

**Міністерство освіти і науки України
Одеська національна академія харчових технологій
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНАХТ**



ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ
І ТЕХНОЛОГІЇ»**

14 -15 травня 2021 року



Одеса - 2021

УДК 621.56/59(03)
ББК 31.3
К-14

Збірник наукових праць 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 за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології**» 14-15 травня 2021 року. – Одеса : ТЕС, 2021 – 116 с.

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

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

©Одеська національна академія харчових технологій
© 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 - проф. Хмельнюк М.Г.;

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

Члени оргкомітету - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С., асист. Томчик О.М.

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

СЕКЦІЯ №1 –ХОЛІДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

РОЗРОБКА І АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ЗРІДЖЕННЯ СУПУТНЬОГО НАФТОВОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИКЛУ СТІРЛІНГА

Волянський А.О., магістрант ІХКЕ ОНАХТ

В основі Стірлінг-технологій лежить ідея створення установок повторної реконденсації газів (УПРГ) з використанням ГХМ Стірлінга. Процес зрідження природного газу йде без попереднього стиснення при атмосферному тиску. Це дозволяє робити УПРГ на основі ГХМ Стірлінга (рис. 1.9) компактними і простими в обслуговуванні. ГХМ Стірлінга є вдале поєднання в одному агрегаті компресора, детандера і теплообмінних пристроїв, при цьому реконденсація газів забезпечується на спеціальному пристрої – конденсаторі. Реконденсація домішок дозволяє без додаткових витрат на хімічну очистку газу тримувати рідкий продукт, що відповідає вимогам ТУ 51-03-03-85 і ГОСТ 27.577-87 на моторне паливо.

При створенні установок продуктивністю понад 1 т/рік УПРГ передбачається використовувати як традиційні способи зрідження, широко відомі в криогеніці (наприклад, установки ЗАТ "Сигма-газ", ВАТ "Уралтрансгаз", американської фірми «StirlingCryogenics» та ін.), так і новий цикл скраплення природного газу, заснований на принципі комбінованого внутрішнього і зовнішнього охолодження. Внутрішнє охолодження досягається за рахунок ізобарного розширення природного газу і його часткового зрідження, після чого неконденсована частина, представлена у вигляді насичених парів низького тиску, піддається зовнішньому охолодженню в конденсаторі ГХМ Стірлінга великої продуктивності. В залежності від необхідної продуктивності по УПРГ індивідуальні комплекси оснащуються серійно випускаємими промисловістю одно- і двоциліндровими ГХМ Стірлінга (ЗІФ-1000, ЗІФ-2002) (рис. 1).

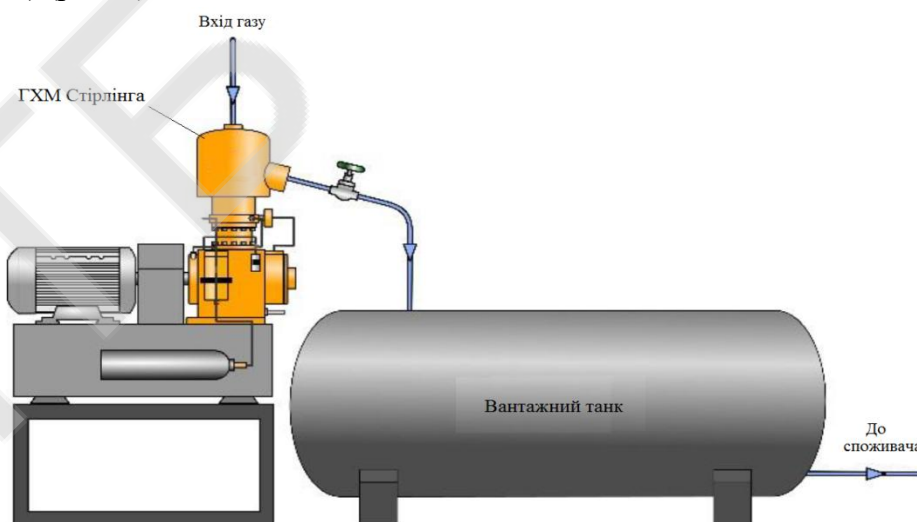


Рис. 1 – Установка ПРГ на базі ГХМ Стірлінга

Виконаний аналітичний огляд дав можливість вибрати в якості об'єкта дослідження роторно-лопатеву ГХМ, а також сформулювати перелік основних науково-технічних завдань, що підлягають вирішенню.

Роторно-лопатевагазовоохолодильна машина (див.рис. 2) складається з двохробочих-блоків (РБ) 1 і 2, в якихізсувом на 45° проводиться стиснення і розширенняробочоготіла. Робочі блоки мають один загальнийприводний вал 3. Холодильник (Х) 6 і рефрижератор Р (теплообмінникнавантаження) 7 з'єднані з робочими блоками магістралями стисненоговисокотемпературного і розширеного холодного робочоготіла. Відведення тепла відньогоздійснюєтьсятеплоносієм через магістраль 16, яка підключена до трьохпоточного холодильника 6; до трьохпоточного рефрижератора підключенамагістраль 17 підведення тепла відохолоджуваногооб'єкта.

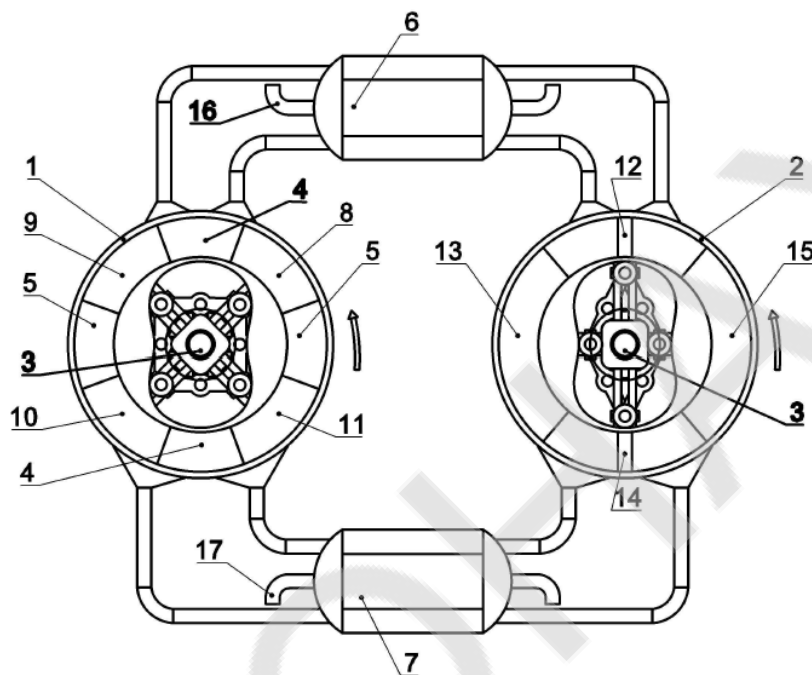


Рис. 2 – Пристрій РЛГХМ: 1, 2 – робочі блоки; 3 – вал;
4, 5 – пари лопатей; 6 – холодильник; 7 – рефрижератор (теплообмінникнавантаження);
8, 9, 10, 11 – порожнини РБ 1; 12, 13, 14, 15 – порожнини РБ 2;
16 – магістраль відведення тепла; 17 – магістраль підведення тепла.

Завдяки симетричній конструкції РЛГХМ добре врівноважена і створює мінімальний рівень вібрації. На відміну від ГХМ Стірлінга з шатунно - поршневим механізмом руху, у роторно-лопатевої газовой холодильній машині менша кількість деталей – корпус і два ротори з лопатями. Місця стиковки рухомих деталей утворюються великими поверхнями, що дозволяє досить просто і надійно їх ущільнювати.

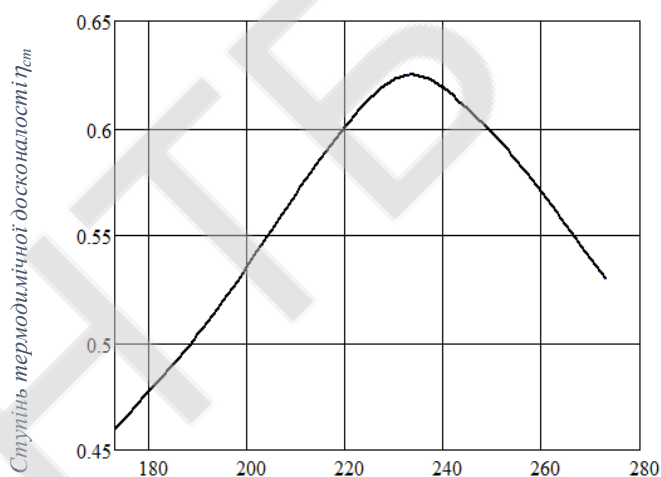
Була розроблена чисельна математична модель робочого процесу роторно-лопатевої газовой холодильної машини для аналізу робочого процесу, що відбувається в порожнинах РЛГХМ. Математична модель двохблочної РЛГХМ побудована на основі законів збереження енергії і маси відкритої термодинамічної системи і рівнянні стану робочого тіла Клапейрона-Менделєєва.

Математична модель використовується для імітації продуктивності РЛГХМ. Нижче в таблиці 1 наведені показники робочого процесу РЛГХМ, отримані в результаті математичного моделювання.

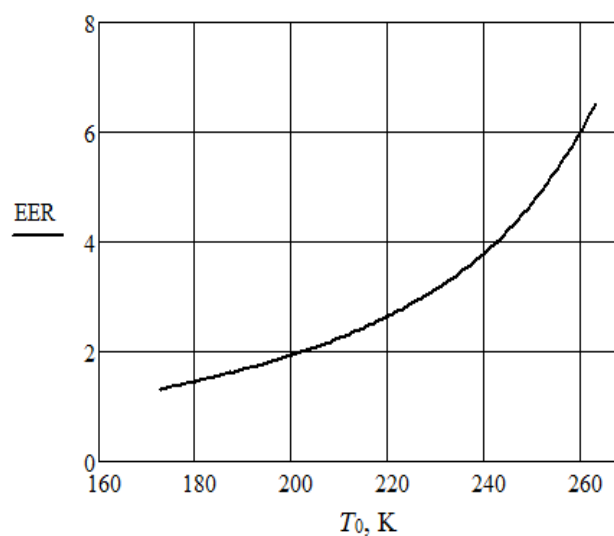
Таблиця 1. Результати математичного моделювання циклу РЛГХМ

Величина	Значення
Мінімальна температура РТ в камері розширення, T_{min}	172.71 К
Максимальна температура РТ в камері стиснення, T_{max}	321.34 К
Максимальний тиск, P_{max}	20.34 атм.
Холодопродуктивність, Q_0	8270 Вт
Теплове навантаження на холодильник, Q_x	14520 Вт
Споживана потужність, N_e	6250 Вт
Коефіцієнт перетворення EER	1.323
Ступінь термодинамічної досконалості, η_{cm}	0.46

Проведено дослідження характеристик двохблочної РЛГХМ в широкому діапазоні її навантажувальних і швидкісних режимів. Була отримана залежність ступені термодинамічної досконалості та холодильного коефіцієнта EER при помірних температурах охолодження T_0 (рис. 3 та рис. 4. відповідно).



Температура охолодження T_0 , К
Рис. 3 – Залежність η_{cm} від температури охолодження



Температура охолодження T_0 , К
Рис. 4 – Залежність EER від температури охолодження

З рис.4 видно, що в результаті підвищення температури охолодження відбувається плавна зміна холодильного коефіцієнта EER , максимальне значення якого склало 6,534 при $T_0 = 263$ К.

Відзначимо, що в області значень температури нижче 193 К ефективність РЛГХМ значно вище, ніж у ПКХМ. Це ускладнення пов'язане з необхідністю переходу до двоступінчастим стиску в ПКХМ, що призводить до підвищення вартості цих установок.

Таким чином, використання роторно-лопатевої газової холодильної машини дозволяє нам працювати в більш широкому діапазоні значень температур охолодження (від 173 до 273 К) в одній машині і отримувати більш високу енергетичну ефективність.

Дослідження впливу робочих тіл на холодопродуктивність роторно-лопатевої газової холодильної (гелій, азот, метан). Для всіх робочих тіл були отримані залежності холодопродуктивності Q_0 і холодильного коефіцієнта EER для РЛГХМ. Температура охолодження становила 233 К. Спостерігається, що для всіх робочих тіл холодопродуктивність збільшується зі швидкістю обертання валу.

При використанні гелію холодопродуктивність склала 12050 Вт, а ефективність EER дорівнює 5,902. У разі використання азоту, холодопродуктивність склала 9156 Вт, що менше на 24% в порівнянні з використанням гелію, а максимальне значення EER дорівнює 5,56, що менше на 6 % ніж для гелію.

Запропоноване рішення для удосконалення конструкції РЛГХМ дозволяє досягти високих значень основних показників, що висувуються до поршневих ГХМ Стірлінга, головним з яких є зменшення масогабаритних характеристик на 250 %. Це в свою чергу дозволяє досягти підвищення енергоефективності на 15 %. Виходячи з проведеної стандартизації та уніфікації машини за рахунок застосування серійно виготовлених деталей дозволяє підвищити ступінь конструкторської та технологічної наступності. Зі зменшенням кількості сполучених деталей досягнуто підвищення надійності. Використання природних робочих тіл знижує шкідливий вплив на навколишнє середовище.

Науковий керівник Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ

УДК 621.59

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ СУДНОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ, ЯКА ПРАЦЮЄ НА ПРИРОДНИХ РОБОЧИХ ТІЛАХ

Савін І.О., магістрант ІХКЕ ОНАХТ

На сьогоднішній день тільки в Європі в 2021р. використано 140 000 000 000 м³ супутного нафтового газу (СНГ). Перевага СНГ полягає в його зниженому впливі на навколишнє середовище. При спалюванні СНГ в порівнянні з природним газом вміст СО у відпрацьованих газах на 10% вище, що в п'ять разів менше ніж при спалюванні бензину, дизельного палива, мазуту. Зміст же сірководню у відпрацьованих газах СНГ - мінімальний, без

СЕКЦІЯ №1 –ХОЛІДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

РОЗРОБКА І АНАЛІЗ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ЗРІДЖЕННЯ СУПУТНЬОГО НАФТОВОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИКЛУ СТРЛІНГА

Волянський А.О., магістрант ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНАХТ4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ СУДНОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ, ЯКА ПРАЦЮЄ НА ПРИРОДНИХ РОБОЧИХ ТІЛАХ

Савін І.А., магістрант ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник Трандафілов В.В., к.т.н., ст. викладач кафедри холодильних установок і кондиціювання повітря ОНАХТ.....7

РОЗРАХУНОК ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ ГАЗУ У РОБОЧОМУ КОЛЕСІ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ ПРОГРАМНИХ КОМПЛЕКСІВ

Лазаренко А. Д., студент, гр. ХК-71/1К, СумДУ, м. Суми

Науковий керівник; Ванєєв С.М., к.т.н., доцент кафедри технічної теплофізики СумДУ.....10

НОВА СХЕМА З'ЄДНАННЯ ЄМНОСТЕЙ ПРОМІЖНОГО ХОЛОДОНОСІЮ В СИСТЕМАХ З АКУМУЛЯЦІЄЮ ХОЛОДУ

Коваленко А.Є., магістрант ІХКЕ ОНАХТ, Рімашевський Ю.С., Науково-

інженерне об'єднання Холод, Желіба Т.О., ОНП.....11

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ЗВОЛОЖУВАЧІВ ПОВІТРЯ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Матюшко А.С., магістрант, ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник: Піщанська Н.О., доцент, ІХКЕ ОНАХТ.....12

АНАЛІЗ РОЗПОДІЛУ ГАЗОВОГО ТА РІДИННОГО ПОТОКІВ У НАСАДКОВОМУ ШАРІ ЗВОЛОЖУВАЧА ПОВІТРЯ ДЛЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ МІКРОКЛІМАТУ

Міхайлов М.П., магістрант, ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник: Піщанська Н.О., доцент, ІХКЕ ОНАХТ.....14

.ВИКОРИСТАННЯ ХОЛОДУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МЕДПРЕПАРАТІВ ЗА РАХУНОК СУБЛІМАЦІЇ

Амасьонко О.В., магістрант, ІХКЕ ОНАХТ

Науковий керівник: Піщанська Н.О., доцент, ІХКЕ ОНАХТ.....16

ТРАНСФОРМАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ ТРИВАЄ

Рахімов Р.Р., студент ВСП «ОТФК ОНАХТ», м. Одеса

**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, АСПРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ
ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ»**

14-15 травня 2021 року

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