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

НТБ ОНАХТ

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.

©ОНТУ, 2021

НТБ ОНАХТ

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:

Ванєєв 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 кондиціювання 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 кондиціювання 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.

НТБ ОНАХТ

Автономні джерела електричної енергії на основі термоелектричних генераторних модулів знайшли широке застосування в різних областях діяльності людини. Потужність, що виробляється такими генераторами, складає від одиниць міліват до одиниць кіловат і визначається в економічною доцільністю вибору цього способу перетворення енергії.
Зниження потужності споживання і поява високоефективних перетворювачів напруги, початківців працювати при напрузі 30 мВ, визначили появу на ринку нового рішення для живлення малопотужних пристроїв. Це дає змогу подовжити термін служби і надійність широкого спектра автономних пристроїв, що вимагають регулярної заміни батарей живлення. Джерелом теплової енергії може бути будь-яка енергія, що отримується при спалюванні природного газу, дров, вугілля, пеллет та інш.

Список інформаційних джерел

1. Становий С. Томас Зеебек / Популярна електроніка. [Електроний ресурс]. http://scsiexplorer.com.ua/index.php/izvesnie-ludi/zarubezhnye-umy/1921-tomas-zeebek.html.
2. Шостаковский П. "Термоэлектрические источники альтернативного электропитания" Компоненты и Технологии, № 113, 2010, С. 131-138.
3. Рыльникова М. В. и др Оценка перспективных направлений использования термоэлектрических генераторов для выработки электроэнергии в условиях подземного рудника // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), №65, 2015, С. 73-84.

УДК621.56:622.691.6:629.114

УДОСКОНАЛЕНА АГНКС З ГАЗОГІДРАТНИМ АКУМУЛЯТОРОМ

В.В. Клименко, проф., д-р. техн. наук., М.В. Босий, викл., С.М. Якименко, доц, к.ф.-мат наук,
ЦНТУ, м. Кропивницький klymvas@ukr.net

Відомо, що автомобілі для заправки стиснутим природним газом в автомобільній газонаповнювальній компресорній станції (АГНКС) поступають суттєво нерівномірно на протязі доби: відношення максимальної кількості автомобілів в денний період до мінімальної в нічний становить ~7 [1]. Наразі застосування традиційної заправки автомобілів на АГНКС не дає можливості зменшити нерівномірність споживання стиснутого природного газу при заправці автомобілів в денний і нічний періоди доби, що призводить до використання обладнання завищеної продуктивності та понижує енергоефективність заправки [1].

Для вирішення цієї проблеми доцільно в АГНКС застосовувати газогідратний акумулятор (ГА), який надає можливість в нічний період накопичувати газ в газогідратному стані, а в піковий денний період їх плавити з виділенням газу при високому тиску, що дозволить підвищити кількість заправок автомобілів на проектному обладнанні АГНКС[2].
На рис. 1. наведено схемно-технологічне рішення заправки автомобілів стиснутим газом в АГНКС з ГА (АГНКС-ГА)

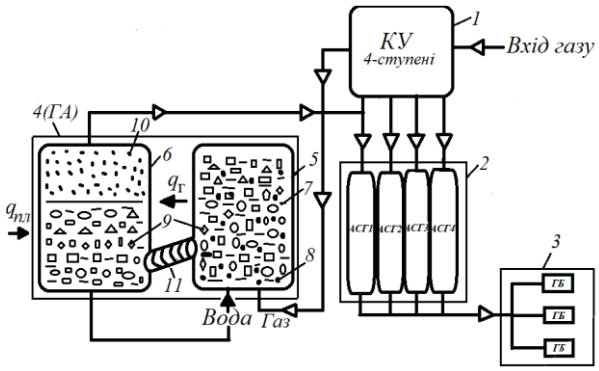

Рис1. 1 – компресорна установка (КУ) – чотири ступені стискування; 2 – акумулятори стиснутого газу (АСГ1-АСГ4); 3 – газобалонна установка автомобіля (ГБУ); 4 – газогідратний акумулятор (ГА); 5 – кристалізатор утворення газогідратів; 6 – плавитель газогідратів; 7 – вода; 8 – газ; 9 – газогідрати; 10 – газ високого тиску; 11 – гвинтовий шнек (екструдер)

Рисунок 1 − Схемно-технологічне рішення заправки автомобільного транспорту стиснутим газом в АГНКС – ГА

Розглянемо роботу АГНКС - ГА при заправці газових балонів стиснутим газом на наступному прикладі. В нічний період, при меншому завантаженні АГНКС, природний газ з початковим тиском p = 1,2 МПа і температурою t = 18 ºС спочатку подається в першу ступінь і компримується до тиску p = 3,5 МПа, охолоджується і подається в акумулятор газу АСГ-1 для заправки балонів 3 стиснутим газом або в другу ступінь, в якій газ компримується до тиску p = 7,5 МПа. Газ при цьому тиску охолоджується і подається в АСГ-2 для заправки балонів 3 стиснутим газом або в третю ступінь, в якій газ компримується до тиску p = 15 МПа. Стиснутий газ при цьому тиску охолоджується і подається в АСГ-3 для заправки балонів 3 стиснутим газом або в четверту ступінь, в якій газ компримується до тиску p = 25 МПа. Надлишкова частина газу, що не використовується в цей період для заправки балонів 3, надходить в кристалізатор 5, де при контакті з водою утворюються газогідрати при тиску p = 7,5 МПа і температурі t = 16 ºС, а теплота гідратоутворення $q_г$ відводиться холодильною машиною (ХМ), яку на схемі не показано. Утворені газогідрати накопичують та зберігають в кристалізаторі 5, або в окремій ємності, яка на рис. 1 не показана. При збільшенні завантаження АГНКС в піковий період, накопичені газогідрати подають за допомогою гвинтового шнекового (екструдера) 11 до плавителя газогідратів 6, в якому здійснюється підігрівання і плавлення газогідратів при температурі t = 22 ºС і тиску p = 25 МПа з виділенням газу і води шляхом підведення теплоти $q_{пл}$ від охолодження газу після ступенів компресорного стиснення. Виділена вода подається в кристалізатор 5 на повторне гідратоутворення, а отриманий газ при тиску p = 25 МПа направляють в акумулятор газу АСГ-4, з якого здійснюється остаточне наповнення газових балонів 3 стиснутим природним газом.

Плавити газогідрати в плавителі 6 можливо і при тиску p = 30-35 МПа та отримувати стиснутий газ при цьому тиску, але при плавленні газогідратів необхідно буде підтримувати більш високу температуру t = 26-28 ºС. Такий режим роботи АГНКС-ГА дозволить без застосування додаткового компресорного обладнання заправляти пересувні автомобільні газові заправники (ПАГЗ), в яких оптимальні значення максимального тиску знаходяться в межах 32-35 МПа [1,3].

В роботі [1] коефіцієнт корисної дії заправки балонів 3 через ємність-акумулятор 2 газу $\eta_{запр}$ визначають як відношення мінімальної роботи L_{min} на стиск газу для заповнення балонів за наявності холодильника, що підтримує постійною температуру газу до затраченої роботи $L_{затр}$. Але у випадку застосування ГА при визначенні $L_{затр}$ потрібно враховувати затрати енергії в холодильній машині, яка забезпечує необхідні умови для утворення та накопичення газогідратів, що не дозволяє використовувати вираз (1) для розрахунку коефіцієнта корисної дії заправки балонів

АГНКС-ГА. Тому нами для розрахунків $\eta^{га}_{запр}$ – коефіцієнта корисної дії заправки балонів через ємність-акумулятор газу із застосуванням ГА, пропонується такий вираз:

$$\eta^{га}_{запр} = e^{ст}_{пр.г.} / l^{к.ст}_{к} + l^{ст}_{гг}, \quad (2)$$

де $e^{ст}_{пр.г.}$ – питома ексергія стиснутого газу в балоні при середніх значеннях робочих термодинамічних параметрів, кДж/кг;

$l^{к.ст}_{к} = l^{к.ст}_{к1} + l^{к.ст}_{к2}$ – питома робота на компримування газу в 1-й і 2-й ступенях компресорного стискування, кДж/кг;

$l^{ст}_{гг} = l_{хм}$ – питома робота газогідратного стискування природного газу, що дорівнює питомій роботі холодильної машини $l_{хм}$, кДж/кг.

Енергоефективність заправки автомобільного транспорту стиснутим природним газом при використанні газогідратного акумулятора визначалася для умов наведеного вище прикладу роботи АГНКС-ГА за величиною коефіцієнта $\eta^{га}_{запр}$. Для порівняння при цих же умовах визначалася і енергоефективність заправки в традиційній АГНКС за величиною коефіцієнта $\eta_{запр}$. Коефіцієнти $\eta_{запр}$ і $\eta^{га}_{запр}$ визначалися згідно методик, наведених в роботах [1, 2, 4].

Виконані розрахунки показують, що $\eta^{га}_{запр}$ = 0,47, а $\eta_{запр}$= 0,41, тобто енергоефективність заправки автомобільного транспорту в АГНКС-ГА на 6% вища, ніж в традиційній АГНКС. Отже використання ГА дозволяє не тільки підвищити ефективність використання обладнання АГНКС в умовах роботи при нерівномірній добовій заправці автомобільного транспорту, а і підвищити енергоефективність заправки автомобільного транспорту.

Список інформаційних джерел

1. Грудз В.Я., Грудз Я.В., Костів В.В., Михалків В.Б. Автомобільні газонаповнювальні компресорні станції (АГНКС): монографія / Грудз В.Я, Грудз Я.В., Костів В.В., Михалків В.Б. Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2014. 320 с.
2. Босий М.В., Клименко В.В., Магопець С.О., Гарасьова Н.Ю., Овчаренко А.О. Підвищення ефективності автомобільної газонаповнювальної компресорної станції шляхом застосування газогідратного акумулятора. Refrigeration Engineering and Technology, 2021. №57(1). С. 45-54. https://doi.org/10.15673/ret.v57i1.1978
3. Гавриш В.І. Оцінка ефективності застосування автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій у сільськогосподарському виробництві // Вісник аграрної науки Причорномор'я, 2006. Вип. № 4. С. 66-71.
4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика, М.: Издательский дом МЭИ, 2016. 496 с.

УДК:621.57

ЗМ ІСТ

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ **стор**

1 **ДУАЛЬНЕ НАВЧАННЯ ТА ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА** **10**
Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, Харків

2 **ПРАКТИКА СТУДЕНТІВ У ВІРТУАЛЬНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ КОМПАНІЯХ** **13**
Кухаренко В.М., професор, ХНАДУ, ХарківСословський В.Г., пров.інженер Центру електронного навчання ХНУ ім. В.Н. Каразіна v. Войченко О.П., науковий співробітник Міжнародного навчально-наукового центру інформаційних технологій та систем НАН України та МОН

3 **DEVELOPMENT OF THERMOPRESSOR SYSTEMS FOR AIR INTERCOOLING IN MULTISTAGE COMPRESSORS** **18**
Halina Kobalava, Teacher of Thermal Engineering Department, g.lavamay@gmail.comDmytro Konovalov, D.Sc., Head of Thermal Engineering DepartmentViacheslav Shkvorchenko, StudentAdmiral Makarov National University of ShipbuildingKherson Branch, Ukraine

4 **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ В СИСТЕМАХ КОМФОРТНОГО КОНДИЦІЮВАННЯ** **20**
Жихарєва Н.В., к.т.н ., доц. Одеський національний технологічний університет

СЕКЦІЯ №1–ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ

1 **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТЕПЛОВОЇ ПОМПИ SPLIT-КОНДИЦІОНЕРА** **26**
Лабай В.Й., д.т.н., Ярослав В.Ю., ст. викл., Генсецький М.П., к.т.н., НУЛП, м. Львів,

2 **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ТЕЛА В ТРИГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ НА ОЦР** **29**
Овсянник А. В., к.т.н., доцент, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель,
Ключинский В. П., аспирант, ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомель,

3 **СИСТЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ТЕПЛА С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ И ТЕРМОСИФОНАМИ** **32**
Васильев Л.Л., д.т.н., профессор, Журавлёв А.С., к.т.н., Рабецкий М.И., к.т.н., Гракович Л.П., , к.т.н., Драгун Л.А., ИТМО НАН имени А.В. Лыкова Беларуси, г. Минск,

4 **АВТОНОМНА СИСТЕМАОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК УТИЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКОВОГО ТЕПЛА** **35**
Зур'ян О.В.[1], науковий співробітник, Ніколаєвська Н.В.[1], науковий співробітник
[1]Інститут відновлюваної енергетики НАН України, вул. Гната Хоткевича 20-а, м. Київ,

5 **УДОСКОНАЛЕНА АГНКС З ГАЗОГІДРАТНИМ АКУМУЛЯТОРОМ** **39**
В.В. Клименко, проф., д-р. техн. наук., М.В. Босий, викл., С.М. Якименко, доц, к.ф.-мат наук, ЦНТУ, м. Кропивницький

6 **МОРОЗИЛЬНИКИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВАКЦИН И КЛЕТОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ -90°С ПРИ +32°С** **41**
Мостицкий А.В., Баклан О.В., Литвиненко М.П., Кокул С.В., младший научный сотрудник ООО «НПО « ДНИПРО - МТО »» Киев, 03164, Украина,

7 **ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ СОПЛА АКТИВНОГО ПОТОКУ РІДИННО-ПАРОВОГО СТРУМИННОГО АПАРАТУ** **44**
Шарапов С. О., Гусєв Д. М., аспірант, СумДУ, м. Суми

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

НТБ ОНАХТ