важливе значення для здоров'я людей і збереження устаткування і інтер'єру басейну.

Зниження вжитку енергії і запобігання випаданню конденсату на стінах і вікнах приміщення з басейном за рахунок осушення повітря вентиляцією.

У приміщенні з басейном потрібен особливий мікроклімат, що дозволяє людям відчувати себе комфортно. До найважливіших параметрів, що забезпечують комфорт в приміщенні з басейном, відноситься вологість повітря. Оптимальне значення відносної вологості повітря в приміщенні з басейном 60%. Таку відносну вологість можливо забезпечити, застосовуючи спеціальні осушувачі (наприклад, європейського лідера данської

фірми Dantherm). Для приватного басейну в приміщенні площею дзеркала води 30 м<sup>2</sup> необхідний осушувач CDP 125. Це дорогий агрегат, споживана потужність якого 3,2 кВт. Для 5-ти що купаються по нормі необхідно подавати не менше 400 м<sup>3</sup>/год свіжого повітря. У Прикладі 1 показано, що велику частину холодного періоду можна сушити повітря в приміщенні з басейном, використовуючи загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію, робота якої обумовлена необхідністю подачі свіжого повітря для дихання людей. Таким чином в холодний період можна, не включаючи спеціальний осушний агрегат, забезпечувати необхідну відносну вологість 60% за рахунок роботи припливно-витяжної вентиляції. Для кліматичних умов м. Одеси осушення можна виробляти до зовнішньої температури 19-22 °С. При вищих температурах зовнішнього повітря вступ вологи з припливним повітрям починає превалювати над кількістю вологи повітря, що видаляється витяжною вентиляцією. Це додаткова кількість вологи разом з вологою, що випаровується з дзеркала басейну, в цей період повинно видалятися спеціальним компресорно-конденсаційним осушувачем.

Для забезпечення підігрівання 400 м<sup>3</sup>/год свіжого припливного повітря при температурі -18 °С до температури на вході в приміщення 30 °С необхідний калорифер теплової потужністю 7,9 кВт. Всього потужність 2-х вентиляторів і електричного калорифера складе 8,2 кВт.

Економію енерговитрат можна отримати, використовуючи в припливно-витяжній вентиляції агрегат з рекуперацією тепла [1]. Необхідно відзначити, що при піковій різниці температур припливу і витягу в зимовий час більше 40 °С, а в літній час більше 8-10 °С і потужності, якою обмінюються потоки в зимовий час, більш 30-40 кВт - відповідає при параметрах температурної вологості потоків припливного і витяжного повітря близько 2500-3000 м<sup>3</sup>/год) раціонально використовувати рекуператор. Такі витрати повітря характерні навіть для середніх за площею приміщень з басейном.

Зниження добового вжитку енергії і оцінка часу підготовки після функціонування в нічному черговому режимі систем забезпечення мікроклімату в приміщенні з басейном.

Природно, що в черговому режимі слід витрачати менше енергії на освітлення приміщення з басейном і підтримку необхідної температури води в басейні [

Басейн використовується періодично, в неробочий час вологість і тепло як були, так і залишаються. На жаль, дуже рідко власники басейну користуються накриттям поверхні води спеціальним покриттям, що може значно знизити кількість випаровуваної вологи.

Постійна циркуляція повітря повинна підтримуватися 24 години в добу. У звичайному басейні досить вимкнути осушувач повітря всього на 20-30 хвилин, щоб відносна вологість зросла до 80-85%.

Щоб знизити енерговитрати, коли басейн порожній, можна припинити подачу свіжого повітря і здійснювати зниження вологості в режимі рециркуляції. Проте можна використовувати і зовнішнє повітря, якщо це дозволяє місцевий клімат і погода.

Вентиляції басейну потрібна для підтримки нормальних умов, для забезпечення асиміляції хімічних виділень з поверхні води, крім звичайних метаболічних виділень людини.

У воду басейну додаються хімікати в цілях забезпечення санітарно-гігієнічних вимог шляхом нейтралізації різних органічних речовин і мікроорганізмів, які залишаються від плавців. Ці хімікати можуть викликати забруднення повітря, а воно, у свою чергу, може сприяти різним роздратуванням у плавців.

Осушувачі повітря для басейнів відрізняються від стандартних кондиціонерів. Вони розробляються для видалення значно більшої кількості вологи з повітря. При цьому у

осушувачів повітря холодопродуктивність по явному теплу значно нижче, ніж у стандартних кондиціонерів, що серйозно впливає на габарити устаткування.

З урахуванням того, що кліматичне устаткування басейнів працює у важких атмосферних умовах по 24 години в добу сім днів в тиждень, воно потребує регулярного і професійного технічного обслуговування.

У басейнах широко використовуються осушувачі повітря конденсаційного типу. Вони спеціально розроблені для видалення великої кількості вологи, мають низьке значення чинника сухого тепла і використовують стандартний цикл холодильної машини.

У басейні відбувається постійний витік тепла: через стіни, потовк, з вентиляційним повітрям і внаслідок охолодження води при випаровуванні, тому необхідний постійний підігрів води і повітря. При цьому не має значення, який тип устаткування використовується для осушення повітря.

Нами розглянута особливість осушення повітря басейнів та можливість зниження споживання енергій вентиляційних агрегатів в басейнах на підігрівання і охолодження припливного повітря, а також показані способи оцінки витрати електричної енергії, споживаної електродвигунами вентиляторів при нестационарних навантаженнях.

#### **Інформаційні джерела**

1 Жихарева Н.В. Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестационарних умовах. Монографія Одеса, ТЕС. 2022. – 264 с.

2 Спосіб нагрівання повітря. Патент на винахід №u 121838 / Когут В.О., Бабой Є.О., Талибли Р.Е., Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Дорошенко О.В., Заявка №u 201907885 Публікація 27.07.2020 р , бюл. № 14.

**УДК 621.94**

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З ЗОНАЛЬНИ ОХОЛОДЖЕННЯМ**

*Тимошевський В.В. магістрант ОНТУ, Шварц І.О. магістрант ОНТУ*

Головне цільове призначення багатозональних систем кондиціонування повітря – підтримання заданих параметрів температури, вологості, швидкості та газового складу повітря з метою забезпечення комфортних умов у всьому об'ємі приміщення для мешкання людей. Особливістю цих систем є компенсація теплоприпливів, тепловтрат і вологи незалежно від зовнішніх та внутрішніх умов за рахунок подачі кондиціонованого повітря, а також поглинання шкідливих домішок і підтримання необхідної концентрації кисню.

Нами були розглянуті такі центральні багатозональні системи кондиціонування повітря:

- одноканальна з рециркуляцією та випускним повітророзподільником;
- двохканальна, яка являє собою сдвоєні одноканальні системи без додаткової обробки повітря
- двоканальна системи з ежекційними доводчиками-повітророзподільниками.

В результаті аналізу різних схем нами дана перевага двоканальній системі з ежекційними прямопливним доводчиками-повітророзподільниками. Особливостями схеми є відсутність у центральному кондиціонері другого ступеня нагрівача, тепловологісна обробка тільки зовнішнього повітря, використання розсільної системи охолодження повітроохолоджувача та наявність трубопроводів до теплообмінника, розташованого в корпусі довідників (рис.1) .

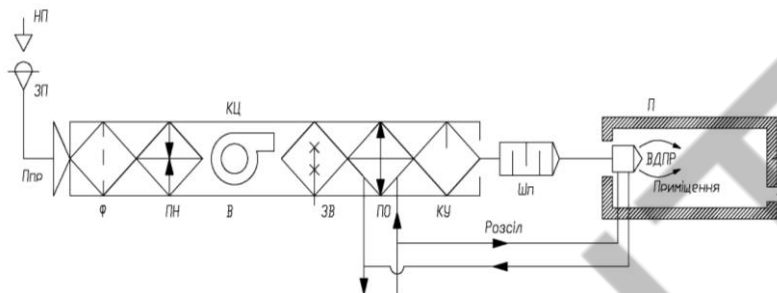


Рис.1. Схема одноканальної системи кондиціонування повітря з водяними ежекційними доводчиками-повітророзподільниками.

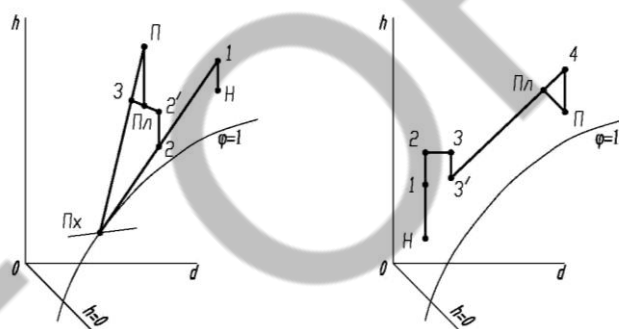


Рис. 2. Процеси обробки повітря в СКК з ВДПР на літньому (а) та зимовому (б) режимах на  $d, h$  – діаграмі вологого повітря.

На рис. 2, а показані процеси: Н-1 – підігрів повітря у вентиляторі; 1-2 – охолодження в ПО; 2-2' - підігрів у трубопроводах; П-3 – охолодження повітря з приміщення в ТО ВДПР; 3-Пл-2'-Пл – змішування повітря, охолодженого в ПО кондиціонера та охолодженого ежекційного з приміщення В; Пл-В – процес тепло- і волого асиміляції в приміщенні.

Побудувавши процеси обробки повітря проведені розрахунки – визначення загальної продуктивності  $G_{kd}$  кондиціонера, продуктивності вентиляторів та теплових навантажень на апарати кондиціонера. Самою енергоефективністю виявилась одноканальна система кондиціонування повітря з водяними ежекційними доводчиками-повітророзподільниками.

Для вирішення цього завдання розроблена математична модель даної установки, побудована з врахуванням вимог термoeкономії і адекватна реальній технологічній схемі холодильної установки

Розглянуто оптимізацію процесів охолодження, яка зводиться до визначення мінімального значення приведених витрат (з урахуванням зволожуючого обладнання) за рік на вміст і роботу установки:

В результаті аналізу різних схем на підставі побудованих на d-h – діаграмі процесів вирішується питання вибору принципової схеми обробки повітря в зональних системах кондиціонування повітря, яка враховує особливості об'єкту та район плавання та проведений термoeкономічний аналіз енергетичних показників, що застосовуються на судах центральних двоканальних СККП з доводчиками

#### **Інформаційні джерела:**

1. Чегринцев Ф.О. Основи проектування судових систем кондиціонування.– Миколаїв: УДМТУ, 2002. – 99 с.
2. Жихарева. Н.В. Хмельнюк М.Г. Термодинамічний аналіз ефективності судових холодильних установок // Вісник НУК. –2012. –№ 2– С. 340–343. Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua/ru/>

---

#### **УДК 621.94**

#### **ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

*Рудюк О.В.магістрант ОНТУ, Савчук О.С. .магістрант ОНТУ*

В умовах прискорення науково-технічного прогресу завдання підвищення енергоефективності систем кондиціонування має важливе народногосподарське значення, оскільки її рішення, крім підвищення ефективності капітальних вкладень, забезпечує її енергозбереження, економію матеріалів, а також поліпшення умов праці людей і навколишнього середовища

Однією з основних завдань цієї комплексної проблеми є енергозбереження. Ми вирішуємо триєдину проблему - оптимізацію (мінімізацію) енергоспоживання при жорсткому дотриманні нормативних вимог до комфортному середовищі проживання в житлових, громадських і промислових об'єктах, неухильне дотримання технологічних вимог у виробничих процесах і мінімізацію шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища.

Нами розглянуті шляхи підвищення енергоефективності багатозональних систем кондиціонування повітря, деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання систем кондиціонування на основі енергетичних балансів теплофізичних процесів в VRF.

З урахуванням підходу до пенергоефективних систем [1,2] ми розглядаємо шляхи підвищення ефективності багатозональних систем кондиціонування.

В роботі [3] показано парадокси традиційної методики розрахунку VRF систем кондиціонування повітря і недоцільність

Основними цільовими напрямками вдосконалення багатозональних систем кондиціонування останнім часом є такі:

- підвищення комфорту мікроклімату об'єкта, точність і надійність його забезпечення при цілодобовій експлуатації;
- підвищення енергоефективності багатозональних систем за рахунок збільшення коефіцієнтів трансформації тепла;
- підвищення показників енергозбереження за рахунок рекуперації та акумуляції теплової енергії і постійного автоматичного оптимального управління режимами роботи, в залежності від сезонних параметрів зовнішнього повітря, сонячної радіації і геотермальних джерел тепла, а також внутрішніх нестационарних джерел теплоприпливів / тепловтрат і джерела зміни вологості внутрішнього повітря;
- зниження шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища;
- вдосконалення основних агрегатів багатозональної системи кондиціонування повітря: компресора, вентилятора, рекуператора, теплообмінника,
- акумулятор теплоти з використанням тепла фазового переходу, системи управління;
- інтеграція багатозональних систем с, сонячними колекторами, системою припливно-витяжної вентиляції;
- легкість інтеграції з системою "розумного будинку" (BMS з протоколами BACnet або LONwork, порти SC-LGW або SC-BGW);
- перевірочні розрахунки з розробкою монтажною схемою і повної специфікації;
- розробка віддаленого управління і комп'ютерної системи централізованого управління, узгодженого в необхідних випадках з пріоритетом індивідуального управління.

визначені шляхи підвищення ефективності багатозональних систем кондиціонування повітря та за розробленою програмою підібране кліматичне обладнання з урахуванням цільової функції спільної оптимізації сумарної величини капітальних і експлуатаційних витрат на тепловий захист приміщень і кліматичне енергозберігаюче обладнання протягом терміну їх експлуатації.

При підборі обладнання враховується вплив параметрів чинники(мінлива температура холодоагенту, інвертний привід, рекуперація та обладнання (компресор, вентилятор, теплообмінники, фільтри.)

Враховуючи ці фактори розроблена розглянуто експрес-аналізу для вибору моделі зовнішнього блока VRF на підставі таблиць фірм-представників та проведені розрахунки.

Розроблена оціночна методика може бути використана для спільного вибору агрегату припливно-витяжної системи кондиціонування повітря з рекуперацією, інверторного кондиціонера і конструкції відповідних зовнішніх огорожень на ранній стадії проектування.

Результати математичного моделювання дозволяють визначити енергоефективне обладнання багатозональних систем кондиціонування повітря при врахуванні чинників та параметрів оптимізації.

1. Жихарєва Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування повітря[Текст] / Н.В.Жихарєва // –Одеса: «ТЭС», 2016. – 171 с.
2. Жихарєва, Н. В Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестационарних умовах монографія / Н. В. Жихарєва ; Одес. нац. технол. ун-т, Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ТЕС, 2022. — 264 с.

*Наукові керівники Жихарєва Н.В. к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ, Козут В.О.  
к.т.н.,доц. кафедри ХУКП ОНТУ*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЛЬОДОГЕНЕРАТОРА ПОГРУЖНОГО ТИПУ**

*Чернокондратенко С.В. магістрант ОНТУ, Бойко В.Т. магістрант ОНТУ*

Льодогенератор – вид професійного технологічного обладнання, призначений для автоматичного виготовлення харчового льоду. Штучний лід повсюдно використовується для виготовлення коктейлів та для охолодження продуктів харчування.

Для зберігання готового харчового льоду використовують спеціальні бункери, які можуть бути вбудовані в даний холодильний агрегат або бути автономними. Вбудовані бункери, як правило, використовуються в льодогенераторах з невисокою продуктивністю (до 100 кг на добу)..

За розробленим випускником магістрантом Післегінім А (керівник доц. Жихарєва Н.В.) стенду льодогенератора погрузного типу, управління процесом льодоутворення розробка науково обґрунтованих технологічних досліджень виконуються такі задачі

- проаналізувати усі види льодогенераторів
- вивчити вимоги до льодогенератора погрузного типу;
- розробити та виготовити стенд для виробництва харчового льоду;
- провести експериментальні дослідження льодоутворення :

Розроблений та виготовлений стенд призначений для наглядного спостереження виробництва льоду працює в лабораторії 016 ОНТУ . Магістранти продовжують роботу над дослідженням

Унікальна особливість довше зберігати прохолоду рідкого середовища, в яке його поміщають, зробила цей вид льоду популярним у ресторанному бізнесі. Його успішно використовують для приготування освіжаючих напоїв, а завдяки крихкості маленьких крижаних циліндрів, їх дроблять та створюють ефектні та смачні коктейлі.



Складові холодильної машини: компресор, повітряний конденсатор, фільтр, терморегулюючий вентиль, випарник, регенеративний теплообмінник, докипач, манометри високого та низького тисків, штуцерів.

Принцип роботи льодогенератора:

З нижнього контейнера з водою подається вода в основний робочий резервуар, включається компресор і спеціальний мотор, який створює хвилі у воді, він є датчиком наросту льоду. Завдяки тому, що вода постійно рухається, дрібні частинки осідають униз.

Усередині робочого резервуара, де «хвилюється» вода, є трубки, в яких протікає холодильний агент, і вони охолоджуються. Саме на них, через перші 20 хвилин і наморозуються шматочки льоду. Після цього основний резервуар нахилиється і вода зливається. Під час зливу води на випарник подається гаряча пара за допомогою

соленоїдного вентиля, крига відвалюється вниз, у контейнер.

На стенді встановлені п'ять електронних термометрів із термопарами для в підб ору даних на холодильній машині; два манометри високого та низького тиску для наглядного огляду тисків у фреоновій системі холодильної машини.

Вмикання вентилятора конденсатора здійснюється за допомогою датчика із плати управління.

Кількість “льоду, що наріс”, на випарнику контролюється механізмом створення хвиль. На лівому краю встановлений магнітний датчик, при його зупинці вмикається соленоїдний вентиль і гарячий газ подається у випарник для відтавання льоду.

Регенеративний теплообмінник: капілярна трубка припаяна до фреонопроводу після випарника, чим реалізує охолодження рідкого холодильного агента та перегріву холодильного агента на ділянці від випарника до компресора.

На виготовленому стенді проведуться наукові дослідження за розробленою моделлю.

*Наукові керівники Жихарєва Н.В .к.т.н . доц кафедри ХУКП ОНТУ Козут В.О.,к.т.н.,доц.  
кафедри ХУКП ОНТУ*



## **СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ**

### **АНАЛІЗ КРІОГЕННОЇ ГЕЛІЄВОЇ СИСТЕМИ НА ТЕМПЕРАТУРНОМУ РІВНІ 77К**

*Половінкін А.В., магістрант ОНТУ, м. Одеса*

Початок промислового застосування кріогенних систем належить до 20-х років нашого століття. Саме у ХХ столітті було завершено зрідження всіх відомих газів, включаючи гелій. Кріогенні системи, призначені для отримання та використання низьких температур, стали важливим інструментом прогресу у різних галузях знань. Вони відкрили шлях новим напрямкам науки: космонавтиці, ядерній фізиці, квантовій техніці та кріобіології. Безперечна заслуга промислової кріогеніки у сільському господарстві, металургії та обороні країни. З цією спеціальністю пов'язують надії на прогрес в енергетиці та транспорті.

Виділення інертних газів з атмосферного повітря та отримання їх у чистому вигляді – одне з найважливіших завдань кріогеніки. Основним джерелом інертних газів є земна атмосфера. Однак їх вміст у повітрі мізерно малий. З таблиці видно, що для виробництва одного кубічного метра неону необхідно переробити понад 50 тис м<sup>3</sup> повітря. З цієї причини виробництво інертних газів з атмосфери економічно виправдане тільки в тому випадку, коли їх виділяють у якості побічного продукту в повітророздільних установках.

Відсотки	He	Ne	Ar	Kr	Xe
Об'ємні	0,00052	0,0018	0,93	0,00011	0,000008
Масові	0,00007	0,0013	1,29	0,00033	0,000036

Тому для переробки подібних сумішей потрібне складне виробниче обладнання та сучасна аналітична база. Зазвичай отримання інертних газів здійснюють в кілька етапів. У ході послідовних фізико-хімічних процесах вміст домішок у продукті знижується з десятків відсотків.

Наприклад, первинне збагачення неоновому концентрату починається при азотних температурах (66...78 К), а завершальні стадії цього процесу (відділення гелію ректифікацією) ведуться при температурах рідкого неону (27 К). Для тонкого очищення методом сорбції та виморожування потрібні температури 10...16К.

Досягнення такого рівня охолодження можливе лише в кріогенних гелієвих установках (КГУ). Це складні, дорогі та енергоємні системи. Для їх монтажу та експлуатації потрібні висококваліфіковані кадри. Невипадково, що кількість діючих КГУ нашої країні обчислюється одиницями.

У 1995 р. в Одеській державній академії холоду введено в експлуатацію лабораторний зріджувач гелію продуктивністю 6...8 л/год. Його використано для забезпечення приладів з вивчення ядерно-магнітного резонансу у Фізико-хімічному інституті АН України ім. Богатського. З 1994 р. послідовно запущено три системи для зрідження неону: на базі кріогенної газової машини, детандерна та з використанням дросельного циклу високого тиску. Сумарна тривалість експериментів на неоновому рівні температур (27 К) перевищила 80 днів, а об'єм рідкого Ne, що утримувався в кріостатах, досягав 50 дм<sup>3</sup>.

Розширення спектра наукових напрямів і завдань, які вирішуються з використанням низькотемпературних стендів, призвело до необхідності створення нової більш потужної установки. Передбачається, що вона має «перекривати» діапазон температур від 4 до 30 К, забезпечуючи холодопродуктивність від сотень Вт до 1 кВт, відповідно.

Обмеженням для рівня  $Q_0$  є використання вітчизняного устаткування, зокрема гелієвого компресора 2ГП-360/30 з витратою 360  $\text{м}^3/\text{год}$ . Важливим елементом гелієвої системи є низькотемпературний (77 К) блок очищення робочого тіла. Від чіткості його роботи залежить тривалість пускової кампанії та головні техніко-економічні показники КГУ. Завданням блоку очищення гелію, що розробляється, є захист від домішок (насамперед від компонентів повітря) дроселя, детандерних порожнин і теплообмінників нижніх каскадів. «Проскок» через блок очищення твердих  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  призведе до зупинки КГУ та спричинить неплановий відігрів та додаткові експлуатаційні витрати. У деяких випадках не виключена поломка детандера, що рівносильно тривалому простою та серйозним втратам.

Особливі умови до блоку очищення, що розробляється, накладає можливість почергової експлуатації КГУ на гелії і на неоні. Перехід з Ne на He пов'язаний із небезпекою присутності в гелії слідів неону. Поглинаюча здатність сорбенту (при 77 К) по відношенню до неону майже на порядок нижче, ніж азоту. Тим часом, в зріджувачі гелію присутність неону також неприпустима, оскільки температура його потрійної точки 24 К і у нижніх каскадах він неминуче затвердіє.

У ході дослідження передбачається виконати серію розрахунків, що включають аналіз гелієвого циклу та окремих апаратів КГУ. Враховуючи важливість і значущість системи контуру підготовки робочого тіла, основну увагу в роботі приділено блоку очищення гелію. Зокрема розробці адсорбера зі збільшеним обсягом сорбенту та підвищеною ємністю кріостату азоту. Робота блоку очищення неможлива без стороннього холодоагенту (рідкого  $\text{N}_2$ ). Значний обсяг дослідження займають розрахунки, проектування та оптимізація реальних магістралей для підведення рідкого азоту. Передбачається розглянути варіанти постачання холодоагентом, у яких досягається економія експлуатаційних витрат.

У ході аналізу планується ознайомитися з реальним обладнанням, яке послужило базою при виконанні дослідження, отримати перші практичні навички його підготовки та експлуатації.

*Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., завідувач  
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

## **СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КИСНЮ В МЕДИЦИНІ**

*Андрющенко І.В., магістрант ОНТУ, м. Одеса*

Розвиток техніки розділення повітря методом глибокого охолодження з метою отримання кисню, азоту, аргону і криптоно-ксенонової суміші в останнє тридцятиріччя привів до формування самостійної галузі промисловості. Сформувався новий напрям наукової і практичної діяльності людини – кріологія, окремими ланками якого є кріоенергетика, кріоелектроніка, кріобіологія і кріомедицина, кріогенне машинобудування. Спосіб отримання медичного газоподібного кисню чітко і однозначно стандартизований. Медичний газоподібний кисень – продукт, одержуваний з атмосферного повітря способом

низькотемпературної ректифікації. Медичний газоподібний кисень в балонах може проводитися за двома технологічними схемами: стиснення і газифікація медичного рідкого кисню в апаратах блоку розділення повітря і наповнення балонів; стиснення і газифікація медичного рідкого кисню в газифікаційній установці і наповнення балонів.

В медицині використовуються різні види газів, найбільш поширеними з них є азот і кисень. Область застосування кисню велика, вона включає збагачення газових сумішей, наповнення кисневих подушок, виготовлення кисневих коктейлів і не тільки. Медичний кисень характеризується високою концентрацією, відсутністю домішок. Головними його джерелами в лікарнях є кисневі концентратори, балони з рідким або газоподібним киснем в медицині, системи збагачення кисню, пристрої для хімічного отримання газу. Сьогодні найчастіше застосовуються кисневі концентратори – вони зарекомендували себе завдяки надійності, безпеки експлуатації, мобільності систем і економічності. Використання кисню в медицині пов'язано з невідкладними ситуаціями, коли необхідно забезпечити подачу наркозу, проведення великих хірургічних операцій або реанімаційних дій. У цих випадках здійснюється штучна вентиляція легень. Також цей газ потрібен при лікуванні ряду захворювань – крім хронічної дихальної недостатності, кисень потрібен при інфарктах та інсультах. Речовина, що позначається символом O, бере участь в окисно-відновних реакціях організму. У медицині кисень може використовуватися для газопостачання реанімаційних відділень, в стаціонарі, поліклініках, санаторіях, спортклубах, дитячих установах для профілактики хвороб, зміцнення імунітету. Кисень в медицині може використовуватися в чистому вигляді або у складі газових сумішей. Для неінгаляторного введення практикують підшкірне, внутрішньосудинне, внутрішньопорожнинне, ентеральне та інші способи введення.

Забезпечення якості має визначальну роль у виробництві таких препаратів у зв'язку з їх особливими характеристиками, тому всі етапи обігу цих лікарських засобів, включаючи державну реєстрацію, ліцензування виробництва, в тому числі контроль якості, ліцензування оптової торгівлі тощо, підлягають державному нагляду з боку уповноважених органів. Сьогодні ми маємо значну кількість проблем, пов'язаних з виготовленням медичного кисню та контролем за його якістю. Це і недобросовісність виробників, і застаріле обладнання для виготовлення та перевірки, невідповідність документації, несвоєчасне інформування про зміну уповноважених осіб на підприємстві, які здійснюють сертифікацію, а інколи і відсутність необхідної освіти у фахівців. Необхідно кардинально змінити цю ситуацію та привести норми виробництва медичного кисню до стандартів ЄС. Газоподібний технічний і медичний кисень повинен бути виготовлений відповідно до вимог цього стандарту за технологічними регламентами, затвердженими в установленому порядку. Забороняється застосовувати для дихання і лікувальних цілей кисень, одержуваний електролізом води, а також кисень, одержуваний способом низькотемпературної ректифікації з подальшим стисненням в компресорах з поршнеvim ущільненням, виготовленим із фторопласта або інших матеріалів, неперевіраних медичним наглядом.

За фізико-хімічними показниками газоподібний технічний і медичний кисень повинен відповідати нормам. За погодженням із споживачем в медичному кисні допускається об'ємна частка кисню не менше 99,2%. Медичний кисень, призначений для авіації, повинен випускатися з об'ємною часткою водяної пари не більше 0,0007%. У технічному кисні 2-го сорту, що виробляється на установках високого, середнього та двох тисків, оснащених лужними декарбонізаторами для очищення повітря від двоокису вуглецю, а також на установках типу СКДС-70М допускається об'ємна частка кисню не менше 99,2%.

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ**

*Кокул С.В., аспірант ОНТУ, м. Одеса*

Низькотемпературні холодильні камери, які здатні тривалий час підтримувати температуру на рівні  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , можуть бути використані для зберігання біологічних об'єктів, наприклад, таких як донорська кров, кістковий мозок та інші тканини. Крім того, такі камери можуть знайти застосування для холодової обробки деталей зі сталі або пластику з метою підвищення їх міцності та зносостійкості.

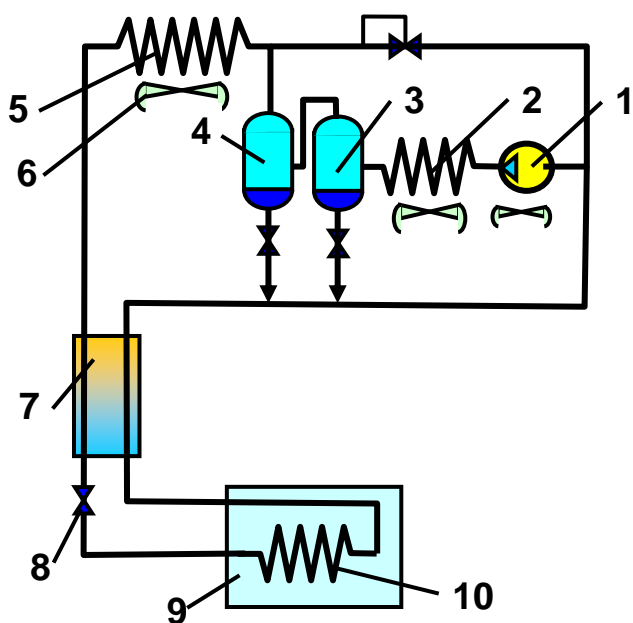
У доповіді розглядаються результати експериментального дослідження камери, призначеної для тривалого зберігання біологічних об'єктів. Холодильне устаткування цієї камери працює за циклом Джоуля-Томсона, який використовує зеотропну суміш природних холодильних агентів: метану, азоту, етану, пропану та ізобутану.

Низькотемпературна холодильна камера має прямокутну форму. Товщина теплоізоляції стінок камери становить 200 мм. Принципова схема холодильної установки для низькотемпературної камери показана на рис. 1.

Експериментальне дослідження низькотемпературної холодильної камери включало вимірювання температури всередині та зовні камери в ході її охолодження до температури  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , і вимірювання температури при відігріванні камери після вимикання холодильної установки. При регулярному тепловому режимі закон зміни температурного поля в часі набуває простого та універсального вигляду: температура всіх точок холодильної камери зростає в часі за експоненціальним законом. Якщо побудувати залежність температури всередині камери від часу в напівлогарифмічній системі координат, то при регулярному тепловому режимі відігрівання холодильної камери ця залежність буде мати вигляд прямої лінії.

На рис. 2 наведено графік залежності температури всередині холодильної камери від часу в напівлогарифмічній системі координат. З цього графіка видно, що в процесі нагріву холодильної камери дуже швидко встановлюється регулярний тепловий режим, якому відповідає вихід кривої зміни температури на пряму лінію. Тангенс кута нахилу цієї лінії дорівнює показнику експоненти  $\mu_1^2 \frac{a}{L^2}$ . Звідси, знаходимо еквівалентне значення параметра

$a/L^2$  для холодильної камери:  $\frac{a}{L^2} = 5,157 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}$ .



*Рис.1. Принципова схема холодильної установки низькотемпературної камери: 1 – компресор POE ISO 32; 2 – попередній конденсатор; 3 – перший мастиловідділювач; 4 – другий мастиловідділювач; 5 – основний конденсатор; 6 – вентилятор; 7 – рекуперативний теплообмінник; 8 – капілярна трубка; 9 – холодильна камера; 10 – випарник*

Таким чином, на основі аналізу експериментальних даних щодо відігрівання холодильної камери можна знайти значення параметра, що визначає швидкість відігріву камери.

На рис. 3 наведено графік залежності температури всередині холодильної камери під час охолодження. Ця залежність апроксимована поліномом п'ятого ступеня від часу, який вимірювався у хвилинах.

Крім цього, було проведено вимірювання температури масивної сталеві деталі, розміщеної всередині холодильної камери при її охолодженні до мінімальної температури  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Вимірювання температури всередині камери при її природному відігріванні від  $-150\text{ }^{\circ}\text{C}$  до кімнатної температури дозволяють оцінити еквівалентне значення коефіцієнта температуропровідності теплоізоляції камери, що враховує наявність теплових мостів таких, як трубки подачі і відведення холодильного агенту, елементів кріплення камери і т.п. Для оцінки еквівалентного значення коефіцієнта температуропровідності теплоізоляції холодильної камери використовувався метод регулярного теплового режиму.

Вважаючи, що в процесі нагрівання холодильної камери температура навколишнього середовища  $T_E$  та коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стінки камери  $\alpha$  залишаються постійними, нестационарний процес нагрівання камери можна розділити на дві стадії: початкову стадію і стадію регулярного теплового режиму [1].

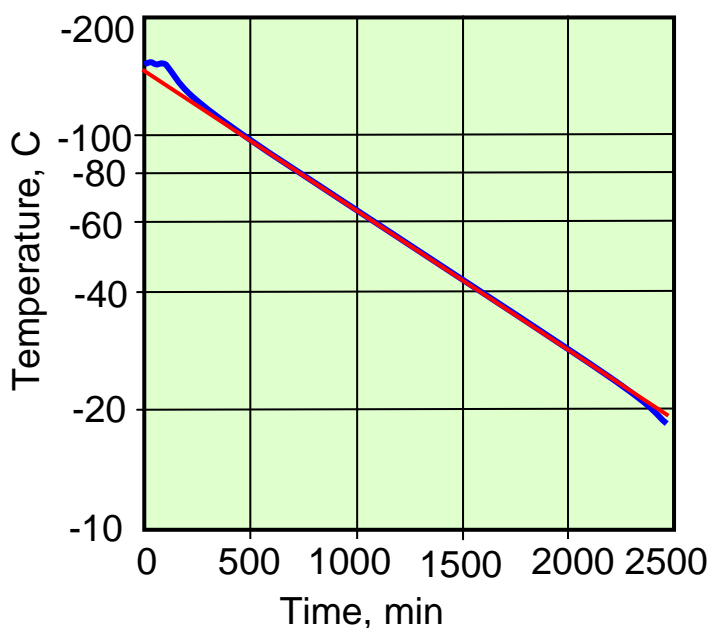


Рис. 2. Зміна температури всередині холодильної камери під час її нагрівання

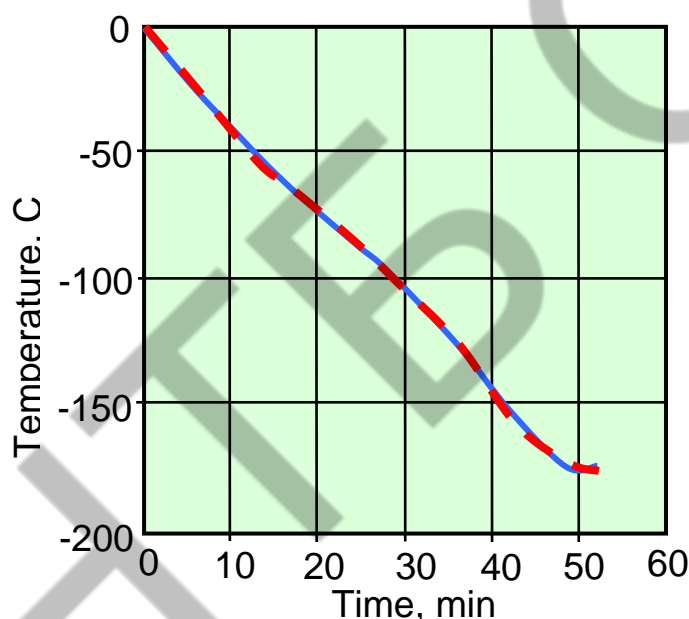


Рис. 3. Апроксимація експериментальних даних по заходженню порожньої холодильної камери поліномом п'ятого ступеня. Суцільна лінія – експеримент; пунктирна лінія – апроксимація

Як видно з наведеного графіка поліном п'ятого ступеня добре апроксимує всі особливості часової залежності зміни температур у середині камери.

В якості математичної моделі процесу охолодження камери виберемо нестационарну теплопровідність необмеженої пластини. Як граничні умови виберемо граничні умови першого роду на зовнішній і внутрішній стінках пластини. Причому температуру на зовнішній стінці пластини, вважатимемо постійною, а температуру на внутрішній стінці пластини (камери) вважатимемо такою, що змінюється за певним законом. В якості початкової умови моделі приймемо те, що початкова температура камери дорівнює температурі навколишнього середовища  $T_E$ . Для спрощення задачі, приймемо температуру навколишнього середовища  $T_E$  рівною нулю. З урахуванням цього, математична модель приймає вигляд:

$$\frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau},$$

$$T(L, \tau) = T_E = 0;$$

$$T(L, \tau) = f(\tau);$$

$$T(x, 0) = T_E = 0.$$

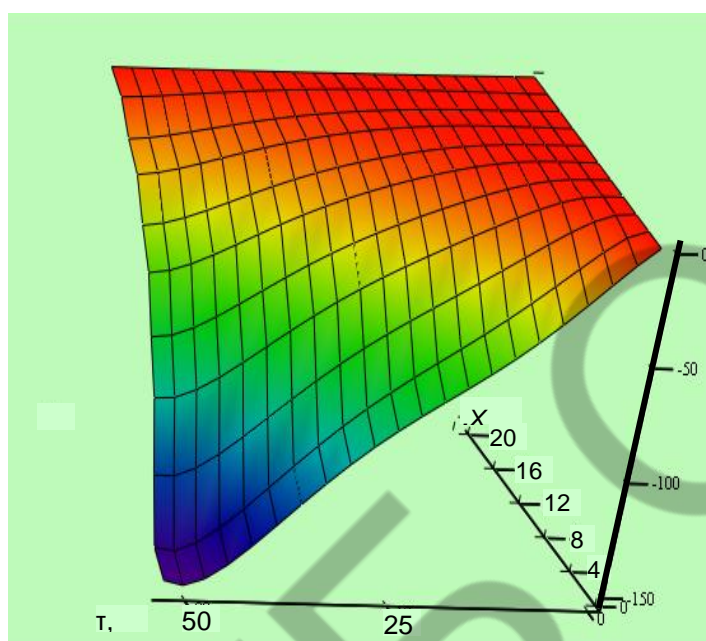
де  $f(\tau)$  – поліном п'ятого ступеня, що апроксимує часову залежність температури камери.

Аналітичне рішення цієї задачі знаходимо у вигляді:

$$T(x, \tau) = 2 \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\pi k a}{L^2} \sin\left(\pi k \frac{x}{L}\right) \times \int_0^{\tau} \exp\left(-\frac{\pi^2 k^2 a}{L^2}(\tau - t)\right) f(t) dt$$

Використовуючи значення еквівалентної температуропровідності, отримане в експерименті з регулярним тепловим режимом нагріву порожньої камери, можна розрахувати часову залежність розподілу температур в теплоізоляції холодильної камери в процесі її охолодження. На рис. 4 наведено 3D графік, що показує зміну температур у шарі теплоізоляції в процесі охолодження камери.

Маючи аналітичне рішення для розподілу температур усередині теплоізоляції, можна знайти густину теплового потоку на внутрішній стінці холодильної камери, яка дорівнює добутку градієнта температур на внутрішній стінці та еквівалентної теплопровідності теплоізоляції. Градієнт температур на внутрішній стінці камери знайдемо як похідну по координаті від розподілу температур в теплоізоляції.



Знаючи динаміку температури масивної металевої деталі, розміщеної всередині камери, та її масу, можна визначити кількість тепла, що надходить до цієї деталі:

$$q(\tau) = M \cdot C_m \frac{\partial T(0, \tau)}{\partial \tau}$$

де  $M$  – маса деталі, поміщеної в холодильну камеру, [кг];  $C_m$  – теплоємність матеріалу деталі (сталі), [Вт/(кг·К)];  $\lambda$  – еквівалентна теплопровідність теплоізоляції холодильної камери, що враховує присутність теплових мостів [Вт/(м·К)];

$F$  форм-фактор, коефіцієнт, що враховує те, що поверхня внутрішніх стінок камери менша за поверхню зовнішніх стінок цієї камери.

*Науковий керівник: Кравченко М.Б., д.т.н., професор кафедри криогенної техніки ОНТУ*

## **ДОБОВИЙ АКУМУЛЯТОР ТЕПЛОТИ У СИСТЕМІ ЗНИЖУВАЛЬНОГО АБСОРБЦІЙНОГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА З СОНЯЧНИМ ЖИВЛЕННЯМ**

*Куколев А.К., аспірант ОНТУ, м. Одеса*

Систему тепло-холодопостачання автором у складі авторського колективу розглянуто систему тепло-холодопостачання на базі абсорбційного термотрансформатора як найбільш емну за кількістю і температурному рівню акумуляторів теплоти. Система має три акумулятори теплоти: високого потенціалу з добовим акумуляванням і низьким потенціалом із сезонним акумуляванням [1]. Акумулятори теплоти відрізняються термінами зарядки-

розрядки, з чого випливають вимоги щодо їх роботи. Високопотенційний і середньопотенційний акумулятори теплоти разом складають систему акумулювання, де тепловий потік від джерела теплоти (сонячна енергія чи теплота конденсації й абсорбції) передається споживачу через шар, що акумулює.

Схемне рішення добового акумулятора теплоти надано на рис.1. З погляду розрахунку і проектування, він являє собою набір двопоточних теплообмінників. Система рівнянь, що описують фази роботи, виглядає так:

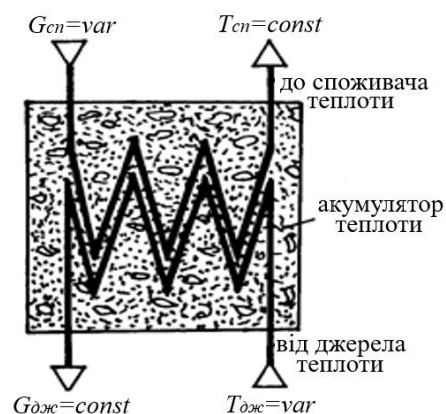


Рисунок 1. Принципова схема добового акумулятора теплоти

Фази роботи добового акумулятора теплоти:

зарядка при відключеному споживачі

$$Q_{дж} = Q_{ак} \quad (1)$$

зарядка при включеному споживачі

$$Q_{дж} = Q_{ак} + Q_{п} \quad (2)$$

робота при повній зарядці акумулятора

$$Q_{дж} = Q_{ак} = Q_{п} \quad (3)$$

розрядка при «пікових» навантаженнях

$$Q_{дж} + Q_{ак} = Q_{п} \quad (4)$$

розрядка при відключеному джерелі

$$Q_{ак} = Q_{п} \quad (5)$$

Із системи рівнянь (1)-(5) видно, що в добовому акумуляторі теплоти присутні три спільно існуючі теплові потоки. Розрахунок трипоточних акумуляторів теплоти можливо проводити двома методами:

- розробкою еквівалентів теплових процесів, адаптуючи їх до розрахунку двопоточних теплообмінників;
- створенням методики розрахунку трипоточного теплообмінника, що враховує теплоакумуючу здатність одного з потоків.

Питання розрахунку повинні носити комплексний характер і враховувати всі перетворення енергії як усередині системи, так і при її взаємодії з периферійним устаткуванням.

Питання математичного моделювання двопоточних теплообмінників докладно розглянуто у підручниках і може бути розповсюджено на всі типи двопоточного теплообмінного устаткування. Трипоточний теплообмінник знайшов широке застосування у криогенних та абсорбційно-дифузійних установках [2], існуючі методики його розрахунку враховують цю специфіку, а саме:

- всі три потоки є в газоподібному стані;
- потоки не змінюють свою витрату і теплову спрямованість;
- у процесі теплообміну має місце велика температурна різниця.

Зрозуміло, що жодна з цих умов не дотримується у трипоточному акумуляторі теплоти. Виходячи з цього, за основу можна прийняти тільки принцип складання умов теплопередавання в трипоточному теплообміннику для часткового випадку одночасного теплового контакту трьох потоків (теплообмінник з умовно спаяними трубками по всій довжині) [2].

У загальному випадку умови теплообміну записують у вигляді

$$dQ_{дж} = \alpha_{дж} (T_{дж} - T_{см}) dF_{лд} \quad (7)$$

$$dQ_{сн} = \alpha_{сн} (T_{см} - T_{сн}) dF_{сн} \quad (8)$$

$$dQ_A = \alpha_{AK} (T_{см} - T_{AK}) dF_{AK} \quad (8)$$

з урахуванням одного з рівнянь (1)-(5) у залежності від режиму роботи.

Робота абсорбційного термотрансформатора ґрунтується на графіку: надходження сонячної радіації.

Система рівнянь (6)-(9) повинна бути доповненою статистичною інформацією про інтенсивність сонячної радіації в місцевості  $dQ_{дж}=f(T_{лд})$ .

Конкретизація зв'язків параметрів та характеристик процесів у елементах термотрансформатора здійснюється за залежностями, докладно наданими у технічній літературі. Рішення конкретизованих зв'язків замикається набором балансових рівнянь  $i$ -го елемента: витрат, енергії, гідравлічних напорів, зміни ентальпії. Теорія і розрахунок теплоакумуючих властивостей підземних акумуляторів теплоти для експлуатації з геліосистемою надано у роботі [3].

*Науковий керівник: Косой Б.В., д.т.н., професор кафедри екоенергетики,  
термодинаміки та прикладної екології ОНТУ*

## **РЕЗУЛЬТАТИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДУ ПРОМИСЛОВОГО ЛЬДОГЕНЕРАТОРА КУБИКОВОГО ЛЬОДУ**

*Москін В.В., аспірант ОНТУ, м. Одеса*

Вартість льоду є складовою собівартості продуктів харчування. тому підвищення ефективності обладнання з виробництва льоду є важливим науково-технічним завданням. Існує багато досліджень холодильної системи, що генерує лід; люди більше зацікавлені у використанні льодогенераторів та поліпшенні конструкції системного процесу, а робочі характеристики льодогенератора вивчені менш глибоко [1-2]. Обмежену кількість досліджень визначено тим, що результати моделювання робочих характеристик дуже узагальнені, і неможливо реалізувати в конкретні реальні прототипи. Моделювання представлено без експериментів або експерименти проведені без попереднього моделювання та класична проблема тепломасообміну в нестационарних режимах нагрівання або охолодження існує досі. Отже, є актуальним продовження наукових досліджень, пов'язаних із вивченням робочих характеристик діючих льодогенераторів. Такі дослідження допоможуть усвідомити фактичні проблеми роботи льодогенератора, з точки зору якості продукту, і знайти енергоефективну схему оптимізації, що дасть можливість розширити великий ринковий попит на формений лід.

У роботі пропонується до розгляду дослідження процесів отримання кубикового водного льоду промислового льодогенератора в умовах експлуатації. Для проведення експерименту, моделювання та аналізу процесів розроблено технологічну схему льодогенератора (рис.1)

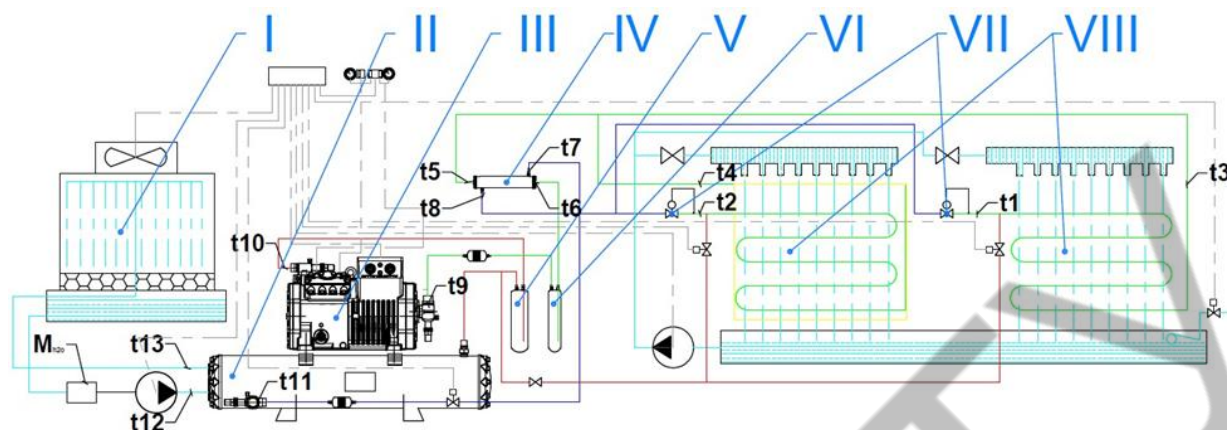


Рисунок 1 – Технологічна схема льодогенератора- експериментального стенду  
 I – градирня, II–конденсатор, III–компресор, IV –регенеративний теплообмінник,  
 V – оливовідокремлювач, VI – відокремлювач рідини, VII – терморегулюючий вентиль(ТРВ);  
 VIII – випарник

Перші тестові випробування [3] вказали на параметри роботи установки, що не відповідають стабільній роботі льодогенератора. Подальші дослідження зажадали модернізації контрольно-вимірювального блоку. Для цього були замінені контрольно-вимірювальні прилади, що мають вищий клас точності, місце встановлення їх у схемі та підключення. Прилад має можливість считувати одночасно всі данні та реєструвати параметри до програми *XL* в режимі онлайн.

За результатами нових тестових випробувань одержано графіки зміни температурних параметрів роботи льодогенератора в режимі практичної експлуатації. Зразок результатів надано на рис.2.

За результатами експерименту визначено масову витрату робочої речовини з теплового балансу конденсатора:

$$M_w \cdot c_w \cdot (t_w^{вх} - t_w^{ex}) = M_a \cdot q_{кд}, \text{ де} \quad (1)$$

$q_{кд}$  – питоме тепло, що відводиться в конденсаторі, значення якого отримано в результаті непрямих вимірювань, кДж/кг.

Масова витрата робочої речовини за результатами моделювання циклу:

$$M_a = \frac{V_h \cdot \lambda}{v_1}, \text{ кг/с, де} \quad (2)$$

$v_1$  – питомий об'єм на всмоктуванні в компресор, значення якого отримано в результаті непрямих вимірювань, м<sup>3</sup>/кг.

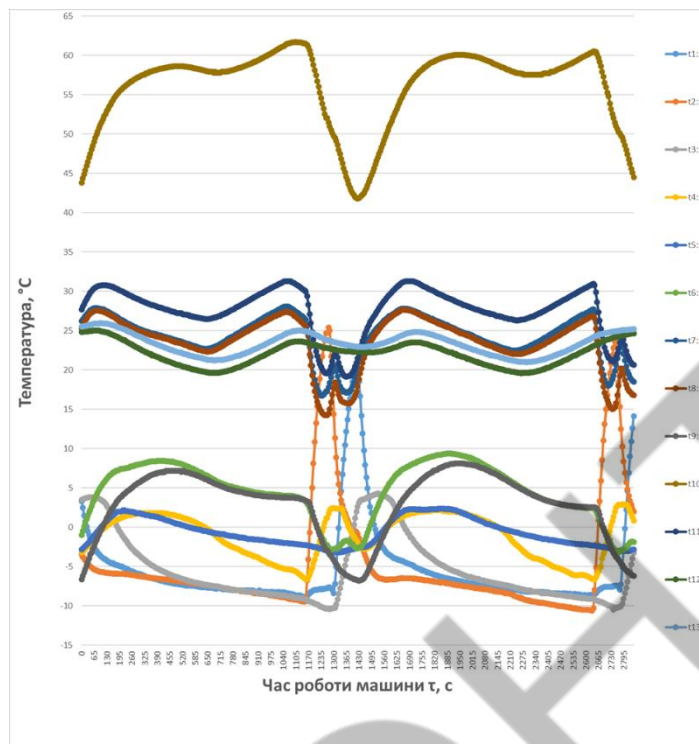


Рисунок 2 – Зміни температурних параметрів роботи льодогенератора в залежності від часу роботи машини в режимі практичної експлуатації

Числове моделювання показало збіжність результатів теоретичного та експериментального дослідження (не більше 10%). Стенд відповідає вимогам до експериментального обладнання в холодильній техніці. Є підстави продовжувати експериментальні дослідження відповідно до теми дослідження.

*Науковий керівник Морозюк Л.І., д.т.н., професор  
кафедри криогенної техніки ОНТУ*

## **АНАЛІЗ ЦИКЛУ СИСТЕМИ ПОВТОРНОГО ЗРІДЖЕННЯ LPG ГАЗІВ НАТИПОВОМ ТАНКЕРІ-ГАЗОВОЗІ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНТРОПІЙНО-ЦИКЛОВОГО МЕТОДА**

*Єфименко О.О., аспірант ОНТУ, м. Одеса*

Газовози є найдинамічнішим сегментом світового флоту, що демонструє найвищі темпи зростання. Значний енергетичний потенціал мають зріджені вуглеводневі гази. Судна, котрі транспортують такі види вантажу, класифікуються як танкери-газовози LPG. Властивості нафтових газів (теплотехнічні, екологічні та економічні) перетворюють їх в ідеальний продукт для сучасного енергопостачання. Головною властивістю таких газів є те, що їх можна стискати до рідкого стану і транспортувати. Умови транспортування LPG можуть різнитися залежно від вимог замовника та теплофізичних властивостей вантажів.

Для транспортування великих об'ємів LPG використовуються газозовози з повним охолодженням вантажу (fully refrigerated carrier) [1]. У процесі транспортування частина вантажу (0,08-0,3%) випаровується кожен день, що призводить до підвищення тиску і температури у вантажних танках. Щоб утримати тиск і температуру в танку в межах норми, на танкерах -газовозах використовують системи повторного зрідження газу. Енергетична ефективність бортових систем повторного зрідження підпорядковується обов'язковим стандартам EEDI та SEEMP [2]. Виконання вимог стандартів потребує забезпечення високої енергетичної ефективності системи повторного зрідження шляхом підвищення продуктивності та зниження споживання енергії.

Метою роботи є термодинамічний аналіз процесів дійсного циклу системи повторного зрідження пропану типового танкера-газовозу LPG ентропійно-цикловим методом. Таке дослідження створить інформацію про енергоефективні режими роботи та шляхи підвищення експлуатаційної надійності системи повторного зрідження.

Досліджуване судно має дедвейт – 93321т, загальний об'ємом вантажних танків– 84000м<sup>3</sup>. Система утримання вантажу складається із чотирьох вантажних танків з ізоляцією. За конструкцією танки -незалежні призматичні типу "А" [1]. Система повторного зрідження являє собою систему прямого зрідження вантажу, яка може працювати як по циклам триступеневого стиснення, так і по двоступеневим циклам. Режим роботи обирається в залежності від типу вантажу, параметрів системи на всмоктуванні в компресор та температури забортної води. Система повторного зрідження зріджує відпарний газ VOG, котрий утворюється у вантажних танках, конденсат повертається у вантажні танки.

На рис.1 надано технологічну схему системи повторного зрідження, що працює за циклом триступеневого стиснення в процесі ходових випробувань.

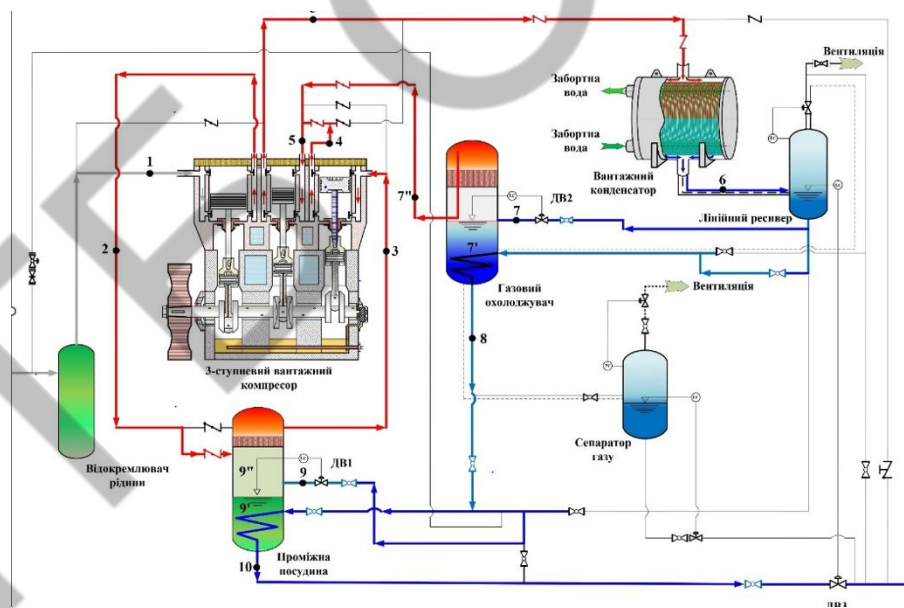


Рисунок 1. Технологічна схема установки прямого зрідження LPG, яка працює за триступеневим циклом

У дослідженні було проведено моделювання процесів системи повторного зрідження енергетичним та ентропійно-цикловим методом термодинамічного аналізу. Значення основних параметрів роботи системи для моделювання було отримано в процесі ходових

випробувань цільового LPG танкера-газовозу при транспортуванні пропану в режимі триступеневого стиснення. Термодинамічні параметри (ентальпія, ентропія, об'єм) системи повторного зрідження було визначено за допомогою програми REFPROP. На основі даних ходових випробувань змодельовано термодинамічний цикл системи повторного зрідження.

На підставі ентропійно-циклового методу [3] розроблено методику аналізу термодинамічної ефективності установки повторного зрідження LPG, що працює за триступеневим циклом. Для виконання аналізу характеристики окремих елементів установки було віднесено до одиниці масової витрати зріджуваної речовини нижчого ступеня триступеневого компресора. Визначено вплив необоротних втрат в окремих елементах установки. Цій метод забезпечив наочність аналізу та оцінив абсолютну величину енергетичних втрат в кожному елементі установки. Визначення енергетичних втрат у циклі дійсної установки повторного зрідження пропану, яка працює за циклом триступеневого стиснення надано на рис 2.

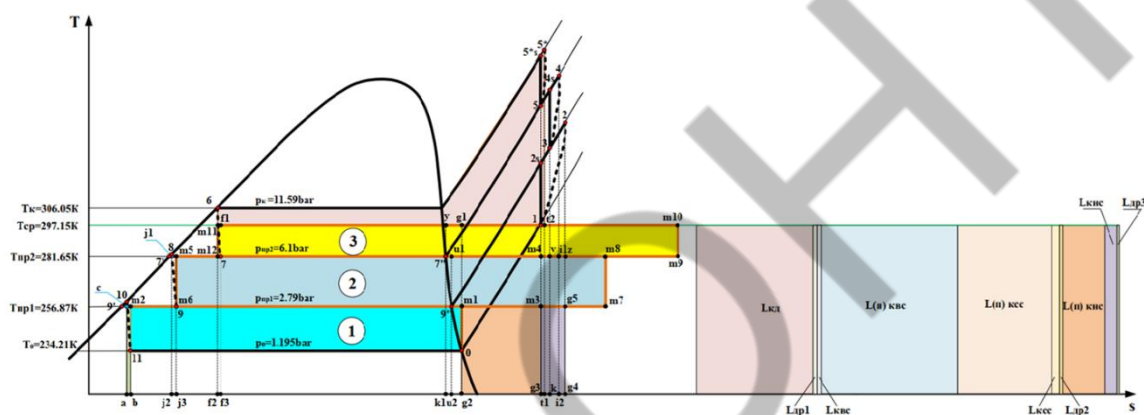


Рисунок 2. Визначення енергетичних втрат у циклі дійсної установки повторного зрідження пропану, яка працює за циклом триступеневого стиснення

Аналіз показав, що в розглянутому дійсному триступеновому циклі установки найбільший вплив на енергетичну ефективність системи надають втрати: у триступеновому компресорі: (6,45%), втрати, які пов'язані з теплоприпливами у всмоктувальні трубопроводи з навколишнього середовища (11,06%) і втрати пов'язані з охолодженням пари у проміжній посудині (40,8%).

*Науковий керівник Морозюк Л.І., д.т.н., професор  
кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК ЯК МЕТОД ПОКРАЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ.**

*Басов А.М., аспірант, асистент кафедри кріогенної техніки ОНТУ*

Однією з найбільш помітних тенденцій розвитку енергетики є підвищення коефіцієнта корисної дії сучасних енергосистем шляхом впровадження технологій комбінованого енерговиробництва. Окрема генерація електричної та теплової енергії наразі

відходить на другий план, поступаючись місцем когенераційним установкам, показники ефективності яких, однак, у теплі сезони року значно падають у зв'язку з відсутністю необхідності в опаленні різних приміщень, що своєю чергою призводить до значного зростання теплового забруднення довкілля.

Інноваційним інженерним рішенням подібної проблеми є застосування тригенераційного комплексу. Процес тригенерації полягає у спільному виробництві електричної, теплової та холодильної видів енергії. При цьому перші два корисних енергетичних ефектів є результатом перетворення первинного палива в когенераційній установці, найпоширенішим варіантом якої є газопоршневий електроагрегат, а холод — залежно від типу холодильної машини: абсорбційної (АБХМ) та парокомпресійної (ПКХМ) відповідно — може генеруватися як з тепло-, так і з електроенергії. Розглянемо цикл роботи тригенераційної установки з застосуванням АБХМ, як найбільш обґрунтованого з точки зору ефективності утилізації тепла варіанту. Принципова схема комплексу представлена на рисунку 1.

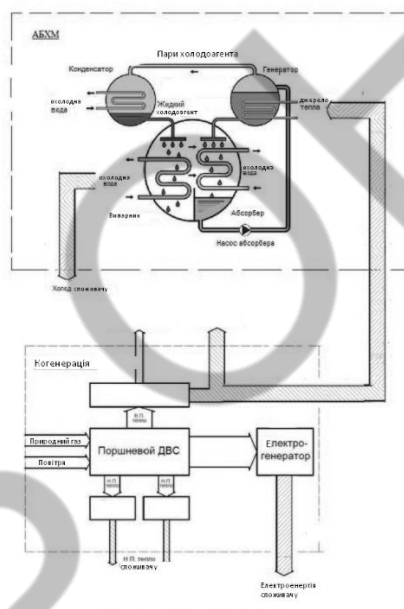


Рис.1. Принципова схема АБХМ

Цикл починається у когенераційній частині установки: поршневий двигун внутрішнього згорання перетворює кількість теплоти, що отримали при згоранні палива, у механічну роботу, яка надходить на ротор генератора, де вона конвертується в електроенергію. При цьому відпрацьовані газы, температура яких досягає  $180^{\circ}\text{C}$ , надходять у рекуперативний теплообмінник, віддаючи тепло водянній парі, одна частина якої може йти в систему опалення або гарячого водопостачання, а інша поступає в абсорбційну холодильну машину, завершуючи процес когенерації. Принцип роботи АБХМ полягає у наступному: поступаючий з рекуперативного теплообмінника пар стає причиною нагріву слабого розчину броміду літію, збільшуючи його концентрації шляхом випаровування води, яка своєю чергою у газоподібному стані відправляється в конденсатор, де під дією охолоджувальної речовини знову стає рідиною. Далі настає наступний етап: після конденсатора у вакуумі холодоагент легко випаровується, поглинаючи тепло, яке циркулює в

іншому контурі випарника води, і генерує холодильну енергію. Знову створений пар потім поступає в абсорбер, де поглинається концентрованим розчином бромістого літію, тим самим розбавляючи його і замикаючи робочого циклу. Одночасне виробництво трьох видів енергії значно підвищує ефективність пристрою. В таблиці 1 представлені значення ККД для установок окремого виробництва теплової та електричної енергії, когенераційних і тригенераційних комплексів. Для зручності порівняння встановимо електричну потужність на виході у 200 кВт, а теплову — у 320 кВт, причому її частина в системі з АБХМ може перетворюватися в холод. Дані значення розподілу енергетичних потоків беруться на підставі технічної документації тригенераційної установки, що виробляє дану потужність [3]. В якості ж ККД теплової котельні та конденсаційної електростанції використовуються усереднені величини.

Згідно з даними, ККД когенераційних та тригенераційних установок приблизно однакові між собою, а також їх застосування більш ніж у 1,5 раза продуктивніше в порівнянні з окремим виробництвом енергій. Однак системи, що включають в себе абсорбційні холодильні машини, мають цілий ряд інших переваг перед когенераційними комплексами. Основними з них є:

- генерація додаткового енергетичного ефекту — холоду;
- можливість враховувати сезонність потреби споживачів в тепловій або, навпаки, в холодильній енергії;
- підвищення екологічності виробництва.

Як, висновок, це те що застосування тригенераційних систем поступово знаходить усе більше поширення в зв'язку з тим, що в порівнянні з традиційними виробничими установками вони мають безпрецедентну ефективність, дозволяючи перетворювати енергію первинної сировини з винятково високим ККД. Крім того, вони є більш екологічними, оскільки в значній мірі знижують рівень теплових викидів у навколишнє середовище.

#### Список інформаційних джерел

1. Холодильні установки: Підручник / 6-е вид., перероблене і доповнене / І.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський та ін.; За ред. І.Г. Чумака. – Одеса: Рефпринтінфо, 2006. – 550 с.
2. Морозюк, Л.І., Басов, А.М. (2022). Комерційний холод як компонент тригенерації розподіленої енергетики. *Refrigeration Engineering and Technology*, 58(1), 12-20.
3. Titlov, O.S., Kholodkov, A.O. (2017) Increasing the energy efficiency of household absorption refrigerating appliances. *Refrigeration engineering and technology*, 55 (3), 27-36.

*Науковий керівник: Морозюк Л.І., д.т.н., професор  
кафедри криогенної техніки ОНТУ*

НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЦЕНТР

*Матеріали науково-технічної конференції молодих вчених та здобувачів вищої освіти  
«Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології»,  
16 по 17 квітня 2024 року*

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та  
екоенергетики  
ім. В.С. Мартиновського**

**ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ  
ВЧЕНИХ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І  
ТЕХНОЛОГІЇ»**

**STATE, ACHIEVEMENTS AND PROSPECTS OF REFRIGERATION  
EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

*16-17 квітня 2024 року*

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ**

'''Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації

**Редакційна колегія: Хмельнюк М.Г., Жихарєва Н.В., Когут В.О.**

**Комп'ютерний набір і верстка: Жихарєва Н.В.**

Одеса - 2024