



**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 ХОЛОДИЛЬНЫХ 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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АЭРОТЕРМОПРЕССОРА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГТУ

**Коновалов Д.В., к.т.н., доцент, Кобалава Г.А., преподаватель, Максимов В.И., преподаватель
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения
имени адмирала Макарова, г. Херсон, g.lavamay@gmail.com**

Струйные аппараты давно заняли свою нишу в технической сфере, и нашли широкое применение, как в виде отдельных устройств, так и в составе энергетических установок для совершенствования вспомогательных систем и повышение топливно-энергетической эффективности. Одним из таких аппаратов является аэротермопрессор, представляющий собой двухфазное струйное устройство для контактного охлаждения, в котором за счет отвода теплоты от воздушного потока происходит повышение давления воздуха, и соответственно, его охлаждение.

Эффективность работы аэротермопрессора зависит от значений потерь полного давления, на которые влияют следующие факторы: поверхностное и внутреннее трение газа, аэродинамическое сопротивление системы впрыска, лобовое сопротивление капель впрыснутой жидкости и др. Такие потери могут быть достаточно значительными и составлять до 10-40% в зависимости от особенностей конструкции проточной части аппарата. Таким образом, для обеспечения высокоэффективной работы аэротермопрессора необходимо определить технологические требования к конструкции проточной части аппарата, так как они оказывают значительное влияние на рабочие процессы и предопределяют затраты энергии для преодоления сил трения и местных сопротивлений на сужающе-расширительных участках аппарата [1, 2].

Для определения оптимальных конструктивных параметров экспериментального аэротермопрессора (рис. 1) при различных скоростях потока воздуха в рабочей камере ($M = 0,4-0,8$) был проведен гидродинамический анализ ряда типовых моделей при помощи компьютерного CFD моделирования [3, 4]. Расчет основных параметров потока воздуха (полное давление, динамическое давление, скорость, температура и др.) в аэротермопрессоре проводился для ряда углов конусности конфузора α и диффузора β , а также для ряда значений относительной скорости воздуха в рабочей камере $M = 0,4 - 0,8$.

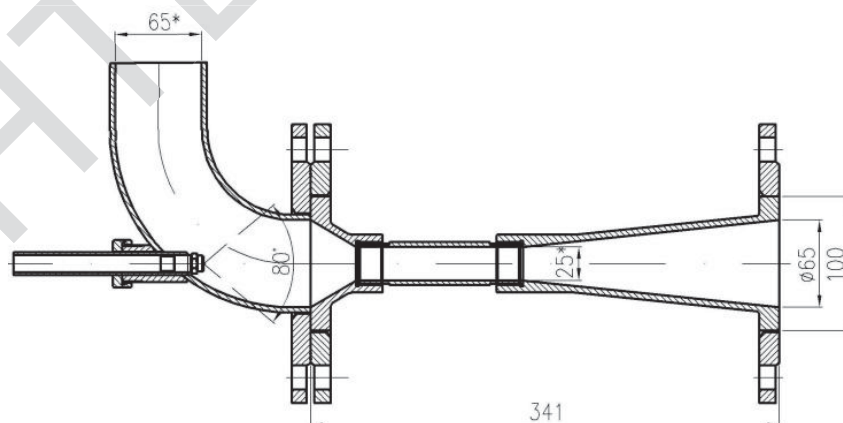


Рис. 1. Основные параметры экспериментального аэротермопрессора

Для проведения численного моделирования процесса течения воздушного потока в аэротермопрессоре методом конечных объемов в программном комплексе ANSYS Fluent, была определена методика расчета, основанная на решателе Pressure-Based. Была выбрана модель турбулентности, проведен расчет с учетом сходимости результатов, после чего осуществлена

обработка и визуализация выходных данных в постпроцессоре, в виде графиков, полей и линий тока для основных параметров рабочего процесса.

В результате компьютерного моделирования ряда моделей азотермопрессора было получено значение коэффициентов местного сопротивления для диффузора (угол раскрытия $\beta = 6; 8; 10; 12^\circ$) и конфузора (угол раскрытия $\alpha = 30; 35; 40; 45; 50^\circ$). При этом для конфузора - $\zeta_c = 0,02-0,08$, где меньшие значения соответствуют углу раскрытия $\alpha = 30^\circ$. Влияние сопротивления диффузора более значительное - $\zeta_d = 0,08-0,32$, где меньшее значение имеет диффузор с углом раскрытия $\beta = 6^\circ$.

Уравнение зависимости коэффициента местного сопротивления конфузора ζ_c от геометрических параметров аппарата определено методом аппроксимации:

$$\zeta_c = \sin\alpha \cdot 0,3287\sin\alpha - 0,2421 + n_c \cdot 7 \cdot 10^{-4} n_c - 0,0063 + 0,0858 \quad (1)$$

где α - угол конусности конфузора, $^\circ$;

n_c - степень сужения конфузора.

Данное уравнение (коэффициент регрессии - $R = 0,9857$; $R^2 = 0,9715$) получено для характеристик течения в конфузоре: $1,2 \cdot 10^5 < Re < 3,4 \cdot 10^5$; $\alpha = 30-50^\circ$; $M = 0,4-0,8$; $n_c = 5,6-8,5$. Отклонение расчетных значений коэффициента ζ_c от полученных при численном CFD-моделировании $\zeta_{c,c}$ составляет $\delta_c = \pm 7\%$.

Уравнения зависимости коэффициента местного сопротивления диффузора ζ_d от геометрических параметров азотермопрессора:

$$\zeta_d = \sin\beta \cdot 0,428 + 6,4174\sin\beta + n_d \cdot 0,0142 - 7 \cdot 10^{-4} n_d - 0,0794 \quad (2)$$

где β - угол конусности диффузора, $^\circ$;

n_d - степень расширения диффузора.

Данное уравнение (коэффициент регрессии - $R = 0,9828$; $R^2 = 0,9659$) получено для характеристик течения в диффузоре: $1,2 \cdot 10^5 < Re < 3,4 \cdot 10^5$; $\beta = 4-12^\circ$; $\alpha = 40^\circ$; $M = 0,4-0,8$; $n_d = 4,4-8,7$.

Отклонение расчетных значений коэффициента ζ_d от полученных при численном моделировании $\zeta_{d,d}$ составляет $\delta_d = \pm 10\%$.

Выводы. Анализ расчетных данных показывает, что общие потери давления в "сухом" азотермопрессоре (без впрыска жидкости на испарение) при фиксированном угле сужения конфузора $\alpha = 40^\circ$ и переменных углах раскрытия диффузора $\beta = 4-14^\circ$ составляют $\Delta P_{loss} = 0,05-1,00 \cdot 10^5$ Па (2-31 %). При фиксированном угле раскрытия диффузора $\beta = 6^\circ$ и переменных углах сужения конфузора $\alpha = 30-50^\circ$ - $\Delta P_{loss} = 0,05-0,40 \cdot 10^5$ Па (1-12 %). Таким образом, влияние изменения угла раскрытия диффузора больше, чем влияние угла сужения конфузора. При этом можно рекомендовать для азотермопрессора с расходом воздуха до 1,0 кг/с углы: $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 6^\circ$, соответствующие минимальным потерям давления $\Delta P_{loss} = 1,0-9,5\%$, а значит, и максимальному повышению давления в результате термогазодинамической компрессии при испарении впрыснутой жидкости в рабочей камере.

ЛІТЕРАТУРА

1. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям [Текст] / И. Е. Идельчик. - Москва: Машиностроение, 1992. - 672 с.
2. Кулінченко, В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід [Текст] / В. Р. Кулінченко. - Київ: Центр навчальної літератури, 2006. - 616 с.
3. Jayanti, S. Computational Fluid Dynamics for Engineers and Scientists [Text] / S. Jayanti. - Netherlands: Springer, 2014. - 402 p.
4. Rao, P. S. Turbulence Modeling and Numerical Analysis for the Configuration of a Supersonic Air Ejector [Text] / P. S. Rao, C. Moorthy, V. Srinivas. // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. - 2017. - Vol. 8, No. 10. - P. 130-139.