

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
83 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ УНІВЕРСИТЕТУ

Одеса 2023

Наукове видання

Збірник тез доповідей 83 наукової конференції викладачів університету
25 – 28 квітня 2023 р.

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

Рекомендовано до друку та розповсюдження в мережі Internet Вченою радою
Одеського національного технологічного університету,
протокол № 13 від 16.05.2023 р.

Під загальною редакцією Заслуженого діяча науки і техніки України,
Лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки,
д-ра техн. наук, професора Б.В. Єгорова

Укладач Т.Л. Дьяченко

Редакційна колегія

Голова: Іванченкова Л.В., д.е.н., професор

Заступник голови Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Агунова Л.В., к.т.н., доцент

Артеменко С.В., д.т.н., професор

Басюркіна Н.Й., д.е.н., професор

Бурдо О.Г., д.т.н., професор

Бордун Т.В., к.т.н., доцент

Верхівкер Я.Г., д.т.н., професор

Гапонюк О.І., д.т.н., професор

Гаркович О.Л., к.б.н., доцент

Добрянська Н.А., д.е.н., професор

Жигунов Д.О., д.т.н., професор

Філіпенко О.І., к.філ.н., доцент

Згадова Н.С., к.е.н., доцент

Капрельянц Л.В., д.т.н., професор

Капустян А.І., д.т.н., доцент

Коваленко О.О., д.т.н., професор

Косой Б.В., д.т.н., професор

Котлик С.В., к.т.н., доцент

Козак К.Б., д.е.н., професор

Лагодієнко В.В., д.е.н., професор

Лебеденко Т.Є., д.т.н., професор

Ломовцев П.Б., к.т.н., доцент

Макаринська А.В., д.т.н., професор

Ніколюк О.В., д.е.н., професор

Немченко В.В., д.е.н., професор

Осадчук П.І., д.т.н., доцент

Павлов О.І., д.е.н., професор

Солоницька І.В., к.т.н., доцент

Седікова І.О., д.е.н., професор

Сергеева О.Є., д.ф-м.н., професор

Семенюк Ю.В., д.т.н., професор

Симоненко Ю.М., д.т.н., професор

Скрипніченко Д.М., к.т.н., доцент

Соловей А.О., к.т.н., доцент

Струк Б.І., к.п.н., доцент

Тітлов О.С., д.т.н., професор

Тележенко Л.М., д.т.н., професор

Ткаченко О.Б., д.т.н., професор

Ткачук Г.О., д.е.н., професор

Фесенко О.О., к.т.н., доцент

Хобін В.А., д.т.н., професор

Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор

РОЗРОБКА ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ СТІРЛІНГА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДУ ПРИ ПОМІРНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Хмельнюк М.Г., д.т.н., професор, Яковлева О.Ю., к.т.н., доцент,
Трандафілов В.В., к.т.н., доцент
Одеський національний технологічний університет, м.Одеса

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) 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 газів отримувати 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 кріогеніці (наприклад, установки ЗАТ «Сигма-газ», ВАТ «Уралтрансгаз», американської фірми «Stirling Cryogenics» 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).

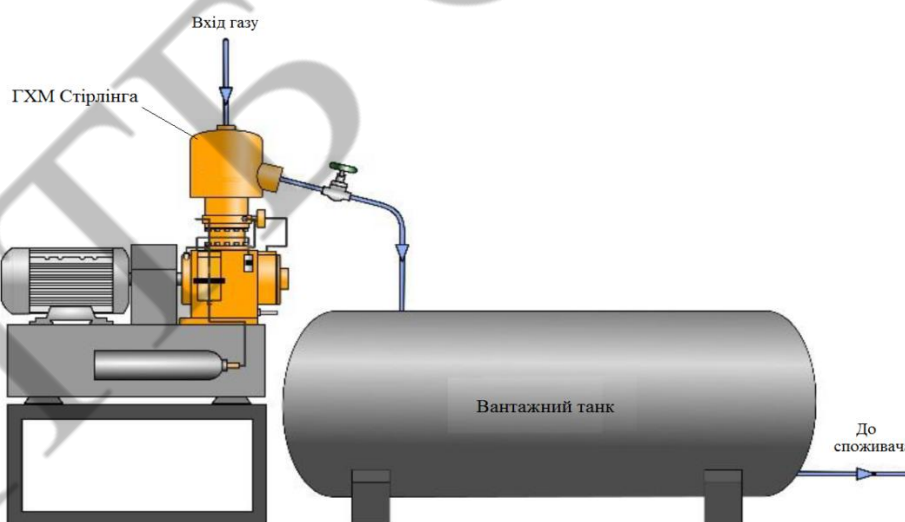


Рис. 1 – Установка ПРГ на базі ГХМ Стірлінга

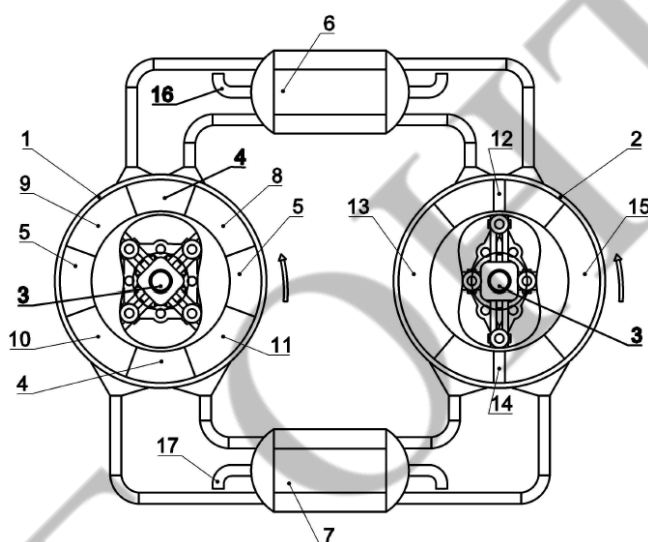
Виконаний аналітичний огляд дав можливість вибрати в якості об'єкта дослідження роторно-лопатеву ГХМ, а також сформувані перелік основних науково-технічних завдань, що підлягають вирішенню.

Роторно-лопатєва газова холодильна машина (рис. 2) складається з двох робочих блоків (РБ) 1 і 2, в яких із зсувом на 45° проводиться стиснення і розширення робочого тіла. Робочі блоки мають один загальний приводний вал 2. Холодильник (X) 6 і рефрижератор Р

(теплообмінник навантаження) 7 з'єднані з робочими блоками магістралями стисненого високотемпературного і розширеного холодного робочого тіла. Відведення тепла від нього здійснюється теплоносієм через магістраль 16, яка підключена до трьохпоточного холодильника 6; до трьохпоточного рефрижератора підключена магістраль 17 підведення тепла від охолоджуваного об'єкта.

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

Була розроблена чисельна математична модель робочого процесу роторно-лопатевої газової 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.



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

Рис. 2 – Пристрій РЛГХМ

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
Середньопланіметрична температура в об'ємі рефрижератора $\overline{T_E}$, К	133
Середньопланіметрична температура в об'ємі холодильника $\overline{T_C}$, К	402
Максимальний тиск p_{max} , бар	20,5
Холодопродуктивність Q_E , кВт	12
Теплове навантаження на холодильник Q_C , кВт	36,5
Споживана потужність W , кВт	24,5
Холодильний коефіцієнт ε_A	0,49
Ступінь термодинамічної досконалості η_S	0,36

Розроблена роторно-лопатева газова холодильна машина, як зазначалося, має низку переваг. Основні – це висока ефективність при виробництві помірного холоду.

Проведено дослідження характеристик двохблочної РЛГХМ в широкому діапазоні її навантажувальних і швидкісних режимів. Встановлено в ході аналізу зміну коефіцієнта η_s в залежності від T_E , який дозволяє стверджувати, що ступінь термодинамічної досконалості РЛГХМ має екстремум (в даному випадку максимум) у функції $\eta_s = f(T_E)$, що підтверджує рис. 3.

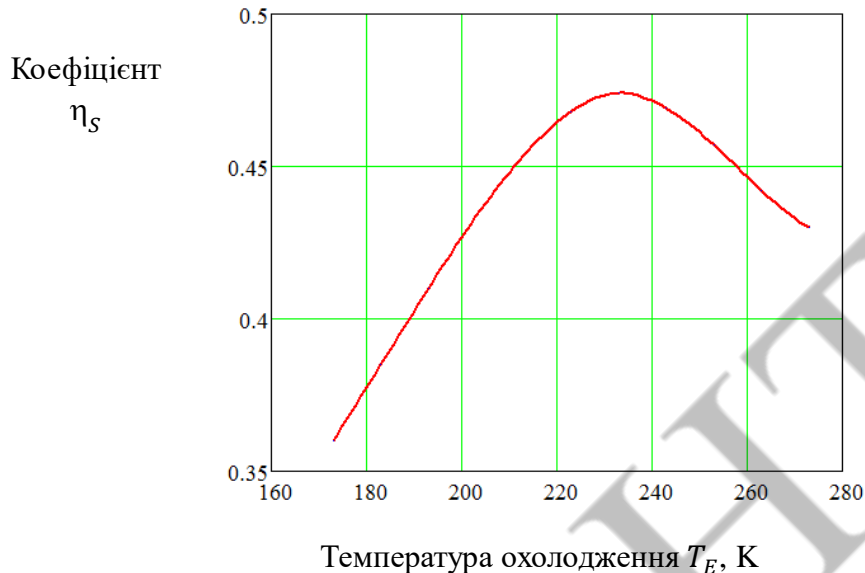


Рис. 3 – Залежність коефіцієнта η_s від температури охолодження T_E .

Із рис. 3 видно, що оптимальне значення температури охолодження $T_{Eopt} \approx 233$ К, при цьому значенні η_s становило 0,476.

Для реалізації можливостей розроблених математичних моделей були виконані розрахунки РЛГХМ з урахуванням всіх втрат від незворотності. Холодопродуктивність машини при виробництві холоду на температурному рівні 173 К складала 12 кВт. Холодильний коефіцієнт її знизився до 0,49, а ступінь термодинамічної досконалості – до 0,36. Незважаючи на це, за зазначеними характеристиками спроектована РЛГХМ має ступінь термодинамічної досконалості на 15 % вище, ніж у ГХМ Стірлінга, що серійно виробляються з такою ж холодопродуктивністю в 12 кВт і температурою охолодження 173 К. РЛГХМ істотно перевершує за масою обрану для порівняння ГХМ Стірлінга SPC-1: 100кг проти 0,25 тони.

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

Розрахунками показано, що розроблена РЛГХМ практично не поступається по термодинамічній ефективності каскадній ПХМ. Однак перевершує останню за габаритними показниками, а також експлуатаційним і капітальним витрат.

Запропоноване нами рішення для удосконалення конструкції РЛГХМ дозволяє досягти високих значень основних показників, що висуваються 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.

ВИХІДНІ ВИМОГИ ДО ПОБУДОВИ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ МОДЕЛІ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОЩУВАННЯ ЕНТОМОКУЛЬТУР	
Піщанська Н.О., Подмазко О.С., Бельченко В.М.	257
ВПЛИВ ЧИСТОТИ ПОВІТРЯ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ	
Жихарєва Н.В., Фурсенко О.В.	259
АНАЛІЗ І РОЗРАХУНОК ШВИДКОСТІ ОСУШЕННЯ ПОВІТРЯ В РІЗНИХ АПАРАТАХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ	
Жихарєва Н.В., Крушельницький Д.О.	262
АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯ ОСНОВНОГО ПОТОКУ В КОНТАКТНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ ПРИ КОНДЕНСАЦІЇ ВУГЛЕВОДОРОДІВ ТА ВИХЛОПНИХ ГАЗІВ	
Когут В.О., Кіщенко А.В., Гальченко К.Д.	264
ЕКСПЕРГОЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ СУДНОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З СИСТЕМОЮ РЕКУПЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ТЕПЛА ГОЛОВНОГО ДВИГУНА	
Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Грандафілов В.В., Ялама В.В.	265
СОЛЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ЗЕЛЕНІ БУДІВЛІ У ЧАС РЕАЛІЗАЦІЇ СЦЕНАРІЮ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	
Хмельнюк М.Г., Ткач С.В.	266
РОЗРОБКА ГАЗОВОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ СТРІЛІНГА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХОЛОДУ ПРИ ПОМІРНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	
Хмельнюк М.Г., Яковлева О.Ю., Грандафілов В.В.	268
РОЗВИТОК «БЛАКИТНОЇ ЕКОНОМІКИ». ОЦІНКА ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ. ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ У МОРСЬКОМУ СЕКТОРІ	
Хмельнюк М.Г., Ялама В.В.	271
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ОЦІНКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	
Яковлева О.Ю., Грандафілов В.В.	273
АНАЛІЗ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА ОЦІНКА ВПЛИВУ ХОЛОДОАГЕНТІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	
Хмельнюк М.Г., Сазанський А.Р.	274

СЕКЦІЯ «ЕКОЕНЕРГЕТИКА, ТЕРМОДИНАМІКА ТА ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ПИТНИХ ВОД НА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ	
Семенюк Ю.В.	275
РОЗРОБКА НОВОГО ПОКОЛІННЯ ТЕРМОАКУМУЛОВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ НАНОТЕХНОЛОГІЙ	
Желєзний В.П., Івченко Д.О., Глек Я.О.	278
ТЕОРЕТИЧНІ МОДЕЛІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ І ВІДПОВІДНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ПІРАМІДИ МАСЛОУ	
Бошков Л.З.	280
ТЕПЛОАСОСНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З ЕНЕРГЕТИЧНИМ ПАРКАНОМ В ПЕРВИННОМУ КОНТУРІ	
Дем'яненко Ю.І.	281
ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТУРБОДЕТАНДЕРНИХ АГРЕГАТІВ НА ГАЗОРОЗПОДІЛЬЧИХ СТАНЦІЯХ З ВИРОБНИЦТВОМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА ХОЛОДУ	
Ярошенко В.М., Подмазко О.С.	283
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В ГАЗОТРАНСПОРТНІЙ СИСТЕМІ	
Ярошенко В.М.	285

СЕКЦІЯ «ПРОЦЕСИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ»

РОЗРОБКА ШТАМПУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СУЦІЛЬНОТЯГНУТОЇ ЖЕРСТЯНОЇ БАНКИ	
Фарафонов В.С., Всеволодов О.М.	288
ЗАКУПОРЮВАЛЬНИЙ АВТОМАТ ДЛЯ СКЛЯНОЇ ТАРИ	
Панчук М.В., Всеволодов О.М.	291

СЕКЦІЯ «КРІОГЕННА ТЕХНІКА»

РОЗРОБКА КРІОГЕННОГО ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО КОМПРЕСОРА	
Симоненко Ю.М., Костенко Є.В.	294
РОЗДІЛЕННЯ БІНАРНИХ СУМІШЕЙ НА ОСНОВІ ГЕЛІУ ТА ВАЖКИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ	
Симоненко Ю.М., Чигрін А.О.	296