

# СТУПЕНЕВА ЕЖЕКТОРНО-АБСОРБЦІЙНА СИСТЕМА ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕПЛОТИ ГАЗОВОГО ДВИГУНА В ХОЛОД

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,  
м. Миколаїв, [ostapenko.alex89@gmail.com](mailto:ostapenko.alex89@gmail.com)

*Виконано аналіз існуючої системи трансформації скидний теплоти ГД в холод. Встановлено значні втрати тепла. Запропоновано ступінчаста абсорбційної-ежекторна система, використання якої дає скорочення втрат теплоти і приріст холодопродуктивності системи до 18% при тепловому коефіцієнті ЕХМ рівним 0,2*

**Ключові слова:** тригенерація, абсорбційна холодильна машина, ежекторна холодильна машина, утилізація теплоти.

## Вступ

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 бромістолітєвою холодильною машиною.

## Результати дослідження

Відповідно до існуючої схеми при температурі теплоносія, на виході з когенераційного модуля, що дорівнює 90°C, зниження температури теплоносія в АБХМ зазвичай становить не 15 °С, а реально навіть дещо менше, що не дозволяє охолоджувати теплоносію до температури на вході в ГД  $t = 70$  °С, яка б забезпечувала підтримку теплового стану ГД на необхідному рівні, і викликає необхідність скидати надлишкову теплоту в атмосферу градирнею аварійного скидання. Через відповідні втрати теплоти теплові коефіцієнти системи утилізації теплоти ГД виявляються значно нижче теплових коефіцієнтів власне АБХМ, що зумовлює істотне зниження холодопродуктивності.

Рішення завдання підвищення ефективності трансформації теплоти газового двигуна в холод розглядалося на прикладі установки автономного електро-, тепло- і холодозабезпечення заводу ТОВ "Сандора" - "Pepsico Ukraine" (м.Миколаїв, Україна). Установка включає два когенераційних газових двигуна JMS 420 GS-N.LC GE Jenbacher (електрична потужність одного ГД 1400 кВт, теплова потужність 1500 кВт), в якому теплота випускних газів, надувої газоповітряної суміші, що охолоджує сорочку двигуна води і мастила використовується для нагріву води. Теплота гарячої води трансформується абсорбційною бромістолітєвою холодильною машиною AR-D500L2 Century в холод (холодильна потужність 2000 кВт), який витрачається на технологічні потреби і для роботи центральних кондиціонерів, що забезпечують охолодження повітря в машинному відділенні (рис.1).

З метою виключення зазначених втрат тепла, було запропоновано використовувати в системі утилізації додаткову тепловикористовуючу ежекторну холодильну машину. Ежекторні ХМ відрізняються простотою конструкції, але їх ефективність роботи дуже сильно залежить від температури теплоносія на вході. Незначне падіння температури теплоносія призводить до значного падіння теплового коефіцієнта ЕХМ, в порівнянні з АБХМ. Тому ежекторний ступень запропоновано використовувати перед АБХМ щоб спрацювати в генераторі ЕХМ високопотенційне тепло теплоносія.

Згідно запропонованої схеми (рис.1) тепло теплоносія з температурою  $90^{\circ}\text{C}$  використовується в випарній частині генератора ЕХМ. Потім зі зниженою до  $85^{\circ}\text{C}$  температурою теплоносії подається в АБХМ в результаті чого на виході з АБХМ отримують теплоносії з температурою  $\approx 72^{\circ}\text{C}$ . Для дотримання умови підтримки температури зворотного теплоносія на вході в газопоршневу двигун не вище  $70^{\circ}\text{C}$ , решта надлишкового тепла теплоносія відводиться в економайзерною частиною генератора ЕХМ для проміжного нагріву рідини перед випарною частиною генератора.

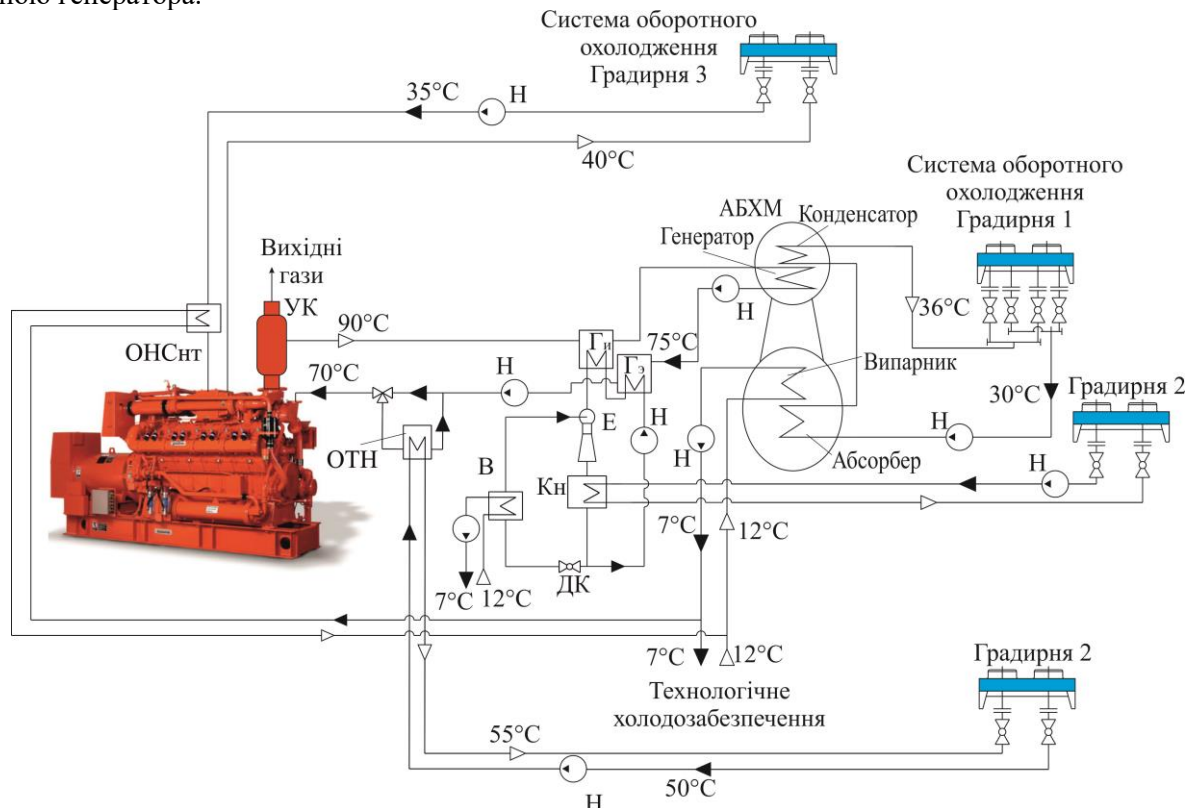


Рис.1 Схема запропонованої ступеневої системи трансформації скидного тепла ГПД в холод в ЕХМ і АБХМ: УК - утилізаційний котел; Г<sub>г</sub>, Г<sub>е</sub> - генераторна і економайзерная секції ЕХМ; ДК - дросельний клапан; Кн - конденсатор; В - випарник; Е - ежектор; градирня 2 - аварійного скидання тепла; ОТН- охолоджувач теплоносія; ОНСнт - охолоджувач надувної суміші; Н насос

Для запропонованої схеми були розраховані загальна холодопродуктивність, а також її складових - холодопродуктивності ЕХМ і АБХМ. При цьому було встановлено що, через використання частини теплоти теплоносія в генераторній секції ЕХМ перед АБХМ, і як результат зниження його температури, спостерігається зниження кількості теплоти використаного в АБХМ запропонованої схеми і трансформованого в холод. Але за рахунок додаткового холоду, одержуваного в ЕХМ, загальна холодопродуктивність трохи зростає.

Для запропонованої схеми системи трансформації скидного тепла ГД в холод були проведені розрахунки приросту холодопродуктивності при різних теплових коефіцієнтах ЕХМ. Було встановлено що використання ЕХМ в запропонованій схемі системи трансформації скидного тепла ГД в холод доцільно при її тепловому коефіцієнті  $0,15$  і вище. Так як при тепловому коефіцієнті ЕХМ  $0,14$  НЕ буде приросту холодопродуктивності в порівнянні з базовою схемою системи.

### Висновки

Шляхом трансформації надлишкової теплоти, зазвичай скидається в атмосферу, в холод в ЕХМ можна збільшити холодопродуктивність установки автономного електро-, тепло- та холодопостачання, при можливості експлуатації ЕХМ з підвищеним тепловим коефіцієнтом. При цьому при значенні теплового коефіцієнта ЕХМ  $\zeta = 0,4$  можна досягти  $18\%$  приросту холодопродуктивності системи в порівнянні з базовим її значенням.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[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.

[4] Радченко А. Н., Зубарев А. А., Остапенко А. В., Грич А. В. Повышение эффективности утилизации теплоты газового двигателя ступенчатой трансформацией [Текст] / А. Н. Радченко, А. А. Зубарев, А. В. Остапенко, А. В. Грич // Авиационно-космическая техника и технология. – 2018. – № 6 (150). – 113 с. С. 39–43.

[5] Колективна монографія: "Інноваційні технології комбінованого виробництва енергії для переробних підприємств", розділ 14 " Трансформація теплоти когенераційних газопоршневих модулів установки автономного електро- тепло- та холодозабезпечення технологічного виробництва " / А.М Радченко, Р.М. Радченко, О.В. Остапенко/ ПОВНОЦІННЕ ХАРЧУВАННЯ: інноваційні аспекти технологій, енергоефективного виробництва, зберігання та маркетингу: колективна монографія / за ред. проф. В. В. Євлаш, проф. В. О. Потапова, проф. М.І. Радченко, проф. Н. Л. Савицької. – Х. : Світ книг, 2016. – 546 с.

Стаття надійшла до редакції \_\_\_\_2019

\*Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурсним проектом 0119U103288

**Радченко Андрій Миколайович** — к.т.н, доцент кафедри кондиціонування та рефрижерації e-mail: nirad50@gmail.com

**Остапенко Олексій Валерійович** — к.т.н, доцент кафедри кондиціонування та рефрижерації.

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

**A.M. Radchenko**

**O.V. Ostapenko**

## Stepped ejector-absorption chiller system for transformation of gas engine heat into cold

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

The analysis of the existing system of transformation of waste heat of gas engine to the cold. Established significant heat loss. A staged absorption-ejector system has been proposed, the use of which results in a reduction in heat loss and an increase in the cooling capacity of the system to 18% with an ejector chiller thermal coefficient equal to 0.4

**Keywords:** trigeneration, absorption chiller, ejector chiller, heat recovery.

**Radchenko Andrii Mykolayovych** – PhD Assistant Professor of the Conditioning and Refrigeration Department, e-mail: nirad50@gmail.com;

**Ostapenko Oleksii Valeriiovych** – PhD, Assistant Professor of the Conditioning and Refrigeration Department;

**А.Н. Радченко**

**А.В. Остапенко**

## Ступенчатая эжекторно-абсорбционная система трансформации теплоты газового двигателя в холод

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Выполнен анализ существующей системы трансформации сбросной теплоты ГД в холод. Установлены значительные потери тепла. Предложена ступенчатая абсорбционно-эжекторная система, использование которой дает сокращение потерь теплоты и прирост холодопроизводительности системы до 18% при тепловом коэффициенте ЭХМ равным 0,4

**Ключевые слова:** тригенерация, абсорбционная холодильная машина, эжекторная холодильная машина, утилизация теплоты.

**Радченко Андрей Николаевич** – к.т.н., доцент кафедры кондиционирования и рефрижерации e-mail: nirad50@gmail.com;

**Остапенко Алексей Валериевич** – к.т.н., доцент кафедры кондиционирования и рефрижерации;