



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

## **XII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

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

**27-28 вересня 2019 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ**



**ОДЕСА 2019**

УДК 621.565 (075.6)

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

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

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

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

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

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

**Члени наукового комітету:**

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

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

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - 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 Володимир Олексійович - 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;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

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

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

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

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

### 110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

#### **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,  
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

#### **АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;  
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.  
e - mail: info@krioprom.com.ua

#### **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

<b>СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.</b>		<b>стр.</b>
<b>ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ</b>		
37.	<b>РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ОХОЛОДЖУВАЧА НАПОЇВ</b>	114
38.	<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕПЛОТИ ГОЗОВОГО ДВИГУНА В ХОЛОД ВИКОРИСТАННЯМ СТУПІНЧАСТОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ В ЕХМ І АБХМ</b>	116
39.	<b>ДВОПОТОЧНА ЕЖЕКТОРНО-АБСОРБЦІЙНА СИСТЕМА ТРАНСФОРМАЦІЇ СКИДНОГО ТЕПЛА ГАЗОПОРШНЕВОГО МОДУЛЯ</b>	118
40.	<b>MODIFICATION OF SHIP'S THERMAL INSULATION STRUCTURES IN ACCORDANCE WITH REGULATIONS' REQUIREMENTS FOR THE FROZEN PRODUCTS TRANSPORTATION IN ORDER TO IMPROVE REFRIGERATION SYSTEM EFFICIENCY</b>	121
41.	<b>ВИКОРИСТАННЯ ІМЕРСІЙНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ БІНАРНИМ ЛЬОДОМ НА М'ЯСОКОМБІНАТАХ</b>	123
42.	<b>МОЖЛИВОСТІ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ПАРИЗЬКОЇ УГОДИ ТА ПОПРАВКИ КІГАЛІ ДЛЯ HVAC&amp;R СЕКТОРУ УКРАЇНИ</b>	125
43.	<b>ЗАТУХАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ХВИЛІ В КОНТЕЙНЕРАХ З ПІДВИЩЕНОЮ ТЕПЛОВОЮ ІНЕРЦІЄЮ СТІНОК</b>	128
44.	<b>АНАЛІЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАННЯ НА КРУПНИХ ПЕРЕДПРИЯТТЯХ ТОРГОВЛІ</b>	131
45.	<b>ВПЛИВ ХОЛОДОАГЕНТІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ</b>	133
46.	<b>МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ РОТОРНО-ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОМІРНОГО ХОЛОДУ</b>	136
 <b>СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ.</b>		<b>стр.</b>
<b>ТЕПЛОВІ НАСОСИ</b>		
1.	<b>ПРОМИСЛОВІ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ KR ТА Хе З КОНЦЕНТРОВАНИХ СУМІШЕЙ</b>	139
2.	<b>ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТВЕРДОГО НЕОНУ</b>	141
3.	<b>НЕЧІТКА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЮ КОЛОНОЮ</b>	142
4.	<b>ГАЗОДИНАМІЧНІ ХОЛОДИЛЬНО-НАГРІВАЛЬНІ АПАРАТИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ПРИРОДНОМУ ГАЗІ</b>	144
5.	<b>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ВОЗДУШНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ КОМЕРЧЕСКИХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК</b>	145
6.	<b>АНАЛІЗ СИСТЕМ КОГЕНЕРАЦІЇ С ДВУМА ТЕМПЕРАТУРНИМИ УРОВНЯМИ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДА</b>	147
7.	<b>СИСТЕМА ХЛАДОСНАБЖЕННЯ КАМЕР ХРАНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ ФЕРМЕРСКОГО ХОЗЯЙСТВА С СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ</b>	150
8.	<b>DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR OBTAINING WATER FROM ATMOSPHERIC AIR ON THE BASIS OF ABSORPTION WATER-AMMONIA REFRIGERATORS AND SOLAR COLLECTORS</b>	152

УДК 621.57

## ДВОПОТОЧНА ЕЖЕКТОРНО-АБСОРБЦІЙНА СИСТЕМА ТРАНСФОРМАЦІЇ СКИДНОГО ТЕПЛА ГАЗОПОРШНЕВОГО МОДУЛЯ

Остапенко О.В., канд.техн.наук., доц. каф. КіР

Грич А.В. канд.техн.наук., доц. каф. КіР

НУК ім. адмірала Макарова, м. Миколаїв,

[ostapenko.alex89@gmail.com](mailto:ostapenko.alex89@gmail.com)

Газові двигуни (ГД), 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 рубашку двигуна води і мастила [1, 2]. 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 через невідповідність температурних умов ефективної роботи термотрансформатора, найчастіше на базі абсорбційної бромістолітєвої холодильної машини (АБХМ), і когенераційного газопоршневого модуля.

Рішення завдання підвищення ефективності трансформації теплоти ГД в холод розглядалося на прикладі тригенераційної установки автономного електро-, тепло- і холодопостачання заводу ТОВ "Сандора" - "Pepsico Ukraine" (м.Миколаїв, Україна). Тригенераційна установка включає 2 когенераційних газових двигуна JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (електрична потужність одного ГД 1400 кВт, тепла потужність 1500 кВт), Теплота гарячої води 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.

При температурі зворотної (охолодженої) води на виході з АБХМ, наприклад  $t_{зв} = 75...80^{\circ}\text{C}$ , тобто вище її специфікаційного значення  $t_{зв.сп} = 70^{\circ}\text{C}$  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 рівень,  $t_{зв} = 75...80^{\circ}\text{C}$ , в порівнянні з специфікаційною температурою гарячого теплоносія на вході АБХМ:  $t_{г.сп} = 90...95^{\circ}\text{C}$ , оскільки зниження температури гарячого теплоносія на вході АБХМ викликає погіршення ефективності трансформації тепла в холод - зниження теплового коефіцієнта  $\zeta$ , що представляє собою відношення отриманого холоду до витрат тепла.

При цьому, втрати теплоти, тобто теплота, відведена від зворотного теплоносія після АБХМ в атмосферу градирнею 2 аварійного викиду через недоцільність його подачі в ГД з температурою  $t_{г}$  вище  $70^{\circ}\text{C}$ , вельми значні і становлять приблизно 30 % її загальної кількості отриманої від ГД, що свідчить про наявність резервів вдосконалення системи трансформації скидний теплоти ГД в холод шляхом скорочення цих втрат.

Для скорочення цих втрат була розроблена система трансформації скидного тепла газового двигуна в холод ежектроною і абсорбційною бромістолітєвою холодильними машинами. Схема системи приведена на рис. 1

Метою використання двохпоточної системи є підвищення температури теплоносія на виході з УК. Так для схеми з одною АБХМ при розподіленні витрат зворотного теплоносія 60/40%, тобто 40% від базової витрати подається після АБХМ безпосередньо до УК в обхід ОТН, а 60% подається в ОТН

де надлишкове тепло скидається в атмосферу і після цього теплоносієм з температурою  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  подається на охолодження вузлів ГД, можна досягти температури на виході з УК  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє збільшити тепловий коефіцієнт АБХМ, і незначно підвищити кількість теплоти відведеної від теплоносія в генераторі АБХМ і як наслідок збільшити базову холодопродуктивність установки. Запропонована схема включає також ЕХМ, випарна секція генератора ЕХМ якої розташована на гілці теплоносія, який йде від ГД перед АБХМ, а економайзерна секція - після АБХМ. Схема запропонованої системи трансформації показана на рис. 1

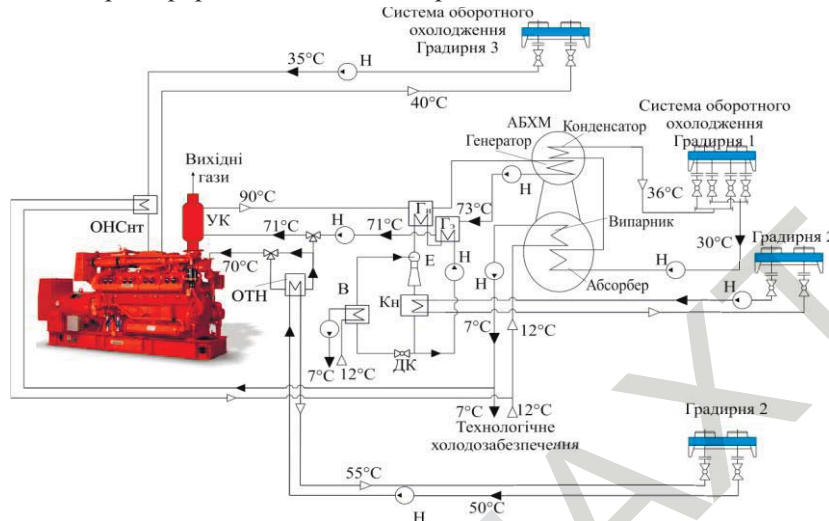


Рис. 1 – Схема розробленої системи трансформації теплоти ГПД в холод в ЕХМ і АБХМ з двопоточною подачею зворотного теплоносія: УК – утилізаційний котел; ОТН – охолоджувач теплоносія; Н – насос; Е – ежектор; В – випарник; Кн – конденсатор; Г – випарна і економайзерна секції генератора пари високого тиску ЕХМ; ДК - дросельний клапан

Так як зі збільшенням теплоти використовуваної в генераторі ЕХМ зменшується температура зворотного теплоносія на вході в ГПД, то були проведені розрахунки зміни температур на вході і виході з основних елементів системи залежно від кількості використаної теплоти в ЕХМ ( рис.2), по якій можна визначити оптимальне навантаження на ЕХМ

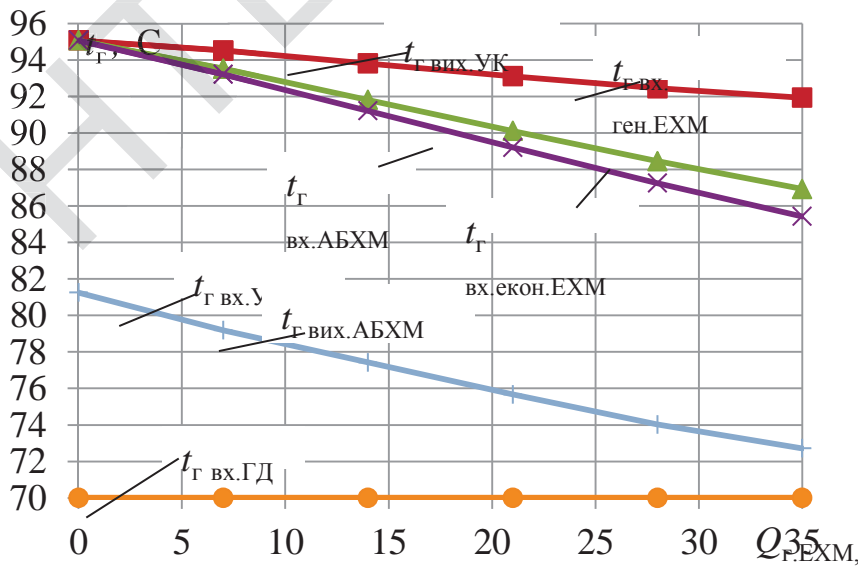


Рис. 2 – Температури теплоносія на вході і виході основних елементів системи трансформації в залежності від кількості використаної теплоти в ЕХМ

$t_{г\text{ вих.УК}}$ ,  $t_{г\text{ вих.ген.ЕХМ}}$  – температура на виході з УК і вході в генераторну секцію ЕХМ;

$t_{2 \text{ вх. АБХМ}}$  – температура на вході в АБХМ;  $t_{2 \text{ вх. екон. ЕХМ}}$ ,  $t_{2 \text{ вих. АБХМ}}$  – температура на виході з АБХМ, вході в економізерну секцію ЕХМ;  $t_{2 \text{ вх. УК}}$  – температура потоку з 40% витратою від загального на вході в УК;  $t_{2 \text{ вх. ГД}}$  – температура потоку з 60% витратою від загального на вході в ГД

Як видно з рис 2 при використанні 20% загальної теплоти від ГД в ЕХМ, можна отримати ефективність роботи базової АБХМ і додатково приріст холодопродуктивності від ЕХМ (7% від базової при  $\zeta_{\text{ЕХМ}} = 0,2$  або 14% від базової при  $\zeta_{\text{ЕХМ}} = 0,4$ ) .. Але через наявність двопоточної схеми присутні також втрати теплоти (так як крім зростання температури теплоносія на виході з КК спостерігається зростання температури зворотного теплоносія, і потреби зниження її до необхідності 70 ° С, які складають 15% теплоти від ГД в разі використання в ЕХМ 20% загальної тіплоти від ГД в ЕХМ. У спробі знизити ці втрати і збільшити використання теплоти в ЕХМ спостерігається зниження температури теплоносія на вході АБХМ і як наслідок зниження теплоти використовуваної і трансформованою в ній в холод. В результаті сумарна холодопродуктивність АБХМ і ЕХМ знижується.

#### **Висновки:**

Шляхом трансформації частини надлишкової теплоти, зазвичай скидається в атмосферу, в холод в ЕХМ можна збільшити холодопродуктивність установки трансформації скидного тепла ГПД використовуючи двопоточні подачу зворотного теплоносія. При цьому важливо вибрати оптимальне значення теплоти теплоносія, що використовується в ЕХМ, при якому можна домогтися максимальної сумарної продуктивності ЕХМ і АБХМ.

#### **Література.**

1. Economic utilization of Biomass and Municipal Waste for power generation. Some energy lasts for generations. – GE Jenbacher Company Overview. – June 13, 2007. – 39 p.
2. Elsenbruch T. Jenbacher gas engines a variety of efficient applications / T. Elsenbruch [статья]. – București, October 28, 2010. – 73 p.
3. GTI Integrated Energy System for Buildings. Modular System Prototype/ G. Rouse, M. Czachorski, P. Bishop, J. Patel // GTI Project report 15357/65118: Gas Technology Institute (GTI). – January 2006. – 495 p.