

**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

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 кондиціонування повітря, 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.

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 криогенної 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. Жихарева 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.

точністю. Еквівалентування передбачає зменшення розмірності розв'язуваної задачі і створення спрощених моделей, що дозволяє скоротити обсяг обчислень, підвищити видимість і наочність отриманих результатів, полегшує їх аналіз.

Для вирішення різних завдань використовуються різні еквіваленти, що враховують їх особливості. Авторам належать роботи, в яких складні завдання вирішуються методом еквівалентів. До них відносяться завдання визначення характеристик холодильних машин, в яких робочими речовинами є різні суміші. Наприклад, завдання визначення джерела енергії, що йде на «стиснення» і незворотні втрати в дефлегматоре абсорбційної машини. Існуюча схема дефлегматора замінена еквівалентною структурою з тими ж функціями. Завдання визначення характеристик термотрансформатора з чотирма корисними ефектами, який працює на компонентах, що не змішуються. Аналіз режиму роботи повітряного конденсатора з твердими відкладами на теплообмінній поверхні шляхом заміни складного спільного процесу теплообміну і аеродинаміки процесом тільки теплопередавання. В усіх трьох завданнях складні термодинамічні рівняння для сумішей замінені простими рівняннями з чистими компонентами. В якості критеріїв еквівалентування використовуються збереження режиму в вузлових точках циклу до еквівалентування і після нього, близькості граничних режимів і перехідних процесів вихідної і еквівалентної моделей.

Перед авторами поставлено нове завдання, пов'язане з транспортуванням зріджених LPG газів.

В даний час фрахтователі або інші особи з комерційними інтересами все частіше звертаються до власників суден для зрідженого нафтового газу змішувати зріджений нафтовий газ під час навантаження, вивантаження або на самому судні в танках під час переходу. Найбільші проблеми виникають при змішуванні газів на самому судні під час переходу.

Операція змішування може привести до утворення великої кількості «миттєвого газу», який повинен контролюватися судновою установкою повторного зрідження газу. Швидкість перемішування необхідно ретельно контролювати, щоб вона перебувала в межах можливостей установки повторного зрідження. Експлуатація установки повторного зрідження повинна здійснюватися без відхилень від інструкцій, покликаних дотримуватися технологію транспортування. Завдання, що стоїть перед авторами: створення спрощеної моделі процесів установки повторного зрідження, замінюючи складні процеси із сумішами класичними термодинамічними процесами з чистими компонентами.

При побудові еквівалентної моделі розглянуті процеси стиснення в двоступеневому компресорі і відведення тепла в конденсаторі.

Розбіжність розрахункових значень адіабатної роботи стиснення чистих компонентів з урахуванням їх парціальних тисків і даних дійсних установок, які знаходяться в експлуатації, не перевищує 3%. Отриманий результат свідчить про вірність проведення аналізу еквівалентним методом.



ЕНТРОПІЙНИЙ МЕТОД В АНАЛІЗІ ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА ПРИ НАЯВНОСТІ ТВЕРДИХ ВІДКЛАДІВ НА ТЕПЛОБІМІННІЙ ПОВЕРХНІ

Мошкатюк А.В., асистент, Бородінська О.В., інженер

Напрямом дослідження є термодинамічний аналіз повітряного конденсатора при наявності відкладів на теплообмінній поверхні, який входить до складу дійсної холодильної машини комерційного призначення, з урахуванням відкладів на теплообмінній поверхні. Аналіз виконано за допомогою

метода мінімізації виробництва ентропії, що заснований на положеннях термодинаміки нерівноважних необоротних процесів.

Для реалізації цього методу термодинамічну систему призводять до реальних моделей, тобто перетворюють з ідеальної в реальну.

Суть методу полягає у встановленні режиму мінімуму виробництва ентропії у досліджуваному елементі енергоперетворювальної системи, що визначає його оптимальний режим роботи і, в свою чергу, дозволяє здійснити енергозбереження.

Умови експлуатації вносять корективи в основні характеристики елементів енергоперетворювальної системи. Тоді процеси в елементах повинні розглядатися як нерівноважні і нестационарні. Одним з джерел термодинамічної трансформації процесів є поява і зростання твердих відкладів на теплообмінній поверхні апаратів, величина яких змінюється з часом і умови протікання теплообміну невідомі. За цими умовами швидкість виробництва ентропії визначається в залежності від часу роботи машини.

Для проведення аналізу використано експериментальні дані випробувань машини з твердими відкладами піску, пуху та пилу на зовнішній поверхні повітряного конденсатора.

В умовах експерименту здійснювалося дискретне збільшення маси твердих відкладів, яке в реальних умовах є функцією часу.

Кожен потік у теплообміннику бере участь у виробництві ентропії. Виробництво, умовно розділено на дві складові: термічну і механічну, є результатом двох процесів, що відбуваються з потоком:

– передавання теплоти за кінцевою різницею температур;

– руху потоку з тертям.

Якісно виробництво ентропії здійснює кожен потік у відриві від апарату в цілому, тоді кількісною оцінкою може виступати величина виробництва ентропії потоком \bar{s} , віднесена до температури стінки $T_{ст}$, що є єдиною для обох потоків.

Загальне виробництво ентропії представлено сумою чотирьох складових:

$$\bar{s}_{заг}^T = \bar{s}_{нов}^T + \bar{s}_{кд}^T + \bar{s}_{нов}^M + \bar{s}_{кд}^M \quad (1)$$

$\bar{s}_{нов}^T$ - наведена величина термічної складової виробництва ентропії потоком повітря (холодним потоком);

$\bar{s}_{кд}^T$ - наведена величина термічної складової виробництва ентропії робочої речовини, що конденсується (гарячим потоком);

$\bar{s}_{нов}^M$ - наведена величина механічної складової виробництва ентропії потоком повітря;

$\bar{s}_{кд}^M$ - наведена величина механічної складової виробництва ентропії що конденсується.

Результати розрахунків показали, що незалежно від якісного складу забруднення перша складова (ур.1) ($\bar{s}_{нов}^T$) зростає. Друга і четверта складові ($\bar{s}_{кд}^T$, $\bar{s}_{кд}^M$) змінюється незначно, і для інженерних

розрахунків процес конденсації можна вважати близьким до оборотного. Таким чином, при термодинамічному аналізі впливу відкладів в конденсаторі достатньо досліджувати швидкість

виробництва ентропії тільки з боку повітряного (холодного) потоку. Третя складова

$$\frac{M}{S_{пов}}$$

характеризується інтенсивним зростом, виробництво ентропії в порівнянні з чистою поверхнею збільшуються в п'ять разів.

З огляду якісного складу забруднень, найбільші незворотні втрати спостерігається від забруднення конденсатора піском.

Визначення загальної швидкості виробництва ентропії при наявності відкладів дає можливість прогнозувати години проміжків між технічним обслуговуванням конденсатора. Це дозволяє забезпечити енергозбереження та довгострокову роботу всієї холодильної машини



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; Марцінковський 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