

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ**  
**УНІВЕРСИТЕТ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
**82 НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**ВИКЛАДАЧІВ УНІВЕРСИТЕТУ**

**Одеса 2022**

Наукове видання

Збірник тез доповідей 82 наукової конференції викладачів університету  
26 – 29 квітня 2022 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 24.05.2022 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

Єгоров Б.В., д.т.н., професор

Заступник голови

Поварова Н.М., к.т.н., доцент

Члени колегії:

Безусов А.Т., д-р техн. наук, професор  
Бурдо О.Г., д-р техн. наук, професор  
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, професор  
Гапонюк О.І д-р техн. наук, професор  
Жигунов Д.О., д-р техн. наук, професор  
Іоргачова К.Г д-р техн. наук, професор  
Капрельянц Л.В., д-р техн. наук, професор  
Коваленко О.О., д-р техн. наук, професор  
Косой Б.В., д-р техн. наук, професор  
Крусір Г.В., д-р техн. наук, професор  
Мардар М.Р., д-р техн. наук, професор  
Мілованов В.І., д-р техн. наук, професор  
Павлов О.І., д-р екон. наук, професор  
Плотніков В.М., д-р техн. наук, професор  
Станкевич Г.М., д-р техн. наук, професор  
Савенко І.І., д-р екон. наук, професор  
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко Н.А., д-р техн. наук, професор  
Ткаченко О.Б., д-р техн. наук, професор  
Хобін В.А., д.т.н., професор  
Хмельнюк М.Г., д-р техн. наук, професор  
Черно Н.К д-р техн. наук, професор

Знаючи залежність коефіцієнта подачі компресора TAG 2513Z від ступеня стиснення і щільність газу на всмоктуванні компресора легко перерахувати холодопродуктивність установки при роботі з компресором TAG 2513Z.

Обробку результатів розрахунків холодопродуктивності на суміші з 5-х компонентів проведено з метою отримання аналітичної залежності від вісьмох експериментальних факторів.

В результаті обробки результатів чисельного експерименту, був отриманий аналітичний вираз, який наближено описує поведінку холодильної установки залежно від восьми параметрів, що варіюються. Це дозволило знайти оптимальний режим роботи холодильної машини, при якому досягається максимум холодопродуктивності.

Прогнозоване значення холодопродуктивності установки вийшло рівним 54,6 Вт. Підстанова оптимальних параметрів роботи холодильної установки в COCO ChemSep дає значення холодопродуктивності 54,7 Вт. Це набагато більше ніж будь-яке із значень холодопродуктивності, отриманих у варіантних розрахунках.

## **ТУРБОДЕТАНДЕРНА УСТАНОВКА З РЕГЕНЕРАЦІЙНИМ ПІДГРІВОМ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ**

**Ярошенко В.М., к.т.н., доцент, Никифоров Д.Р.  
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса**

Одним із шляхів підвищення загальної техніко-економічної ефективності газотранспортної системи являються процеси утилізації потенційної енергії стисненого природного газу на компресорних станціях (КС), газорозподільних станціях (ГРС) та газорозподільних пунктах (ГРП) газотранспортної системи (ГТС).

В системі трубопровідного транспорту природного газу мають місце декілька процесів, пов'язаних із зниженням тиску та втратою потенційної енергії газу в редуційних пристроях, що обумовлюється технологічною схемою при розподілі газу та постачанні його споживачам [1,2].

1. Коли природний газ використовується в якості палива при роботі газотурбінних установок, які застосовуються для приводу нагнітачів на головних, лінійних та дожимних компресорних станціях ГТС. Зниження тиску газу від 50-55 бар на вході в КС до тиску в камері згоряння.

2. На ГРС при подачі газу на великі підприємства та в ГТС регіонального комунально-побутового споживання відбувається рівні зниження тиску від 75-55 бар в магістралі до тиску споживання 10-15 бар.

3. На газорозподільних пунктах при подачі газу від ГРС до систем побутового споживання відбувається зниження тиску від 10-15 бар до тиску споживання 1,2-1,5 бар.

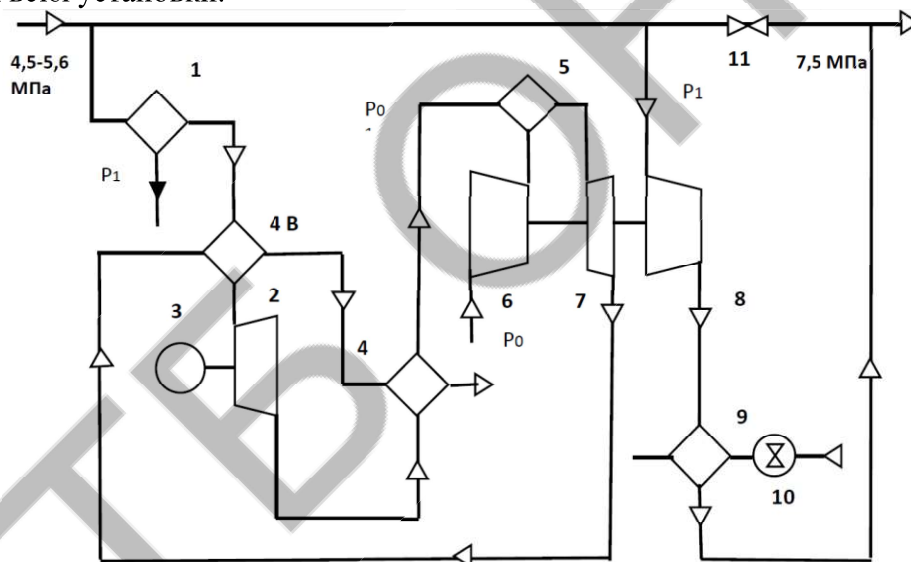
Впровадження засобів енергозбереження з метою підвищення ефективності газотранспортної системи можливо при альтернативній заміні енергетично неефективного процесу зниження тиску в дросельно-редукційних установках (процесу адіабатичного дроселювання) на його адіабатичне розширення в турбодетандерних агрегатах з виробництвом механічної (електричної енергії).

Але необхідно враховувати той факт, що при цьому має місце суттєве зниження температури газу в порівнянні з процесом дроселювання, що часто обумовлює застосування допоміжних енергетичних витрат, пов'язаних з підгрівом газу до температури близької до навколишнього середовища. Необхідно підкреслити, що при низьких температурах детандерного газу можливе формування кристалогідратів, що обумовлює зниження експлуатаційних характеристик установки.

Більш доцільним є підігрів газу перед ТДА, так як при цьому підвищується питома робота детандеру, знижуються показники установки по шкідливим викидам оксидів азоту та вуглецю та по шумовому впливу на навколишнє середовище. За звичай, такий підігрів відбувається при вимогах, коли температури газу після його розширення в турбодетандері (на вході до споживача газу) не повинна бути нижче, ніж  $0-2^{\circ}$ . Традиційно підігрів газу на  $60-100^{\circ}\text{C}$  і більше здійснюється проміжним теплоносієм (водою, паром та ін.) у спеціальних теплообмінниках-підігрівачах. Але застосування такого підігріву пов'язано з допоміжними витратами теплової енергії, яка може складати 20-30 % загальної потужності установки [3].

Найбільш суттєві енергетичні втрати мають місце при використанні природного газу в якості палива ГТУ, який складає 5-7 % від загальної продуктивності нагнітача. На рис.1 показано один із варіантів утилізації потенційної енергії при використанні магістрального природного газу в якості палива ГТУ. При цьому проста з технічної точки зору система зниження тиску газу в редукційно-дросельній установці замінюється установкою розширення газу в турбодетандері з виробництвом електричної енергії. Така система дозволяє утилізувати потенційну енергію стисненого газу при зниженні тиску від  $P_1 = 5,2$  МПа (тиску на вході до компресорної станції) до тиску на вході до камери згоряння ГТУ, який зазвичай на  $P_0$  на 0,4-0,5 МПа вище по відношенню до тиску повітря.

На даній схемі використовується подвійна утилізація вихідних газів ГТУ для підігріву газу перед його розширенням в детандері, а потім і перед камерою згоряння ГТУ, що безумовно являється ефективним способом підвищення загальної техніко-економічної ефективності всієї установки.



1 – блок очистки газу, 2 – детандер; 3 – електрогенератор; 4 – регенеративний теплообмінний апарат ГТУ; 4В – підігрівач газу ТДУ; 5 – камера згорання ГТУ; 6 – турбокомпресор ГТУ; 7 – турбіна ГТУ; 8 – компресор (нагнітач) природного газу; 9 – АВО (охолоджувач); 10 – вентиляторна система; 11 – дросельно-редукційний клапан

**Рис. 1 – Схема утилізації потенційної енергії паливного газу**

Паливний газ спочатку в теплообміннику 4В підігрівается до температури 400-450 К за рахунок теплоти турбінних газів ГТУ з температурою 700-750 К та подається в турбодетандер з виробництвом електричної енергії. Підігрів газу перед ТДА завжди являється більш ефективним так як при цьому потужність турбодетандеру підвищується приблизно на 16-20 % в порівнянні зі схемами підігріву після турбодетандеру [1,3].

При розширенні природного газу в турбодетандерному агрегаті його кінцева температура є значно нижчою по відношенню до процесу адиабатичного дроселювання, що обумовлює необхідність його підігріву в рекуперативному теплообміннику 4 перед подачою до камери згоряння.

Розрахунки показують, що практична реалізація утилізаційної схеми з подвійним підігрівом паливного газу в ГТУ з масовою витратою 5 кг/с додатково дозволяє отримувати 1450 кВт електричної потужності.

Але практична доцільність впровадження будь яких засобів енергозбереження або утилізації енергетичних джерел завжди вирішується на основі мінімальних суспільно необхідних затрат, які визначаються за допомогою приведених витрат при компромісному врахуванні капітальних, експлуатаційних, енергетичних, екологічних та інш. складових.

### **Література**

1. Говдяк Р.М. Утилізація енергії тиску природного газу в турбодетандерних установках на об'єктах газової промисловості. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2014. – № 1. – С. 7–12.

2. Костенко Д.А., Дмитренко В.О. Енергозберігаючий потенціал надлишкового тиску природного газу у газотранспортній системі України // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 1. – С. 54.

3. Черних А.І. Використання перепаду тиску газу, що редуцується на ГРС та ГРП для отримання електроенергії та тепла // Вісник інженерної академії України. – 2009. – №1. – С. 251-256.

## **БАГАТОЦІЛЬОВИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОТРИМАННЯ РІДКОГО НЕОНУ ТА ПАРАВОДНЮ**

**Грудка Б.Г., к.т.н., доцент**

**Одеський національний технологічний університет, м. Одеса**

Розроблено комбіновану установку для забезпечення лабораторних досліджень в інтервалі температур 21...30 К. Використано неоновий цикл високого тиску з охолодженням прямого потоку у ванні з азотом, що кипить під вакуумом.

За рахунок неоновго рефрижератора тиск у водневому контурі знижено до 1,0 МПа. У режимі зрідження водню продуктивність комплексу становить 18 і 13 дм<sup>3</sup>/год по орто- і парамодифікації відповідно.

Установка також здатна зріджувати неон з витратою 7 дм<sup>3</sup>/год.

Створено дослідний зразок комбінованої воднево-неонової системи. У блоці компримування використані мембранні компресори вітчизняного виробництва.

Установка призначена для досліджень теплоізоляції, конструкційних властивостей матеріалів та процесів фазової сепарації у технологіях одержання легких інертних газів. Рідкий неон використовується для імітації умов, близьких до водневого рівня температури. За рахунок цього попередні випробування водневого обладнання здійснюються із застосуванням щодо безпечного холодоагенту.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ЗЕОТРОПНІЙ СУМІШІ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ	
<b>Кравченко М.Б., Кокул С.В.</b> .....	268
ТУРБОДЕТАНДЕРНА УСТАНОВКА З РЕГЕНЕРАЦІЙНИМ ПІДГРІВОМ ПАЛИВНОГО ГАЗУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ	
<b>Ярошенко В.М., Никифоров Д.Р.</b> .....	270
БАГАТОЦІЛЬОВИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОТРИМАННЯ РІДКОГО НЕОНУ ТА ПАРАВОДНЮ	
<b>Грудка Б.Г.</b> .....	272
КОМПАКТНА КРІОГЕННА УСТАНОВКА ДЛЯ ЗБАГАЧЕННЯ ТА ОЧИЩЕННЯ КРИПТОНУ	
<b>Чигрін А.О., Меркулов М.Ю.</b> .....	273

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

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ	
<b>Березовська Л.В.</b> .....	274
СУШІННЯ ЩІЛЬНОГО ШАРУ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ У МІКРОХВИЛЬОВОМУ ПОЛІ	
<b>Бошкова І.Л., Волгушева Н.В., Потапов М.Д.</b> .....	276
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛООБМІНУ В ТРУБЦІ ФІЛЬДА ПРИ ОПРІСНЕННІ ВОДИ ВИМОРОЖУВАННЯМ	
<b>Вовченко А.І., Василів О.Б.</b> .....	278
ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СКЛОВАРНОЇ ПЕЧІ	
<b>Волчок В.О.</b> .....	279
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЛУЧЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВОГО КОНДЕНСАТУ	
<b>Волчок В.О., Світлицький В.М.</b> .....	280
ОГЛЯД ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОВ'ЯЗКОЇ НАФТИ	
<b>Георгієш К.В.</b> .....	281
РОЗРОБКА КОМБІНОВАНИХ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	
<b>Гратій Т.І.</b> .....	282
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ВИСОКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ	
<b>Капауз К.О., Бондаренко О.С., Фелонюк О.І.</b> .....	283
ВИВЧЕННЯ РОБОТИ ҐРУНТОВОГО РЕГЕНЕРАТОРА В НАТУРНИХ УМОВАХ	
<b>Мукмінов І.І.</b> .....	285
РОЗРОБКА СИСТЕМ ПЕРВИННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ЗЕРНА	
<b>Петушенко С.М., Тітлов О.С.</b> .....	287
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛО-МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО	
<b>Пономарьов К.М.</b> .....	289
РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПРІСНЕННЯ ВОДИ	
<b>Проць Б.М., Василів О.Б.</b> .....	290
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ МАГІСТРАЛЬНОГО НАФТОПРОВОДУ	
<b>Кологривов М.М., Бузовський В.П.</b> .....	292
МОДЕЛЮВАННЯ БАГАТОФАЗНИХ ТЕЧІЙ У НАФТОПРОВОДАХ	
<b>Тітлов О.С., Альтман Е.І., Арику А.В.</b> .....	294
ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВАЖКОЇ ФРАКЦІЇ, ЩО ВИНИКАЄ У ПРОЦЕСІ ЗРІДЖЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	
<b>Дьяченко Т.В.</b> .....	296

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

СИСТЕМНИЙ ВПЛИВ ОЗОНУВАННЯ НА СТІЧНІ ВОДИ	
<b>Бондар С.М., Чабанова О.Б., Шевченко О.І.</b> .....	300
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД ЗАБРУДНЕНЬ НАФТОЮ І НАФТОПРОДУКТАМИ	
<b>Гаркович О.Л., Шевченко Р.І., Мадані М.М.</b> .....	301
ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ КОНСЕРВНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
<b>Крусір Г.В., Шевченко Р.І., Мадані М.М., Гаркович О.О.</b> .....	303
ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ М. ОДЕСИ	
<b>Крусір Г.В., Шевченко Р.І., Мадані М.М., Гаркович О.О.</b> .....	305