



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

ХІІ 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

ЗМІСТ

	СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.	стр.
1.	УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ГАЗІВ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ОХОЛОДЖЕННЯМ ПОВІТРЯ НА ВХОДІ	10
2.	ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ	14
3.	СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ	17
4.	ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АЕРОТЕРМОПРЕСОРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CFD МОДЕЛЮВАННЯ	20
5.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АЭРОТЕРМОПРЕССОРНОГО АПАРАТА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ	22
6.	МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	24
7.	ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ В КОНКРЕТНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ	28
8.	ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ	32
9.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ	36
10.	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ ГАЗОПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ	41
11.	ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	46
12.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	52
13.	ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ	54
14.	ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА НА ПАЛИВНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ	57
15.	UKRAINIAN ENERGY POLICY DEVELOPMENT. INTERNATIONAL EXPERIENCE	60
16.	THE CYCLE ENSURING UNINTERRUPTED OPERATION OF THE CONTACT HEAT EXCHANGER	62
17.	ОХОЛОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	64
18.	АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ БЫТОВОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	67

УДК 621.578

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АЕРОТЕРМОПРЕСОРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CFD МОДЕЛЮВАННЯ

Кобалава Г.О., викладач, Цапенко В.Д., студент, Бойко А.І., магістр

Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова, м. Херсон, g.lavamay@gmail.com

Розвиток енергозберігаючих технологій, які забезпечують утилізацію низькопотенційної теплоти вторинних енергоресурсів, являється перспективним шляхом для сприяння підвищення ефективності газотурбінних установок (ГТУ). Подача води в канал компресора ГТУ є одним з ефективних способів підвищення потужності і ефективності ГТУ. Вода під високим тиском упорскується в ненасичений потік повітря, в якому вона випаровується, через що відбувається відведення теплоти від циклового повітря. Цей метод часто використовується і давно застосовується в широкому спектрі ГТУ [1].

Одним з перспективних способів розпилення рідини є застосування аеротермопресора, який представляє собою двофазовий струминний апарат, в якому за рахунок відведення теплоти від повітряного потоку відбувається підвищення тиску повітря та його охолодження. Основною проблемою при розробці аеротермопресора є визначення геометричних характеристик проточної частини апарата та системи упорскування рідини, які б дозволили забезпечити ефективне його застосування.

Для визначення основних характеристик аеротермопресора системи охолодження циклового повітря ГТУ було проведено аналіз ряду типових моделей за допомогою комп'ютерного CFD-моделювання. Конструкцію аеротермопресора розроблено для дослідження робочих процесів при виникненні термогазодинамічної компресії з метою визначення оптимальних геометричних і режимних параметрів.

Тривимірний твердотільний модель аеротермопресора наведена на рис. 1.

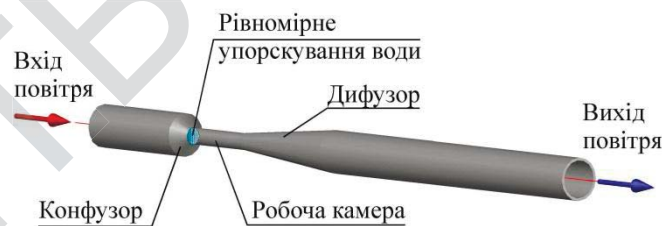


Рис. 1. Тривимірний твердотільний модель аеротермопресора

Було прийнято наступні основні геометричні характеристики проточної частини досліджуваної моделі аеротермопресора: довжина аеротермопресора (при $L/D = 5$) $L_{атп} = 1324$ мм; діаметр на вході в конфузор $D_{c1} = 188$ мм; кут конусності конфузора $\alpha = 35^\circ$; діаметр камери випаровування $D_{ch} = 68$ мм; довжина камери випаровування $L_{ch} = 340$ мм; діаметр на виході з дифузора $D_{d2} = 190$ мм; кут конусності дифузора $\beta = 5^\circ$.

Для проведення чисельного моделювання процесу перебігу повітряного потоку в аеротермопресорі методом кінцевих об'ємів [2, 3, 4] в програмному комплексі ANSYS Fluent (CFD-моделювання) була визначена методика розрахунку, обрана модель турбулентності, проведено розрахунок з урахуванням збіжності результатів та здійснена обробка вихідних даних в постпроцесорі.

Для забезпечення максимального підвищення тиску в результаті термогазодинамічної компресії, упорскування води здійснювалося із збитком. Також це дозволить отримати дисперсність

поток на виході з дифузора достатню (середній діаметр крапель води до 20 мкм) для забезпечення мінімальної сепарації крапель на лопатках та корпусі компресора, що у свою чергу дозволить створити необхідні умови для процесу ізотермічного стиснення в компресорі високого тиску газотурбінного двигуна. Розпилення води здійснювалося в перерізі початку камери випаровування (рис. 1).

Результати. Результати моделювання роботи аеротермопресора показали (рис. 2), що підвищення повного тиску циклового повітря між ступенями компресора в результаті термогазодинамічної компресії складає $\Delta P_{\text{атп}} = 1,4$ кПа (0,5%) при охолодженні потоку на $\Delta T_{\text{атп}} = 300$ К. Таким чином початкова температура $T_{\text{атп1}} = 650$ К (377 °С) знижується до температури на виході $T_{\text{атп2}} = 350$ К (70°С). Швидкість на вході в камеру випаровування складає $w_{\text{атп}} = 326$ м/с (0,67 М). Порівняння зміни тиску $P_{\text{атп}}$ по довжині проточної частини аеротермопресора з та без упорскування води (рис. 2) показує, що тиск в камері випаровування внаслідок втрат зменшується з 220 кПа до 215 кПа, тобто втрати тиску складають $\Delta P_{\text{терп}} = 5$ кПа (1,7%). Однак, наявність термогазодинамічної компресії підвищує тиск і компенсує ці втрати. При цьому повний тиск в камері випаровування збільшується на $\Delta P_{\text{атп1}} = 30$ кПа (10 %).

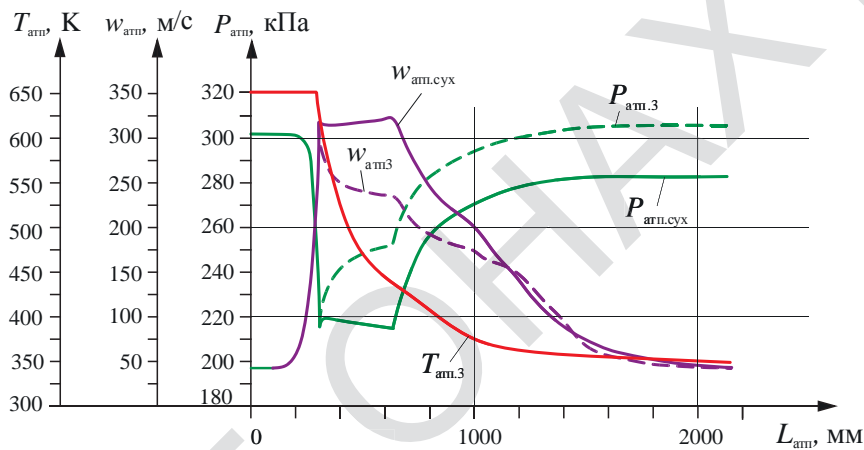


Рис. 2. Залежності основних характеристик потоку: повного тиску $P_{\text{атп}}$, швидкості $w_{\text{атп}}$, температури $T_{\text{атп}}$ по довжині проточної частини аеротермопресора $L_{\text{атп}}$:

————— для аеротермопресора без упорскування рідини;

----- для аеротермопресора з упорскуванням рідини в камеру випаровування.

В дифузорі відбувається зменшення швидкості потоку до 30–40 м/с із одночасним підвищенням тиску. Підвищення тиску в проточній частині аеротермопресора з упорскуванням рідини у порівнянні із «сухим» аеротермопресором складає $\Delta P_{\text{сух.атп}} = 24,5$ кПа (8,1 %).

ЛІТЕРАТУРА

1. Konovalov, D., Kobalava, H.: Efficiency Analysis of Gas Turbine Plant Cycles with Water Injection by the Aerothermopressor. In: Ivanov V. et al. (eds.) Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 581-591. Springer, Cham (2020).
2. ANSYS Fluent Tutorial Guide Release 17.0. Canonsburg: ANSYS, Inc., – 2016. – 1216 p.
3. Jayanti, S. Computational Fluid Dynamics for Engineers and Scientists [Text] / S. Jayanti. – Netherlands: Springer, 2014. – 402 p.
4. Кобалава, Г.О. Визначення конструктивних параметрів проточної частини аеротермопресора системи охолодження циклового повітря мікротурбін [Текст] // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – 2019. – № 2 (154). – С. 44-50.