

**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

У 1996 р. компанія «Shell» провела дослідження по розміщенню установки по зріджуванню газу на плавучій баржі. Концепція розробки газових родовищ називається «FLNG» (Floating Liquid Natural Gas – «Плавучий зріджений природний газ»). Технологія «FLNG» створена на основі накопиченого досвіду експлуатації установок ЗПГ на суші і морських плавучих судах по видобуванню, зберіганню і відвантаженню продукції («FPSO»), а також транспортування ЗПГ. Компанія «Shell» включилася в роботи по проектуванню і експлуатації ЗПГ- установок на суші більше 40 років тому. Концентрація уваги на альтернативних схемах зрідження природного газу привела до розробки компанією «Shell» процесу «Dual MR» (Dual Mixed Refrigerant – «Двокомпонентний змішаний холодоагент»).

У 2002 р. проектувалася установка потужністю 5 млн. т в рік. За пропозицією «Shell» газ оброблятиметься, зріджуватиметься і зберігатиметься на плавучій установці, а потім перевантажуватиметься на метановози і вирушатиме на експорт, оминаючи сушу.

Інший напрям використання ЗПГ – задоволення пікового попиту в тих випадках, коли створюються запаси ЗПГ на зиму. Новий сектор ринку ЗПГ – транспортне паливо. Установки зрідження природного газу для транспортних засобів такі ж як і для забезпечення пікових навантажень, але місткості ЗПГ для транспорту значно менше, і газ з них частіше відвантажується в зрідженому вигляді, ніж в газоподібному компримованому.

ЗПГ-установки для покриття пікових навантажень і отримання палива для транспортних засобів схожі за схемою очищення і зрідження, але мають відмінності в секціях зберігання і відвантаження продукту. Так, ЗПГ в них зберігається в низькотемпературних ізотермічних резервуарах при атмосферному тиску. У разі потреби видається насосом високого тиску через випарник в газопровід.

Технологія експорту – імпорту ЗПГ полягає в наступному. Природний газ видобувається на родовищі, очищається від кислих компонентів і подається в установку зрідження, в якій є резервуари для зберігання ЗПГ. За допомогою насосів зріджений природний газ через систему вантаження-розвантаження перекачується на морський транспорт – танкери-метановози і доставляється споживачеві. На приймальних терміналах встановлені великі резервуари зберігання ЗПГ і спеціальне устаткування, яке дозволяє випарувати ЗПГ і далі газ закачати в розподільну трубопровідну систему і доставити споживачам.

УДК 621.574:629.122

## **ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ УСТАНОВКИ ПОВТОРНОГО ЗРІДЖЕННЯ ЕТИЛЕНУ ПРИ ЗАМІНІ ДРОСЕЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ЕЖЕКТОРИ**

**Морозюк Л.І, д.т.н., професор, Соколовська-Єфименко В.В., к.т.н., доцент,  
Мошкатюк А.В, доктор філософії, асистент  
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса**

Морський транспорт є основою міжнародної торгівлі та світової економіки. Понад 80 % обсягу міжнародної торгівлі товарами здійснюється морем, а більшості країн цей відсоток ще вище. COVID-19, військові конфлікти, зміна клімату та геополітика вплинули на життя людей і призвели до глобальної енергетичної кризи. Ключову роль у пом'якшенні удару сьогодні грають зріджені газі, як альтернативне паливо. На далекі відстані зріджені газі транспортуються танкерами-газовозами. В залежності від виду вантажів, що транспортуються, вони поділяються на різні групи. Значний енергетичний потенціал має зріджений етилен. Транспортна класифікація таких зріджених газів – LEG (Liquefied Ethylene Gas). У процесі транспортування частина вантажу (0.08-0.3 %) випаровується кожен день, що призводить до підвищення тиску і температури у вантажних танках.

Щоб утримати тиск і температуру в танку в межах норми, виникає необхідність прибрати з танка пари газу, що утворилися при його кипінні, сконденсувати їх і повернути назад у танк. Такий процес здійснюється системою повторного зрідження газу (reliequfaction plant). Установка повторного зрідження вважається ключовим елементом, що підвищує безпеку і економічність цих типів суден. Система повторного зрідження вимагає відносно великих капіталовкладень. Вона є великим споживачем енергії, володіє значною масою і займає великий об'єм.

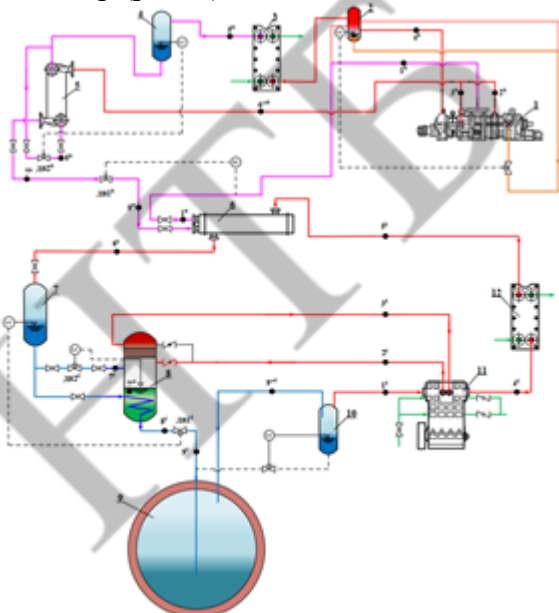
У літературі [1,2,3] при аналізі установок повторного зрідження LEG, було показано, що значні незворотні втрати в установках спостерігаються в дросельних пристроях. Продуктивність звичайного процесу повторного зрідження LEG може бути додатково покращена за рахунок використання ефективніших розширювальних пристроїв.

Враховуючи вищевикладене, у цій роботі пропонується дослідження спрямоване на оцінку покращення продуктивності процесу повторного зрідження з використанням ежектора. При наявності дійсних параметрів роботи установки повторного зрідження на танкері-газовозі LEG «ANTIKITHIRA».

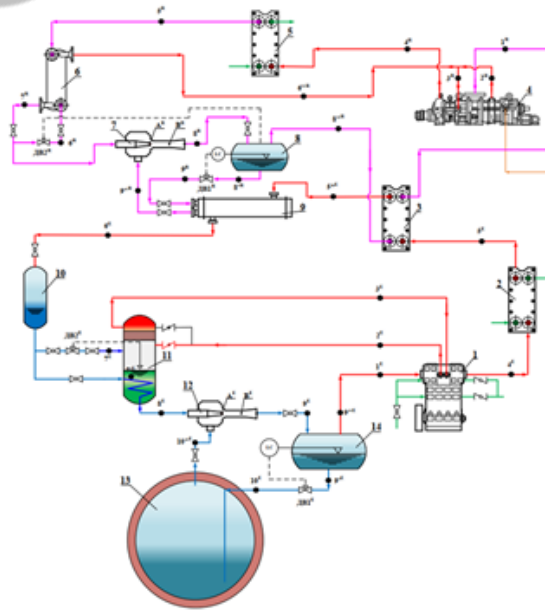
Каскадна установка повторного зрідження етилену складається із двох взаємопов'язаних двоступеневих холодильних машин. Робочою речовиною нижнього каскаду є сам вантаж – етилен (R1150). Робоча речовина верхнього каскаду – пропілен (R1270) (рис. 1).

На підставі даних запису моніторингу вантажних операцій були визначені основні параметри роботи установки, сформовано цикл і проведені енергетичні розрахунки.

Для підвищення енергетичної ефективності установки було запропоновано змінити звичайний процес повторного зрідження (ЗППЗ) дійсної установки на ежекторний процес повторного зрідження (ЕППЗ) шляхом заміни дросельних вентилів (ДВ<sup>E2</sup> і ДВ<sup>R2</sup>) на двофазні ежектори. В запропонованій схемі дросельні пристрої (ДВ<sup>E2</sup> і ДВ<sup>R2</sup>) було замінено на двофазні ежектори. Також в схему були додані допоміжні елементи: сепаратори та в нижньому каскаді попередній охолоджувач. Сепаратори забезпечують постійний тиск на вході в компресор, а попередній охолоджувач зменшує навантаження на випарник-конденсатор (рис. 2).



**Рис. 1 – Технологічна схема дійсної установки повторного зрідження етилену на танкері-газовозі LEG «ANTIKITHIRA»[24]**



**Рис. 2 – Технологічна схема запропонованої установки ЕППЗ**

В дослідженні було проведено моделювання ежектора. На підставі даних, отриманих при моделюванні ежекторів проведено енергетичний аналіз запропонованої установки.

Методом оцінки енергетичної ефективності запропонованої установки (ЕППЗ) та звичайної дійсної установки (ЗППЗ) було обрано ексергетичний аналіз. За результатами ексергетичного аналізу оцінено вплив продуктивності процесу в основних компонентах на енергетичну ефективність системи повторного зрідження (ЗППЗ та ЕППЗ).

Розрахунки показали, що підвищення продуктивності запропонованої установки складає: з точки зору енергетичної ефективності COP на 24 % та ексергетичної ефективності  $\varepsilon$  на 16 %. Таким чином можна зробити висновок, що запропонований цикл з точки зору енергетичної та ексергетичної ефективності виграє порівняно з існуючим циклом установки.

Але слід мати на увазі: ежектор розраховується тільки на один режим і будь-які відхилення від розрахункових значень призводять до порушення суцільності потоку, що може спричинити порушення робочих параметрів всієї установки.

Робота установок повторного зрідження сильно залежить від зовнішніх факторів (крен, деферент, температура за бортом, температура забортної води тощо) і тому потребує надійних способів регулювання продуктивності

### Література

1. Li Y, Jin G, Zhong Z. 2012, Thermodynamic Analysis-Based Improvement for the Boil-off Gas Reliquefaction Process of Liquefied Ethylene Vessels, Chemical Eng. Technology. 35(10): 1759-1764.
2. Ouadha A, Beladjine BM. Exergy analysis of an ethylene bog re-liquefaction system. The 24th IIR International Congress of Refrigeration ICR 2015, Yokohama, Japan.
3. Sokolovska-Yefymenko V, Morozyuk L, Ierin V, Yefymenko O. Thermodynamic Analysis of an Ethylene Reliquefaction System Using the Entropy-Cycle Method. Energies. 2023; 16(2):920.

УДК 621.574.013:620.92-027.563:[502.21:523.9]

## КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СИСТЕМИ ТРИГЕНЕРАЦІЇ

Басов А.М., асистент

Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Інноваційні технології у галузі енергозабезпечення та оптимізації енергоспоживання є дуже важливими для підтримки економічного зростання та сталий розвиток. Однією з таких технологій є тригенерація розподіленої енергетики, яка використовує відновлювальні джерела енергії, щоб виробляти електрику, тепло та холод для різних застосувань. Особливо важливим компонентом в такій системі є комерційний холод, який може виробляти холод для охолодження води та повітря.

Рішення про доцільність застосування систем тригенерації для конкретних споживачів з вибором робочих параметрів і характеристик елементів системи вимагає детального аналізу і збору даних щодо реальних величин енергетичної ефективності кожного елементу. Дані для аналізу отримують з вивчення енергетичного, екологічного та економічного стану споживача, моніторингу роботи дійсних установок у подібних умовах і розвитку сучасного виробництва в галузі відповідного устаткування. Аналіз процесів, що відбуваються в елементах холодильних машин або теплових насосів, в процесі проектування повинен бути заснований на чіткому розумінні критеріїв, за якими буде здійснюватися побудова економічної моделі і оцінка роботи в реальних умовах. Існуючі сучасні методи

НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНА УТИЛІЗАЦІЯ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН НА БАЗІ ПОВІТРЯНОГО ТУРБОХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ	
<b>Ярошенко В.М.</b> .....	298
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ ГАЗИФІКАЦІЇ ЗРІДЖЕНОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ	
<b>Грудка Б.Г.</b> .....	300
ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ УСТАНОВКИ ПОВТОРНОГО ЗРІДЖЕННЯ ЕТИЛЕНУ ПРИ ЗАМІНІ ДРОСЕЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НА ЕЖЕКТОРИ	
<b>Морозюк Л.І., Соколовська-Єфименко В.В., Мошкатиук А.В.</b> .....	301
КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ СИСТЕМИ ТРИГЕНЕРАЦІЇ	
<b>Басов А.М.</b> .....	303

### **СЕКЦІЯ «НАФТОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА»**

РОЗРАХУНОК ПЛОСКОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА-ВОДОНАГРІВАЧА	
<b>Волгушева Н.В., Бошков Л.З.</b> .....	305
МОДЕЛЮВАННЯ КОМПАКТНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ З ДВОФАЗНИМИ ТЕПЛОНОСІЯМИ	
<b>Альтман Е. І., Потапов М.Д.</b> .....	307
ПРИЙНЯТТЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕГАЮЧИХ РІШЕНЬ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ МАГІСТРАЛЬНИХ НАФТОПРОВІДІВ	
<b>Кологривов М. М.</b> .....	309
РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	
<b>Березовська Л.В., Тітлов О.С.</b> .....	311
ЕНЕРГОЗБЕРЕГАЮЧА СУШАРКА ДЛЯ ЗЕРНА НА ОСНОВІ МІКРОХВИЛЬОВОГО НАГРІВУ	
<b>Бошкова І.Л., Капауз К.О.</b> .....	313
ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ	
<b>Василів О.Б., Рамазанов Р.І., Проць Б.М., Вовченко А.І.</b> .....	315
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КОНДЕНСАЦІЇ ВУГЛЕВОДНІВ У ПРИРОДНОМУ ГАЗІ	
<b>Волчок В.О., Світлицький В.М.</b> .....	316
ВИДИ І ВЛАСТИВОСТІ ПРИРОДНИХ І СИНТЕТИЧНИХ ЦЕОЛІТІВ ДЛЯ АКУМУЛЯЦІЇ ТЕПЛОТИ	
<b>Гречановський А.П., Бондаренко О.С.</b> .....	317
НАФТОГАЗОВА ПРОМИСЛОВІСТЬ УКРАЇНИ. СПРОБИ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ГАЗОПОСТАЧАННЯ	
<b>Дьяченко Т.В., Гаранін Є.В., Тишко Д.П.</b> .....	319
РОЗРОБКА МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ	
<b>Морозов А.О.</b> .....	322
ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МІКРОХВИЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ СПІКАННЯ	
<b>Кравченко Є.О.</b> .....	324
ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ БІОДИЗЕЛЮ, В ЯКОСТІ ЗАМІННИКА МІНЕРАЛЬНОГО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО	
<b>Пономарьов К.М.</b> .....	326
АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ	
<b>Сагала Т.А.</b> .....	328
ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ СОРБЕНТІВ НА ОСНОВІ БЕНТОНІТОВИХ ГЛИН ДЛЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ	
<b>Фелонюк О.І.</b> .....	330

### **СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ МЕМБРАННОГО РОЗДІЛЕННЯ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ	
<b>Бондар С.М.</b> .....	332
ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ЛАКОФАРБОВИХ ВИРОБНИЦТВ	
<b>Шевченко Р.І., Бондар С.М., Мадані М.М., Гаркович О.О., Таранець В.І.</b> .....	333
АЛІЗ СТАНУ ТА ФІТОНЦИДНОЇ АКТИВНОСТІ ДЕКОРАТИВНИХ КУЛЬТУР В УРБОЕКОСИСТЕМАХ	
<b>Мадані М.М.</b> .....	335
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ БІОДЕГРАДАЦІЇ ПОЛІЦИКЛІЧНИХ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ	
<b>Лазеба О.В., Попова О.О., Гаркович О.Л.</b> .....	336
МЕТОДИ БІОРЕМЕДІАЦІЇ ҐРУНТІВ	
<b>Лазеба О.В., Попова О.О., Гаркович О.Л.</b> .....	338
ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ МОДИФІКОВАНИХ СОРБЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	
<b>Кузнецова І.О.</b> .....	340