

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



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

27-28 листопада 2020 року



Одеса - 2020

УДК 621.56/59(03)
ББК 31.3
К-14

**Збірник докладів підготовлений під редакцією
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г Науковий секретар - к.т.н.доц.
Жихарєва Н.В.**

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Сучасні проблеми холодильної техніки і технології**» 27-28 листопада 2020 року. – Одеса : ТЕС., 2020. – 175 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні машини і установки; теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; системи кондиціювання повітря; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки;холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

:

©Одеська національна академія харчових технологій,2020
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

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

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;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, 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 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-р техн. наук, професор;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор

Організаційний комітет:

Голова – д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.;

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

Члени оргкомітету - к.т.н. доц. Зімін О.В., к.т.н.доц. Когут В.О., к.т.н. Яковлєва О.Ю., к.т.н.доц. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н.доц. Подмазко О.С.

Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

Thermal and Energy Systems, Proceedings of International Conference Athens. Athens, 1991. P. 105–116.

3. Bejan A. Entropy Generation through Heat and Fluid Flow / A. Bejan. – New York: John Wiley & Sons, 1982. – 264 p.

Науковий керівник В.В. Соколовська-Єфименко к.т.н., доцент кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛА КОНДЕНСАЦІЇ СУДОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧОГО ТІЛА ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА

Запорожан Р. І., магістрант ОНАХТ, Чабан. О. магістрант ОНАХТ

За умов постійного дефіциту енергоресурсів, на перший план виходить проблема енергозбереження.

У масштабах такої великої установки, як судновий енергетичний комплекс, навіть невеликий відсоток зниження енергетичних витрат стає істотною економією в абсолютному вираженні.

Ефективність енергозбереження на судах значною мірою визначаються режимами роботи систем машинного обладнання, до складу яких входять і холодильні установки.

В залежності від призначення можна виділити три основні типи судових установок:

- виробничі, необхідні для дотримання технологічних процесів (охолодження, заморозки, зберігання свіжозловлених морепродуктів, отримання льоду, установки повторного зрідження на судах-газовозах;
- провізійні камери, в яких розміщуються запаси провізії для пасажирів і екіпажу судна;
- системи кондиціонування повітря.

Більшість судових холодильних установок - компресорні. Вимоги морського реєстру відповідно до Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення з суден (MARPOL 73/78) на нових судах з 1 січня 2020 роки заборонили використання холодоагентів HCF-типу з потенціалом глобального потепління $GWP \geq 2500$ [1].

Єдиною середньостроковою альтернативою холодоагентів (HCF)-типу, які застосовуються на судах з класом Регістру і показником GWP нижче 2500 використовується холодоагент R407F, що є сумішшю.

На судах-газовозах холодильні установки обслуговують систему реконденсації газу, де газ (вантаж) є холодоагентом цієї установки. За умовами перевезення газів можливо виробництво сумішей з газів, які перевозяться на борту судна. В цьому випадку отримані суміші також є холодоагентом установок реконденсації. Саме звідси, на судах переважна більшість холодильних установок працює на сумішах холодоагентів, які є неазеотропні. Для таких сумішей характерна наявність температурного «глайда» в ізобаричних процесах фазових переходів. Температурний «глайд» дося-

гає 5-10 град. Такі процеси призводять до фазового зсуву в теплообмінних апаратах холодильної установки.

Такі особливості процесів змінюють умови передачі тепла в теплообмінних апаратах. В першу чергу, це відноситься до систем відведення тепла конденсації. Джерелом відведення тепла конденсації в судновій холодильній установці є забортна вода.

Температура забортної води і її густина змінюється в широкому діапазоні в залежності від району плавання і солоності води.

З урахуванням особливостей забортної води системи охолодження бувають прямі і непрямі.

У прямих системах охолодження забортна вода безпосередньо використовується в якості теплоносія в теплообмінниках. Такі системи в даний час використовують на малих судах річкового флоту.

Для підвищення експлуатаційної надійності суднових механізмів, включаючи конденсатори холодильних установок, використовують непрямі системи охолодження. Тепло відводиться проміжним теплоносієм, очищеною водою (дистилятом), який циркулює в замкнутому контурі, віддаючи тепло забортній воді (рис.1).

Система відведення тепла на судні конструктивно являє собою два теплообмінника, що працюють на трьох температурних рівнях: низькій - забортна вода; середній рівень - дистилят; високий - температура конденсації холодоагенту або температура теплоносія від інших механізмів судні. Середній рівень регулюється за допомогою терморегулятора (в межах заданої нерівномірності).

В роботі аналізується система відведення тепла в холодильній установці.

Нормальний підігрів дистиляту регламентований і не перевищує 1-3 град. та визначає параметри процесу конденсації. Якщо холодоагент - однокомпонентна речовина, то тиск і температура - постійні величини. Якщо холодоагент неазеотропна суміш - то тиск конденсації постійний, а температура конденсації змінюється.

Наявність неазеотропної суміші і непрямой системи відведення тепла конденсації призводять до додаткових незворотних втрат в судновій холодильній установці, які потрібно враховувати при вирішенні завдання енергозбереження на судах.

Розглянемо комплекс: теплообмінник забортної води - конденсатор, з позицій термодинамічного аналізу.

У такій системі процеси будуть відноситися до четвертої групи реальних процесів [2] - незворотних як внутрішньо, так і зовні, тобто в процесах відсутні умови внутрішньої рівноваги робочої речовини і умови рівноваги між робочою речовиною і джерелами тепла, що знаходяться з ним у взаємодії.

Залежно від району плавання і пори року можливі два варіанти розподілення температур в системі відведення тепла. (рис. 2).

На високому рівні (в процесі конденсації холодоагенту в конденсаторі) незворотні втрати залежать від якісного складу холодоагенту і його теплофізичних властивостей. Ці втрати оцінюються ентропійно-цикловим методом [3].

На нижньому рівні (в процесі теплообміну з забортною водою) незворотні втрати визначаються температурним рівнем забортної води і її теплофізичними властивостями.

У цих умовах можливо два варіанти. Перший випадок - температура забортної води близька до температури дистиляту (рис.2а.) Для забезпечення температурного режиму в системі масова витрата забортної води збільшується, підігрів води зменшується і характер зміни температур обох потоків (дистиляту і забортної води поді-

бні). У цьому випадку ми можемо вважати процес теплопередачі оборотним, а незворотні втрати будуть пов'язані з гідравлічними втратами, при збільшенні швидкості потоку заборної води.

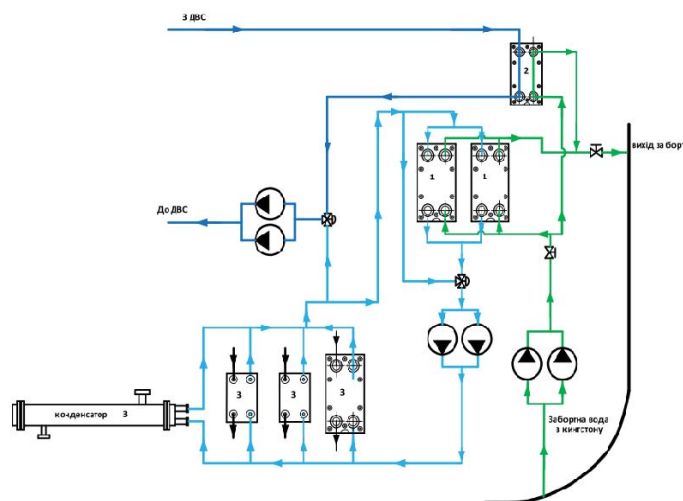
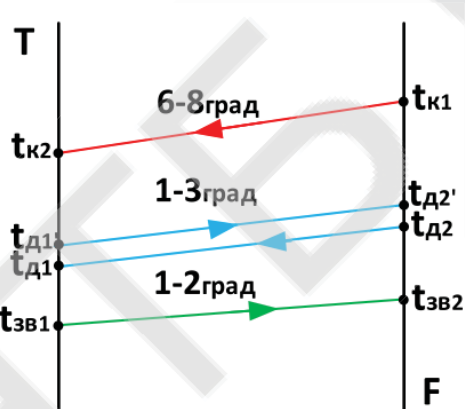


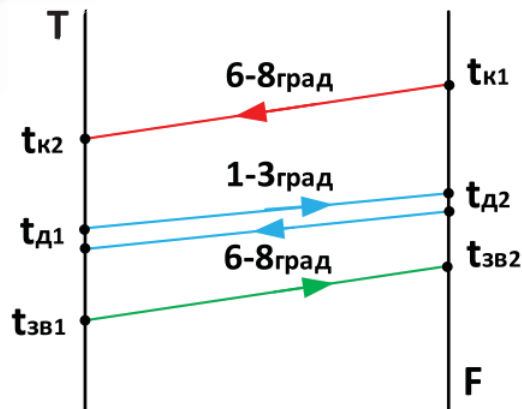
Рис.1 Принципова схема відведення тепла на судні

1-теплообмінник заборної води; 2 теплообмінник головного ДВС; 3 – теплообмінники судових систем

Середній рівень регулюється за допомогою терморегулятора (в межах заданої нерівномірності).



а)



б)

Рис.2 Змінення температур робочих середовищ в теплообмінниках відведення тепла на судні

Другий випадок - температура заборної води нижче температури дистилату (рис.2б). Для забезпечення температурного режиму в системі зменшується витрата заборної води, підігрів води збільшується. В цьому випадку незворотні втрати бу-

дуть пов'язані з теплопередаванням, які можливо оцінити методами нерівноважної термодинаміки [4].

На підставі сказаного можна констатувати, що оцінити енергетичну ефективність системи відведення тепла можливо методами термодинамічного аналізу і запропонувати шляхи вдосконалення з урахуванням теплофізичних властивостей потоків, що беруть участь в системі відведення тепла.

Інформаційні джерела:

1. EC. European Union (EU) legislations to control fluorinated greenhouse gases (F-gases). 2017. Available: [https:// ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/legislation_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/legislation_en) (Accessed 5 July 2017).
2. Мартыновский В.С. Анализ действительных термодинамических циклов/ В.С. Мартыновский. – М.: Энергия, 1972. – 216 с..
3. Morosuk T., Nikulshin R., Morosuk L. Entropy-cycle method for analysis of refrigeration machine and heat pump cycles // Thermal Science. 2006. Vol. 10, Issue 1. P. 111–124. doi: <https://doi.org/10.2298/tsci0601111m>.
4. Comparison of the entropic exergetic and economic optima of a heat exchanger / Le Goff P., De Olivera S., Schwarzer B., Tondeur D. // Analasis of Thermal and Energy Systems, Proceedings of International Conference Athens. Athens, 1991. P. 105–116

Науковий керівник В.В. Соколовська-Єфименко к.т.н., доцент кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

СИНТЕЗ СХЕМНО-ЦИКЛОВИХ РІШЕНЬ УСТАНОВОК ВИРОБНИЦТВА ЗРІДЖЕНОГО ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ.

Осипчук А. А., магістрант ОНАХТ., Сухомлінов Б.В.,магістрант ОНАХТ

Утилізація матеріальних та енергетичних скидів енергетичних установок та технологічних процесів промислових підприємств – методи економії ресурсів планети та забезпечення її стабільного екологічного стану. До таких скидів в першу чергу відносять діоксид вуглецю, CO₂. Разом з цим діоксид вуглецю, CO₂, у всіх своїх станах широко використовується практично у всіх галузях промисловості і агропромислового комплексу.

У світовій практиці значна увага приділяється створенню устаткування для постачання різних галузей промисловості CO₂. Для транспортування та зберігання CO₂ зріджують за допомогою спеціальних установок. Схемні і циклові рішення установок для отримання зрідженого CO₂ та його зберігання в малих резервуарах (балонах) високих тисків до 6,0-7,0 МПа мають багаторічну історію. На сучасному рівні промислового виробництва такі технології не задовольняють споживачів, тому з'явилися технології зберігання CO₂ за низькими температурами та тисками у резервуарах великої ємності.

Розвиток компресоробудування для CO₂ робочої речовини супроводжує розвиток галузі шляхом створення різних типів компресорів від малої до великої об'ємної продуктивності, високих тисків, без змашування, з регулюванням продуктивності. Наявність на ринку холодильної техніки вказаних компресорів спонукає до розробки нових схемних рішень низькотемпературних холодильних машин для

СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ ТА УСТАНОВКИ

МЕТОДИ ТЕРМОДИНАМІЧНОГО АНАЛІЗУ В ОЦІНЦІ ЕФЕКТИВ- НОСТІ ПРОЦЕСІВ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ ВУГЛЕВОДНІВ

Костенко Є.В. аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

Науковий керівник Л.І. Морозюк , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....132

АНАЛІЗ РОБОТИ КОМПЛЕКСНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ЯК СКЛАДОВОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ З ЗМІНОЮ ТЕПЛОВО- ГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕ- ДОВИЩА

Бойко Б. О. ,магістрант ОНАХТ

Науковий керівник. В.В. Соколовська-Єфименко, к.т.н.,доцент кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....133

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ СХЕМНО-ЦИКЛОВОГО РІШЕННЯ КАСКАДНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПРИРО- ДНОГО ГАЗУ.

Крижановський О. В. магістрант ОНАХТ

Науковий керівник Л.І. Морозюк , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....135

СИНТЕЗ СХЕМНО-ЦИКЛОВОГО РІШЕННЯ АБСОРБЦІЙНОГО ВО- ДОАМІАЧНОГО ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРА З ПЕРЕВИЩЕННЯМ ТЕМПЕРАТУР «МЕТОДОМ ЦИКЛІВ».

Псарьов С. О., аспірант кафедри кріогенної техніки ОНАХТ,

Куколев А.К.,магістрант ОНАХТ

Науковий керівник Л.І. Морозюк , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....136

ДОСЛІДЖЕННЯ УСТАНОВОК РОЗДІЛЕННЯ ПОВІТРЯ З НАДЛИШКОВИМ ЗВОРОТНІМ ПОТОКОМ

Колівашко О.С., магістрант ОНАХТ

Науковий керівник. Крвченко М.Б , д.т.н.,професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....138

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПРОТІЧНОГО КОНДЕНСА- ТОРА МЕТОДАМИ ПРИКЛАДНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

Рудий В. В., магістрант ОНАХТ

Науковий керівник В.В. Соколовська-Єфименко к.т.н., доцент кафедри кріогенної техніки ОНАХТ.....141

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛА КОНДЕНСАЦІЇ СУДО- ВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ТЕПЛОФІЗИЧ- НИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧОГО ТІЛА ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА

Запорожан Р. І., магістрант ОНАХТ, Чабан. О. магістрант ОНАХТ

Науковий керівник В.В. Соколовська-Єфименко к.т.н., доцент кафедри кріогенної техніки

ОНАХТ.....144

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

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ
«СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ
ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»

27-28 листопада 2020 року

©Одеська національна академія харчових технологій
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського