

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



**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

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

**МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

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

*27-28 листопада 2020 року*



Одеса - 2020

УДК 621.56/59(03)  
ББК 31.3  
К-14

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

*За достовірність інформації відповідає автор публікації*

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

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

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

:

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

## НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### Організаційний комітет:

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

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

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

### Тематичні напрями:

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

ну конструкцію, невисоку собівартість, забезпечуючи стабільні вихідні характеристики при високій надійності та невимогливості в експлуатації. При цьому вихрові машини мають відносно невеликі габарити та, як правило, частоти обертання, нижчі за аналогів.

Редукування тиску на газорозподільних станціях та пунктах ускладнене через появу відкладень гідратів. Зменшення тиску та температури спричиняють пониження вологомисткості газу, чим і створюються необхідні умови для виникнення гідратів.

Тверді кристали гідратів накопичуються на стінках трубопроводів, у місцях встановлення звужуючих пристроїв, на клапанах регуляторів тиску тощо. Дані утворення можуть створювати не лише перешкоди для вимірювання параметрів газу, виникаючи в лініях контрольно-вимірювальних приладів, але й аварійні ситуації. Неконтрольоване утворення гідратів може призводити до зменшення пропускної здатності трубопроводів, виникнення гідратних пробок чи навіть руйнування окремих складових системи. Видалення твердих утворень гідратів потребує зусиль, оскільки пробки можуть бути міцними, перебувати у важкодоступних місцях, а сам процес може супроводжуватися виділенням шкідливих речовин. Для проведення очисних робіт може знадобитися навіть повна зупинка робочого процесу.

Зважаючи на складність боротьби з твердими гідратами, використовуються різні способи запобігання їх утворенню. Найбільш розповсюдженим є підігрів газу, менш ефективний підігрів корпусів регуляторів тиску. Також можливе введення метанолу в комунікації газопроводу, але використовується нечасто через дороговизну реалізації.

При розширенні у детандері газ охолоджується, але за нормативами його температура має бути не менше  $-10^{\circ}\text{C}$ , а в деяких випадках – не менше  $0^{\circ}\text{C}$ , тому може використовуватися його підігрів, що несе додаткову витрату ресурсу. За допомогою попередніх розрахунків можна визначити області роботи турбогенератора, в яких при певних характеристиках детандера (ККД, відношеннях тисків тощо) можливо задовольнити потреби без додаткового підігріву газу. Також можна визначити залежності витрати паливного газу на підігрів у відповідності до перепаду тиску, загальної витрати технологічного газу і ККД розширювальної машини й порівняти енергетичні затрати при розширенні газу в детандері та при його дроселюванні на регуляторах тиску.

*Науковий керівник: Вансєв С.М., к.т.н.,  
доцент кафедри технічної теплофізики СумДУ*

**УДК 621.57**

## **ДВОСТУПЕНОВА АБСОРБЦІЙНО-АДСОРБЦІЙНА ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА ДЛЯ ТРИГАНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ**

*Урсолов Е.Г., магістрант каф. КіР, Якушевський В.В., магістрант каф. КіР,  
м. Миколаїв Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова*

Газові двигуни, що працюють на природному газі і альтернативних газоподібних паливах (біогаз і т.п.), знаходять все більш широке застосування в установках

автономного енергозабезпечення. Провідні двигунобудівні фірми випускають когенераційні модулі - зі штатними теплообмінниками для отримання гарячої води або водяної пари за рахунок використання теплоти випускних газів, надувного повітря або газоповітряної суміші (ГПС), що охолоджує сорочку двигуна води і мастила. Хоча когенераційні модулі легко інтегруються в системи тепло- і холодопостачання конкретних об'єктів, однак аналіз енергетичної ефективності таких тригенераційних систем показує наявність втрат теплоти і обумовлену ними недовиробіток холоду.

Так, з умови підтримки теплового стану двигуна, що забезпечує його надійну експлуатацію, температура зворотного (охолодженого) теплоносія, який повертається в когенераційну систему ГД від АБХМ, обмежується її специфікаційним значенням  $t_{зв} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При його перевищенні надлишок теплоти скидається в атмосферу, а при меншій температурі зворотного теплоносія  $t_{зв}$  до нього поміщується частина гарячого теплоносія, який виходить з когенераційного модуля і повертається в нього, міняючи АБХМ.

Рішення завдання підвищення ефективності трансформації теплоти ГД в холод розглядалося на прикладі тригенераційної установки автономного електро-, тепло- і холодозабезпечення заводу ТОВ "Сандора" - "Pepsico Ukraine" (м.Миколаїв, Україна). Проектування і монтаж установки виконані ПНВП "СИНАПС" - "GE Energy" (м.Київ) та ТОВ "Хладотехника" (м.Миколаїв). Тригенераційної установка включає 2 когенераційних газових двигуна JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (електрична потужність одного ГД 1400 кВт, теплова потужність 1500 кВт). Теплота, яка надходить від когенераційного модуля трансформується абсорбційною бромістолітєвою холодильною машиною (АБХМ) AR-D500L2 Century в холод, який витрачається на технологічні потреби і для роботи центральних кондиціонерів, що забезпечують охолодження повітря в машинному відділенні, з якого він надходить на всмоктування турбокомпресора ГД.

Відповідно до існуючої схеми при температурі зворотної (охолодженої) води на виході з АБХМ, наприклад  $t_{зв} = 75...80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тобто вище її специфікаційного значення  $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$  на вході в теплообмінники ГД, що забезпечує оптимальний тепловий стан ГД, частина зворотної води охолоджується в охолоджувачі зворотного теплоносія (ОТН) з відведенням надлишкової теплоти в атмосферу градирнею 2. Повертати надлишкову теплоту в АБХМ недоцільно через її знижений температурний потенціал,  $t_{зв} = 75...80\text{ }^{\circ}\text{C}$ , в порівнянні з температурою гарячого теплоносія на вході АБХМ:  $t_{г} = 90...95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , оскільки зниження температури гарячого теплоносія на вході АБХМ викликаючи погіршення ефективності трансформації тепла в холод - зниження теплового коефіцієнта  $\zeta$ .

Зниження температури теплоносія в АБХМ зазвичай становить не більше  $\Delta t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а реально навіть дещо менше, що не дозволяє охолоджувати теплоносій до температури на вході в ГД  $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що забезпечує підтримку теплового стану ГД на необхідному рівні, і викликає необхідність скидати надлишкову теплоту в атмосферу градирнею 2 аварійного скидання. Через відповідних втрат теплоти теплові коефіцієнти системи утилізації теплоти ГД виявляються значно нижче теплових коефіцієнтів власне АБХМ, що зумовлює істотне зниження холодопродуктивності.

Для скорочення існуючих втрат тепла, можна встановити додатково адсорбційну холодильну машину (АДХМ) відразу після існуючої АБХМ. Робочий режим АДХМ такий, що вона здатна використовувати теплоносій невисокого потенціалу з температурою  $70...80\text{ }^{\circ}\text{C}$  який в наслідки-віє охолоджується в ній до  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В запро-

понованій схемі тригенераційної установки в АДХМ використовується теплоносієм після абсорбційної машини з температурою 75 °С, охолоджуючись в ній до 67 °С. Подаючи на АДХМ частину, а саме 68,9% (85,3м3/год) від повної (123,8м3/год) витрати теплоносія, отримуємо 2 потоки зворотного теплоносія з температурами 75 °С після АБХМ і 67 °С після АДХМ. При змішуванні яких знову в один потік з температурою 70 °С. Вона відповідає специфікаційному значенню температури зворотного теплоносія, що подається на охолодження вузлів двигуна.

За рахунок утилізації надлишкової теплоти, раніше скидається в атмосферу, можна збільшити холодопродуктивність тригенераційної установки на величину 400-450 кВт, доводячи холодильну потужність установки майже до номінальної величини у 2000 кВт.

Також за рахунок використання ступеневої трансформації підвищується ефективність (тепловий коефіцієнт) системи утилізації з  $\zeta = 0,5$ , для базового варіанту, до  $\zeta = 0,7$  для варіанту з ступеневою абсорбційно-адсорбційною холодильною машиною.

### **Інформаційні джерела:**

1. Elsenbruch T. Jenbacher gas engines a variety of efficient applications / T. Elsenbruch.—București, October 28, 2010. – 73 p.
2. Adsorption Heat Pump - Building Equipments // Mitsubishi Plastics, Inc. – 4 p.

*Науковий керівник Остапенко О.В., к.т.н., доцент каф. КіР  
м.Миколаїв Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова*

**УДК 621.57**

## **СТУПЕНЕВА ЕЖЕКТОРНО-АБСОРБЦІЙНА СИСТЕМА ТРАНСФОРМАЦІЇ СКИДНОГО ТЕПЛА В ХОЛОД**

*Урсов Е.Г., магістрант каф. КіР, Спін І.В., магістрант каф. КіР, Остапенко О.В., к.т.н., доцент каф. КіР  
м.Миколаїв Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова*

У руслі загальносвітової тенденції децентралізації енергопостачання все більший попит отримують установки автономного електро-, тепло- та холодопостачання, в яких скидна теплота привідних двигунів електрогенераторів трансформується в холод тепловикористовуючими холодильними машинами, а холод використовується на технологічні потреби і кондиціонування повітря різних об'єктів. Особливо перспективним є застосування для приводу електрогенераторів газопоршневих двигунів, що випускаються в когенераційному виконанні - зі штатними теплообмінниками, в яких скидна теплота відводиться на нагрів води (теплоносія), теплота якого в свою чергу трансформується в холод абсорбційною бромистолітєвою холодильною машиною.

## ЗМІСТ

### СЕКЦІЯ №1 –ХОЛІДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

---

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СУДНОВИХ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИКЛУ СТІРЛІНГА

*Воловецький Н.Я., магістрант ІХКЕ ОНАХТ*

*Науковий керівник Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач кафедри холодильних*

*установок і кондиціювання повітря ОНАХТ .....4*

#### ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ІММЕРСІЙНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПРОДУКТУ БІНАРНИМ ЛЬОДОМ НА ПТАХОФАБРИЦІ

*Зінчук А. М., магістр ІХКЕ,*

*Науковий керівник: Зімін О.В., к.т.н., доц. кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНАХТ.....6*

#### ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ СТАНЦІЙ ТА ПУНКТИВ

*Смоленко Д.В., аспірант, Вірчак О.О., магістр, СумДУ, м. Суми*

*Науковий керівник: Ванєєв С.М., к.т.н., доцент кафедри технічної теплофізики СумДУ....8*

#### ДВОСТУПЕНОВА АБСОРБЦІЙНО-АДСОРБЦІЙНА ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА ДЛЯ ТРИГАНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

*Урсолов Е.Г., магістрант каф. КіР, Якушевський В.В., магістрант каф. КіР, .....9*

#### СТУПЕНЕВА ЕЖЕКТОРНО-АБСОРБЦІЙНА СИСТЕМА ТРАНСФОРМАЦІЇ СКИДНОГО ТЕПЛА В ХОЛОД

*Урсолов Е.Г., магістрант каф. КіР, Спінан І.В., магістрант каф.*

*Науковий керівник: Остапенко О.В., к.т.н., доцент каф. КіР м.Миколаїв Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова.....11*

#### ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ТЕРИТОРІАЛЬНОГО РИЗИКУ ТИПУ "ХІМІЧНЕ ОТРУЄННЯ" ВІД АМІАЧНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

*Сливинська М.В. 1, Черноіваненко А.Г.<sup>1</sup>, Желіба Т.О.<sup>2</sup>1Одеська національна академія харчових технологій. 2Одеський національний політехнічний університет*

*Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри ХУіКП ОНАХТ Желіба Ю.О.....13*

#### РОЗВИТОК ТЕНДЕНЦІЙ НА СВІТОВОМУ РИНКУ ПОБУТОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Кулік О.С., студент бакалавр ОНАХТ Петушенко С.М., викладач ОТК ОНАХТ,*

*м.Одеса.....15*

#### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАЦИИ ХОЛОДИЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЛЦ АВАНГАРД

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

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
**ЗА МАТЕРІАЛАМИ**  
**ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ**  
**ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**  
**«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ**  
**ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

*27-28 листопада 2020 року*

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