

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**



ХІІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

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

23-25 вересня 2021 року

ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ



Одеса - 2021

УДК 621.565; 621.

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНТУ, 2021. –196 с.

У збірнику наведені матеріали XIII 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, обладнання кондиціювання повітря, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та кріогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

Матеріали, занесені до збірника, друкуються за авторськими оригіналами. За достовірність інформації відповідає автор публікації.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ

Голова - Єгоров Б.В. - ректор Одеської національної академії харчових технологій, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, д-р техн. наук, професор

Заступники голови

Поварова Н.М. – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеської національної академії харчових технологій;

Косой Б.В. – д.т.н., професор, директор навчально-наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеської національної академії харчових технологій;

Члени наукового комітету:

Вансєв С.М.- Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Семенюк Ю.В. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д.т.н., професор;

Лабай В. Й. - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. – д.т.н., професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор;

Морозюк Л.І. - д.т.н., професор;

Потапов В. О. - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д.т.н., професор;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д.т.н., професор;

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

Організаційний комітет:

Голова - проф. Хмельнюк М.Г.;

Науковий секретар - к.т.н. доц. Жихарєва Н.В.

Члени оргкомітету - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Грудка Б.Г., аспірант Дудко О.М., аспірант Крушельницький Д.О.

Отримані дані можуть бути використані для проектування вихрових розширювальних машин з периферійно-бічним каналом та порівняння з машинами інших типів. Оскільки створення енергозберігаючих турбогенераторів є суттєвою складовою розвитку малих енергетичних систем і поступове зростання зацікавленості у розподіленій генерації електроенергії викликає потребу в постійному вдосконаленні даних агрегатів, то результати дослідження корисні для створення таких турбогенераторів та для продовження їх вдосконалення.



УДК 621.438.2

ВПЛИВ БЕЗРОЗМІРНОЇ НАВЕДЕНОЇ ШВИДКОСТІ НА ЗРІЗІ ТЯГОВОГО СОПЛА НА КОЛОВИЙ ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБІНИ

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

Анотація. В нижче наведених дослідженнях представлена залежність зміни максимальних значень колового коефіцієнта корисної дії від зміни безрозмірної швидкості потоку газу на зрізі тягового сопла (ТС), при тиску на вході $P_p = 2; 4; 6; 10$ МПа для струминно-реактивної турбіни на нерозрахунковому режимі. Досліджений вплив степені нерозрахунковості S на коловий коефіцієнт корисної дії турбіни. Отримані графічні залежності максимальних значень коефіцієнта корисної дії турбіни на нерозрахунковому режимі при сталих тисках на вході в підвідне сопло від наведеної безрозмірної швидкості на зрізі тягового сопла.

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

Нині у всьому світі гостро стоїть питання раціонального використання енергетичних ресурсів всієї планети. Безумовно, в Україні також вирішується дана проблематика, про що свідчить створення програми «Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [1]. За цією програмою здійснюється перехід від застарілої моделі функціонування енергетичного сектору до нової моделі, в якій створюється більш конкурентне середовище, а також розглядується можливість підвищення енергоефективності й використання енергії із відновлюваних та альтернативних джерел [2]. Доцільним шляхом вирішення такої задачі є утилізація вторинних енергоресурсів. За допомогою турбогенераторних установок можна здійснити зменшення тиску та утилізувати потенціальну енергію надлишкового тиску газу або пари для виробництва електричної енергії [3-4]. Дана робота присвячена дослідженню газодинамічних процесів в проточній частині струминно-реактивної турбіни. Задачею дослідження є оцінка впливу безрозмірної швидкості потоку газу на зрізі тягового сопла на максимальні значення колового ККД струминно-реактивної турбіни. Отриманий коловий коефіцієнт корисної дії для струминно-реактивної турбіни в залежності від наведеної безрозмірної швидкості $\lambda_{out,t}$ при заданих тисках на вході в підвідне сопло на нерозрахунковому режимі (при степені нерозрахунковості $S > 1$). Із виконаних досліджень зрозуміло, що при збільшенні тиску на вході в підвідне сопло окружний ККД турбіни зменшується та оптимум по ККД зміщується в сторону збільшення наведеної колової швидкості робочого колеса, як на розрахунковому, так і на нерозрахунковому режимах роботи. Аналізуючи залежність максимальних значень колового ККД від безрозмірної швидкості потоку газу на зрізі тягового сопла виявлено, що найбільших максимальних значень коловий ККД набуває при збільшенні безрозмірної наведеної швидкості на зрізі тягового сопла струминно-реактивної турбіни.

Коловий ККД струминно-реактивної турбіни

В роботі [5], була виведена формула для ККД струминно-реактивної турбіни на розрахунковому і нерозрахунковому режимах роботи.

Формула для колового ККД струминно-реактивної турбіни, що не враховує втрати на аеродинамічний опір при обертанні ротора турбіни у навколишньому середовищі, для нерозрахункового режиму (ступінь нерозрахунковості $S > 1$) та з урахуванням різниці між швидкостями $W_{out.t} > C_{d.t.s} = 0$ (де $W_{out.t}$ – відносна швидкість потоку на зрізі тягового сопла, а $C_{d.t.s} = 0$ – швидкість газу на зрізі тягового сопла на пусковому режимі):

$$\eta_U = 2\bar{U} \left[(1 - \alpha_l) \left(\lambda_{out.t} \sqrt{\frac{a_{kr}^2}{C_s^2} + \frac{k-1}{k+1} \bar{U}^2 - \bar{U}} \right) + \frac{p_n^* f_{kr.f} (1 - \alpha_l) (S - 1)}{C_s G_{п.у} (\lambda_{out.t}) S} \right] \quad (1)$$

де $\bar{U}$ – наведена колова швидкість робочого колеса; k – коефіцієнт ізоентропи газу; S – ступінь нерозрахунковості тягового сопла, розраховувалася за відомою формулою:

$$S = \frac{P_{out.t}}{P_{a.p}} \quad (2)$$

де $P_{out.t}$ – тиск на зрізі тягового сопла; $P_{a.p}$ – тиск навколишнього середовища.

Формула, яка пов'язує між собою наведену швидкість у вихідному перерізі тягового сопла та ступінь нерозрахунковості тягового сопла, наведена нижче:

$$\lambda_{out.t} = \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left[1 - \left(\frac{P_{a.p} \cdot S}{P_n \cdot \sigma} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \quad (3)$$

де σ – коефіцієнт відновлення повного тиску в проточній частині СРТ від входу в підвідне сопло до виходу з тягового сопла, P_n – тиск на вході в підвідне сопло.

На рис. 1 представлена залежність максимальних значень коефіцієнта корисної дії від безрозмірної швидкості потоку газу на зрізі ТС на нерозрахункових режимах η_{Umax} отримані з залежностей $\eta_U = f(\bar{U})$, розрахованих за формулою (1). З графіка видно, що при $\lambda_{out.t} = 1$ для кожного тиску максимальне значення коефіцієнта корисної дії буде мінімальним, та при збільшенні $\lambda_{out.t}$ максимальні значення ККД збільшуються.

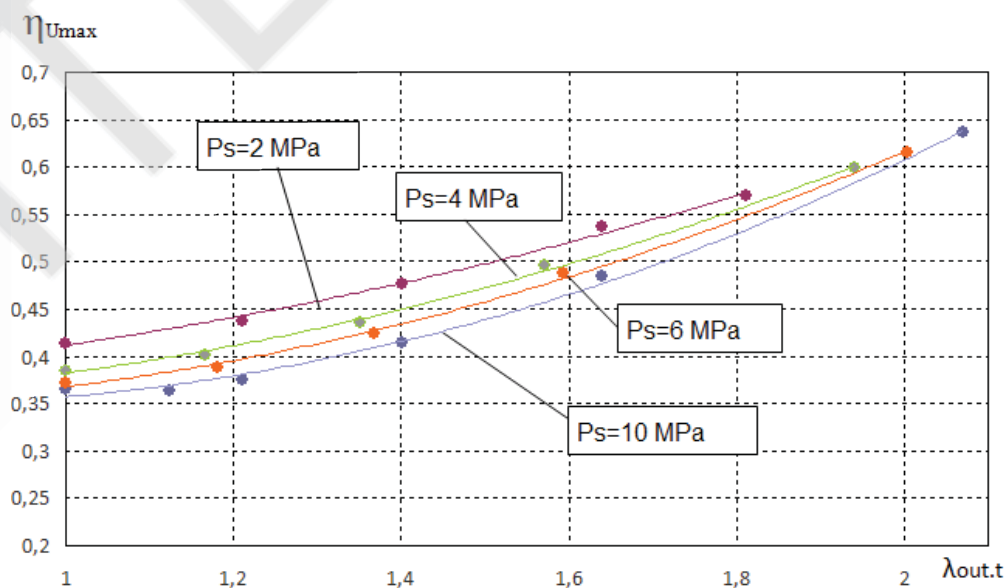


Рисунок 1 – Залежність максимальних значень колового ККД на нерозрахункових режимах від безрозмірної швидкості потоку газу на зрізі ТС, при тиску на вході $P_n = 2; 4; 6; 10$ МПа

Список інформаційних джерел

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року : схвалено розпорядженням від 18 серпня 2017 р / Кабінет Міністрів України. – К. : Парлам. вид-во, 2017. – 66 с.
2. Державна цільова економічна програма енергоефективності на 2010-2021 роки : затверджено розпорядженням від 01 березня 2010 р / Кабінет Міністрів України. – К. : Парлам. вид-во, 2010. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/243-2010-%D0%BF/print>.
3. 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.
4. С. М. Ванев, В. В. Гетало, С.К. Королев. Исследование струйно-реактивной турбины для турбодетандерного агрегата // Вісник національного технічного університету «ХП». Збірник наукових праць, тематичний випуск «Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування». - 8'2012, №8, С. 82-90.
5. Vaneev, S., Rodymchenko, T., Meleychuk, S., Baga, V., & Bolotnikova, O. (2021). Influence of the degree of off-design of the traction nozzle of a jet reaction turbine on its efficiency. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series, 1741(1) doi:10.1088/1742-6596/1741/1/012004. Retrieved from www.scopus.com.



УДК 621.51

ВДОСКОНАЛЕННЯ ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ СУДНА-ГАЗОВОЗУ ЯК ВАГОМИЙ ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ СПГ МОРСЬКИМ ШЛЯХОМ

*Мілованов В.І., д.т.н., проф., Василенко Є.В., студ., Макруха С.І., студ.
Одеська національна академія харчових технологій*

Останнім часом все більшого розвитку набувають трансатлантичні перевезення скрапленого газу спеціальними судами-газовозами. Світові заходи по запобіганню світового глобального потепління викликають активну діяльність по зменшенню добичі і використання вугілля в усіх галузях народного господарства. Це приводить до підвищення попиту на газові паливні ресурси, в той же час спостерігається підвищення долі використання сланцевого газу у світовому балансі постачання газу в світовій енергетиці.

Видобутий природний газ потрібно доставити споживачеві, тому інвестиції в газову галузь промисловості не закінчуються на етапі геологорозвідки, буріння, облаштування газового промислу і видобутку. Це можна зробити за допомогою магістральних газопроводів або судами-газовозами. У випадку з СПГ газ спочатку потрібно скраплювати на спеціальному заводі, потім завантажити на танкер-газовоз, а після прибуття в порт призначення розвантажених СПГ доставити в СПГ-термінал, звідки – транспортувати споживачеві. Ринок СПГ зростає, хоча апріорі скраплений газ дорожче через необхідність скраплення.

Всі ці фактори викликають інтенсивний розвиток спеціального судового транспорту для перевозок скрапленого газу в регіональних і світових масштабах.

8	ТЕРМОДИНАМІЧНІ ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ ГІБРИДНИХ ТЕПЛОВИКРИСТАЛЬНИХ ТЕРМО ТРАНСФОРМАТОРІВ	170
	<i>Косой Б.В., д.т.н., професор, Псарьов С.О., аспірант, Куколев А.К., аспірант, ІХКЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
9	РОЗРАХУНКИ УСТАЛЕНИХ РЕЖИМІВ В ЕЛЕМЕНТАХ УСТАНОВКИ ПОВТОРНОГО ЗРІДЖЕННЯ LPG ГАЗІВ, ЩО ПРАЦЮЄ НА СУМІШІ РОБОЧИХ РЕЧОВИН, МЕТОДОМ ЕКВІВАЛЕНТУВАННЯ	171
	<i>Морозюк Л.І., д.т.н., професор, Косой Б.В., д.т.н., професор, Соколовська-Єфименко В.В., к.т.н., доцент, ІХКЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
10	ЕНТРОПІЙНИЙ МЕТОД В АНАЛІЗІ ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА ПРИ НАЯВНОСТІ ТВЕРДИХ ВІДКЛАДІВ НА ТЕПЛООБМІННІ ПОВЕРХНІ	172
	<i>Мошкатюк А.В., асистент, Бородінська О.В., інженер, ІХКЕ ОНАХТ, м. Одеса</i>	
СЕКЦІЯ №3 – ГАЗОТУРБІННІ УСТАНОВКИ ТА КОМПРЕСОРНІ СТАНЦІЇ		
1	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИХРОВОЇ ТУРБІНИ З ПЕРИФЕРІЙНО-БІЧНИМ КАНАЛОМ	175
	<i>Ванєєв С.М., завідувач кафедри, СумДУ, м. Суми; Марцинковський В.С., директор, «ТРІЗ» ЛТД ТОВ, м. Суми; Смоленко Д.В., аспірант, СумДУ, м. Суми, d.smolenko@kttf.sumdu.edu.ua</i>	
2	ВПЛИВ БЕЗРОЗМІРНОЇ НАВЕДЕНОЇ ШВИДКОСТІ НА ЗРЯЗІ ТЯГОВОГО СОПЛА НА КОЛОВИЙ ККД СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБІНИ	177
	<i>Ванєєв Сергій Михайлович, к.т.н., доц., Родимченко Тетяна Сергіївна, асп. СумДУ, м. Суми</i>	
3	ВДОСКОНАЛЕННЯ ВАНТАЖНОЇ СИСТЕМИ СУДНА-ГАЗОВОЗУ ЯК ВАГОМИЙ ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТУВАННЯ СПГ МОРСЬКИМ ШЛЯХОМ	179
	<i>Мілованов В.І., д.т.н., проф., Василенко Є.В., студ., Макруха С.І., студ. Одеська національна академія харчових технологій</i>	
4	ЕКСЕРГЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СУДНОВОЇ ПОВІТРЯНОЇ КОМПРЕСОРНОЇ УСТАНОВКИ.	181
	<i>Ярошенко В.М. к.т.н., доцент, Мілованов В.І д.т.н., професор. , Одеська національна академія харчових технологій.</i>	
5	РОБОТА МАЛОГО ХОЛОДИЛЬНОГО КОМПРЕСОРА НА ХОЛОДОАГЕНТІ З ДОМІШКАМИ НАНОЧАСТОК	184
	<i>Мілованов В.І., д.т.н., проф., Балашов Д.О., інж. Одеська національна академія харчових технологій, м.Одеса,</i>	
6	ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ БЕЗСАЛЬНИКОВОГО КОМПРЕСОРА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ХОЛОДОАГЕНТАХ	186
	<i>Яковлев Ю.О., доцент кафедри КтаПА Сирбу М.І., студент СВО «Магістр» Пазина І.В., студент СВО «Бакалавр» ОНАХТ, м. Одеса,</i>	
7	ОСНОВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ КОМПРЕСОРІВ В ПЕРІОД ПАНДЕМІЇ	189
	<i>Буданов В.О., к.т.н.,доцент, ОНАХТ м. Одеса, budanoff@ukr.net</i>	

*Матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції
«Сучасні проблеми холодильної техніки і технології», 23 по 25 вересня 2021*

**Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНТУ**

XIII ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

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

23-25 вересня 2021 року

ЗБІРНИК ДОКЛАДІВ

Одеса - 2021