



**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

СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ. ТЕПЛОВІ НАСОСИ		стр.
9.	THERMODYNAMIC ANALYSIS OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS	155
10.	DEVELOPMENT OF DOMESTIC ABSORPTION REFRIGERATOR FOR OPERATION IN A WIDE RANGE OF EXTERNAL AIR TEMPERATURES	158
11.	MODELING OF THERMAL MODES OF THE REFLUX CONDENSER OF THE ABSORPTION REFRIGERATION UNIT	161
12.	РАЗРАБОТКА АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ	164
13.	RESEARCH OF ELEMENTS OF TECHNOLOGY FOR REMOVAL OF NATURAL PESTICIDES FROM PLANT RAW MATERIALS	167
14.	ПЕРСПЕКТИВНА СХЕМА ЗРІДЖУВАЧА ВОДНЮ МАЛОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЇЇ РОЗРАХУНОК	169
15.	ВИКОРИСТАННЯ ВІДКРИТОГО ЦИКЛУ СТРІЛІНГА В АВТОМОБІЛІ, ЩО ПРАЦЮЄ НА РІДКОМУ АЗОТІ	172
СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ РОБОЧІ РЕЧОВИНИ		стр.
1.	ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБИНИ З УРАХУВАННЯМ СТЕПЕНІ НЕРОЗРАХУНКОВОСТІ ТЯГОВОГО СОПЛА	175
2.	МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ТРЁХСТУПЕНЧАТОЙ СЕКЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ САЙКЛИНГ-ПРОЦЕССА	177
3.	ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕЧІЇ В ЩІЛИНАХ ТА ОТВОРАХ ЕКВІВАЛЕНТНОЮ ПЛОЩЕЮ ПРОХІДНОГО ПЕРЕРІЗУ	179
4.	РОБОТА МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА НА ХОЛОДОАГЕНТІ З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК	180
5.	ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ПЕРЕД СЖАТИЕМ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ БРОСОВОГО ТЕПЛА ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК	182
6.	РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК ГЕРМЕТИЧНОГО КОМПРЕСОРНОГО АГРЕГАТУ В ПУСКОВИХ РЕЖИМАХ	185
7.	ВПРОВАДЖЕННЯ ІЗОБУТАНУ В ЯКОСТІ ХОЛОДОАГЕНТА В МАЛІ ХОЛОДИЛЬНІ МАШИНИ	188
8.	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВС В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	191
9.	МОДЕРНІЗАЦІЯ ГАЗОТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ	193
10.	АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОРШНЕВОГО ВУГЛЕКИСЛОТНОГО КОМПРЕСОРА	195
11.	ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕЗШАТУННОГО ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ХОЛОДОАГЕНТАХ	197
12.	ПРОФІЛЮВАННЯ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ СОПЛА АКТИВНОГО ПОТОКУ РІДИННО-ПАРОВОГО ЕЖЕКТОРА	199
13.	АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНИХ ЦИКЛІВ З РТО ПРОМІЖНОГО ТИСКУ	200

СЕКЦІЯ № 3. КОМПРЕСОРИ ТА ПНЕВМОАГРЕГАТИ. РОБОЧІ РЕЧОВИНИ.

УДК 621.438.2

ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБИНИ З УРАХУВАННЯМ СТЕПЕНІ НЕРОЗРАХУНКОВОСТІ ТЯГОВОГО СОПЛА

Ванєєв Сергій Михайлович, к.т.н., доц., Родимченко Тетяна Сергіївна, асп.
СумДУ, м. Суми, s.vaneev@kttf.sumdu.edu.ua

Анотація. В роботі представлена залежність коефіцієнт корисної дії від наведеної колової швидкості робочого колеса для струминно-реактивної турбіни при степені нерозрахунковості $S > 1$. Досліджений вплив степені нерозрахунковості S на коефіцієнт корисної дії турбіни. Отримані графічні залежності коефіцієнта корисної дії турбіни від наведеної колової швидкості робочого колеса при тиску на вході в підвідне сопло 2, 4, 6 та 10 МПа і сталій наведеній безрозмірній швидкості на зрізі тягового сопла, та виявлено, що при збільшенні тиску на вході в підвідне сопло коефіцієнт корисної дії турбіни збільшується, також оптимум по коефіцієнту корисної дії зміщується в сторону збільшення наведеної колової швидкості робочого колеса.

Ключові слова: коефіцієнт корисної дії, струминно-реактивна турбіна, нерозрахунковий режим, проточна частина, наведена швидкість.

У зв'язку із швидким прогресом сучасного суспільства потреба в розвитку енергетики стає з кожним днем все більша і більша. Питання енергозбереження та розумного використання енергетичного потенціалу нашої планети завжди було першочерговим і актуальним. Це не лише економічна вигода для споживачів, а також, що надзвичайно важливо, збереження довкілля для наших нащадків. У зв'язку з тим, що багато країн перебувають на межі енергетичної кризи, ця проблема відчувається особливо гостро. Проблема енергозбереження тісно переплітається з проблемами енергетики, екології, технічним переозброєнням і структурної перебудови всієї економіки. Необхідність підвищення рівня енергетичної безпеки є одним з головних завдань нашої держави на сучасному етапі її соціально-економічного розвитку.

Одним з методів вирішення проблеми енергозбереження є утилізації вторинних енергоресурсів, зокрема на сучасному етапі розвитку промисловості величезна кількість ексергії стиснутих газів і парів безповоротно втрачається на редукторах і регуляторах тиску газу на газорозподільних станціях і газорозподільних пунктах. Вирішенням задачі та практикою утилізації вторинних енергоресурсів в більшій мірі займаються розвинені країни, так ще в 2000 р. в США був розроблений стратегічний план розвитку малих локальних енергоустановок, що базуються на турбодетандерних електрогенераторних установках і агрегатах. У цьому ж 2000 р. число замовлень на мале енергогенеруюче обладнання в США збільшилося в 1,5-2 рази. Подібної стратегії в галузі використання потенціалу вторинних енергоресурсів стали дотримуватися і інші країни.

За допомогою турбодетандерних установок можна здійснити зменшення тиску та утилізувати потенціальну енергію надлишкового тиску природного газу для виробництва електричної енергії. Такі установки можуть створюватися на базі струминно-реактивної турбіни, яка являє собою розвиток класичного «сегнерового колеса».

В роботах, які публікувалися раніше, ґрунтовно описувалися причини незначного використання СРТ та основні переваги перед класичними (осьовими та доцентровими) [1-4]. У зв'язку з прогнозованим великим потенціалом використання цих машин у майбутньому, дана робота присвячена поглибленню знань теорії і робочого процесу струминно-реактивної розширювальної машини.

Формула для ККД струминно-реактивної турбіни була раніше отримана в роботі [5] (для розрахункового режиму роботи, тобто при степені нерозрахунковості $S=1$), а для нерозрахункового режиму (ступінь нерозрахунковості $S > 1$) та з урахуванням різниці між швидкостями $W_{зр.т} > C_{зр.т.п=0}$ (де $W_{зр.т}$ – відносна швидкість потоку на зрізі тягового сопла (ТС), а $C_{зр.т.п=0}$ – швидкість потоку газу на зрізі тягового сопла на пусковому режимі) отримуємо:

$$\eta_T = 2U \left(1 - \alpha_{\text{вит}} \lambda_{\text{зр.т}} \sqrt{\frac{a_{\text{кр}}^2}{C_s^2} + \frac{k-1}{k+1} U^2 - U} + \frac{p_n^* f_{\text{кр.п}} (1 - \alpha_{\text{вит}}) (S - 1)}{C_s G_{\text{п}} \gamma (\lambda_{\text{зр.т}}) S} - \frac{K_{\text{с.в}} U^2 C_s}{L^3 G_{\text{п}}} \right) \quad (1)$$

де U – наведена колова швидкість робочого колеса (відношення колової швидкості робочого колеса на діаметрі центра вихідного перерізу тягового сопла до швидкості C_s); $\alpha_{\text{вит}}$ – коефіцієнт витоків; $\lambda_{\text{зр.т}}$ – безрозмірна швидкість потоку газу на зрізі ТС; $a_{\text{кр}}$ – критична швидкість потоку газу; C_s – швидкість, яка відповідає ізоентропній роботі h_s , тобто швидкість, яку мав би 1 кг газу при розширенні без будь-яких втрат енергії і теплообміну з навколишнім середовищем від параметрів гальмування на вході в турбіну до тиску навколишнього середовища; p_n^* – повний тиск на вході в підвідне сопло; $f_{\text{кр.п}}$ – площа критичного перерізу підвідного сопла; $K_{\text{с.в}}$ – комплексний коефіцієнт аеродинамічного опору ротора, який обертається; L – відстань від центра зріза тягового сопла до осі обертання; $G_{\text{п}}$ – масова витрата на вході в підвідне сопло; $C_{\text{зр.т.п=0}}$ – швидкість газу на зрізі тягового сопла на пусковому режимі; k – коефіцієнт ізоентропи газу;

На рисунку 1 зображена залежність зміни ККД на нерозрахунковому режимі від наведеної колової швидкості при тиску на вході $P_{\text{п}} = 2; 4; 6; 10$ МПа та при $\lambda_{\text{зр.т}} = 1,8$ з урахуванням різниці між швидкостями ($W_{\text{зр.т}} > C_{\text{зр.т.п=0}}$)

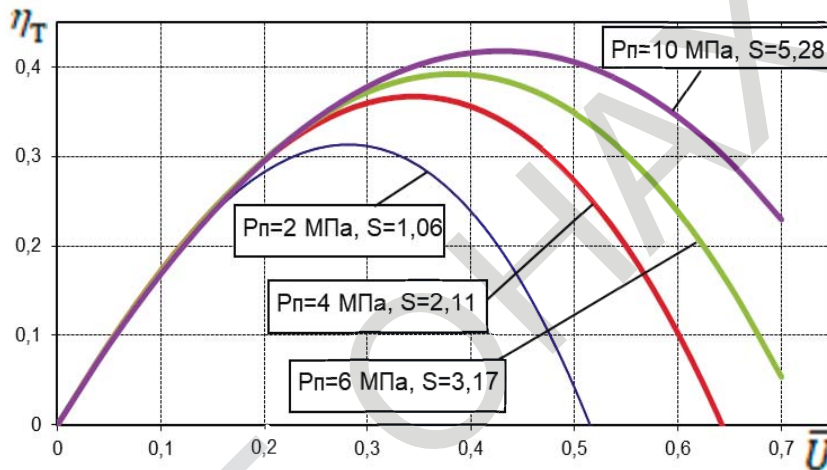


Рисунок 1 – Залежність зміни ККД на нерозрахунковому режимі від наведеної колової швидкості, при тиску на вході $P_{\text{п}} = 2; 4; 6; 10$ МПа, при $\lambda_{\text{зр.т}} = 1,8$

З графіка видно, що при збільшенні тиску на вході в підвідне сопло ККД турбіни збільшується та оптимум по ККД зміщується в сторону збільшення наведеної колової швидкості робочого колеса.

Список інформаційних джерел

1. Ванев С.М., Королев С.К. Использование струйно-реактивной турбины в системах редуцирования природного газа // Вестник НТУУ «КПИ»: Машиностроение. - 1999. - Вып.35. - С. 76-83.
2. С. М. Ванев, В. В. Гетало, С.К. Королев. Исследование струйно-реактивной турбины для турбодетандерного агрегата // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць, тематичний випуск «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування». - 8'2012, №8, С. 82-90.
3. Sergej Vanyeyev, Viktor Getalo. Jet-Reactive Turbine: Experimental Researches and Calculations by Means of Softwares // Applied Mechanics and Materials. – 2014. - Volume 630. - Pages 66–71.
4. Ванев С.М. Структура потерь энергии и КПД струйно-реактивной газовой турбины // Вісник Сумського державного університету. Серія технічні науки, № 9(30)-10(31) – Сумь:2001.–С. 207-214.
5. Расчет оптимальной окружной скорости рабочего колеса струйно-реактивной турбины [Текст] / С. М. Ванев, С. К. Королев, А. С. Бережной // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. — 2009. — №4. — С. 22-29.