

**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

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ ВАЖКОЇ ФРАКЦІЇ, ЩО ВИНИКАЄ У ПРОЦЕСІ ЗРІДЖЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Дьяченко Т.В., к.т.н., доцент
Одеський національний технологічний університет, м. Одеса

Будь-яка технологія виробництва скрапленого природного газу (СПГ) (табл. 1) припускає вилучення етану, пропану, бутанів та більш важких вуглеводнів. У якості домішок у метані допустимо 3...4 % етану, 2...3 % пропану, до 2 % бутанів й до 1,5 % азоту. Далі цю суміш охолоджують приблизно до температури – 160 °С при тиску трохи вище атмосферного.

Таблиця 1 – Приблизний склад природного газу та СПГ [1]

Компонент	Природний газ, % об.*	Зріджений природний газ, % об.**
Гелій	До 0,58	–
Азот	0,43...28	До 1,5
Вуглекислий газ	0,03...2,25	–
Метан	62,6...98,8	86,98... 99,72
Етан	2,89...7,06	0,06...9,35
Пропан	0,05..2,1	0,0005...2,33
Бутани	0,03..1,04	0,0005...2,33

* Данні російських виробників

** У залежності від виробника та вимог споживача

У процесі фракціонування можливо виділити частину вуглеводородів у вигляді рідини [1]. Це робиться з ціллю

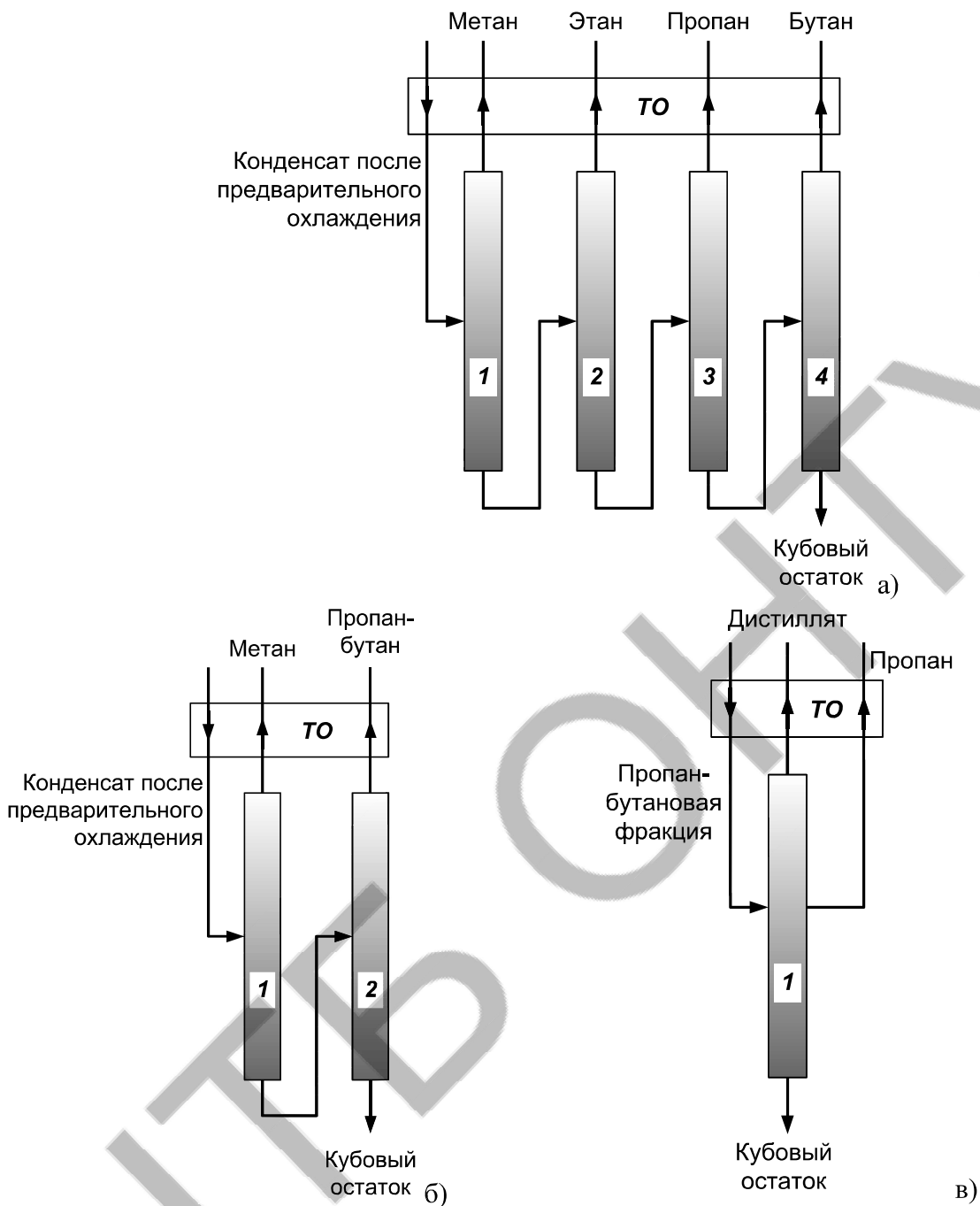
- вилучення з технологічного процесу речовин, які можуть замерзнути та випасти у тверду фазу в кріогенних теплообмінниках;
- вилучення компонентів C2 и C3 для компенсації витоків змішаного холодоагенту;
- коректування якості СПГ – його вищої теплотворної спроможності [2];
- комерційного виробництва важких відносно метану компонентів (етану, пропану, пропан-бутанової фракції та ін.).

Технічно конденсат, що випав процесі попереднього охолодження розділяється в ректифікаційних колонах: деметанізаторі, деетанізаторі, депропанізаторі та дебутанізаторі (рис. 1, а). При необхідності відокремлюють й більш важкі компоненти. Брудні важко віддільні відбросні гази можливо використовувати у якості палива.

Для виробництва пропан-бутанової суміші використовується інша послідовність переробки (рис. 1, б). Кубовий залишок колони деметанізатору подається в окрему колонну, де у якості дистилату одержують пропан-бутанову фракцію та кубовий залишок, що складається з більш важких компонентів.

З пропан-бутанової фракції можливо одержати чистий пропан в окремій ректифікаційній колонні (рис. 1, в). Як правило, пропан з чистотою вище 99,5 % виводиться з середніх тарілок, а дистилат та залишок змішується та зберігаються разом з першою частиною пропан-бутанової фракції вищевказаної колони.

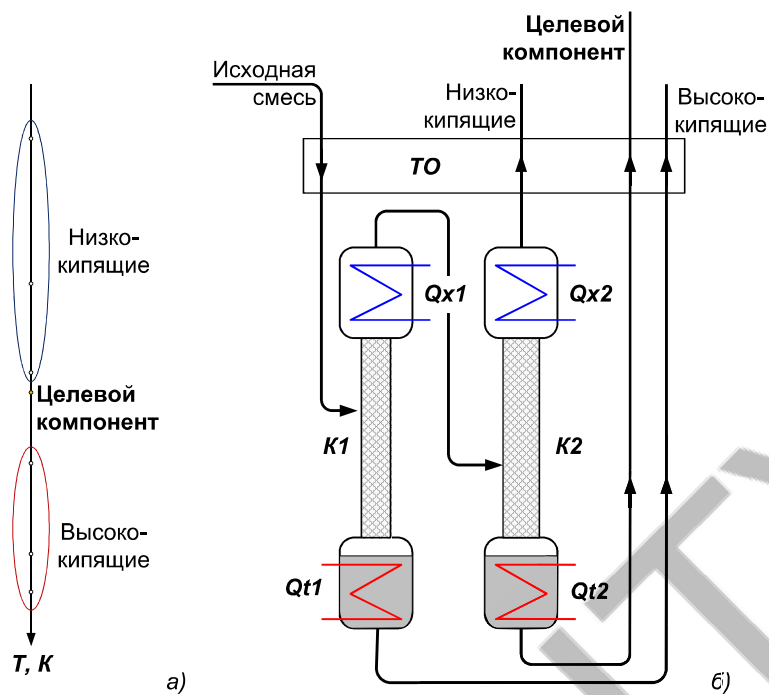
У відповідності з [3, 4] для одержання n індивідуальних речовин потрібно, як мінімум, (n-1) колона. При незначних витратах цю задачу можливо вирішити шляхом використання меншого числа колон. Мінімальне число – дві колони, сполучені послідовно.



а) сепарація конденсату на окремі фракції; б) виробництво пропан-бутанової фракції; в) виробництво пропану з пропан-бутанової фракції

Рис. 1 – Спрощена схема переробки конденсату, що випадає у процесі попереднього охолодження ПГ. Позначення: ТО – теплообмінник-рекуператор [1-4]

Автором запропоновано використати для цих цілей ректифікаційну установку (рис. 2) яка складається з двох насадкових колон. Послідовність переробки задається технологічними особливостями установки. В першій колоні раціонально відокремлювати високо киплячі домішки, у другій – низько киплячі. При цьому цільовий компонент буде вироблятися у рідкому стані, що дозволить забезпечити більш високу якість вказаного продукту.



*K1, K2 – насадкові ректифікаційні колони;
 ТО – рекуперативний теплообмінник; Q_{x1}, Q_{x2} – холодопродуктивність;
 Q_{t1}, Q_{t2} – теплове навантаження колон*

**Рис. 2. – а) температурна шкала для багато компонентної суміші;
 б) спрощена схема дослідно-промислової установки для сепарації пропан-бутанової суміші, що є отбросною фракцією при виробництві СПГ**

В табл. 2 показані результати розрахунку колон, які заповнені нерегулярною насадкою при розділенні пропан-бутанової суміші. Тип насадки – сітчаста сідловидна з латунною сітки розміром 15x15 мм, осередок 0,5x0,25 мм.

Таблиця 2. – Результати розрахунку насадочних ректифікаційних колон за методикою [5]

Параметр	Од. вим.	Суміш, що досліджується, режим	
		K1. Пропан-ізобутан	K2. Пропан-пропілен
Вихідні данні			
Витрата на вході у колону	м ³ /год	30	22
Концентрація по цільовому компоненту (C ₃ H ₈)	%		
Вихідної суміші		75	98
Віддувки		99,99	20
Кубової фракції		1	99,99
Результати розрахунку			
Робочий тиск	МПа (абс.)	0,4	0,2
Відносна летучість α		8,298	1,586
Витрата віддушки D	м ³ /год	22,4	2,19
Витрата кубової рідини R	м ³ /год	7,57	19,81
Рівноважна концентрація пари y_z	моль/моль	0,961	0,031
Мінімальне флегмове число v_{MIN}		0,182	14,866
Робоче флегмове число v		0,537	19,626

Рівняння робочої лінії у концентраційній секції		$0,349 \cdot x + 0,651$	$0,952 \cdot x + 0,01$
Число Архімеда		$0,1452 \times 10^6$	$9,296 \times 10^6$
Оптимальне значення критерію Рейнольдса		854,9	430,9
Оптимальна швидкість пари	м/с	0,276	0,248
Висота еквівалентної теоретичної тарілки	мм	149	80
Діаметр верхньої частини колони	мм	57	159
Рівняння робочої лінії у відгонній секції		$1,22 \cdot x + 0,002$	$1,439 \cdot x + 0,00004$
Число Архимеда		$0,1523 \times 10^6$	$9,296 \times 10^6$
Оптимальне значення критерію Рейнольдса		513	360,8
Оптимальна швидкість пари	м/с	0,188	0,208
Висота еквівалентної теоретичної тарілки	мм	87	66
Діаметр нижньої частини колони	мм	79	173
Число теоретичних тарілок	шт.	13	26
Висота робочої частини колони	мм	1752	2487
Холодильне навантаження	кВт	8,24	13,4
Теплове навантаження	кВт	2,36	8,89

Література

1. Фёдорова Е.Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2011. – 159 с.
2. Дьяченко Т.В. Світовий ринок СПГ. Вимоги до якості газу, який поставляється в різні регіони світу. // Холодильна техніка і технологія. – 2021. – Т. 57. – Вип. 2. – С. 106-118. <https://doi.org/10.15673/ret.v57i2.2025>.
3. Савинов М.Ю. Определение числа массообменных аппаратов при создании установок для разделения и очистки многокомпонентных смесей. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2008. – № 8. – С. 25-29.
4. Оптимальный синтез системы ректификационных колонн как многоуровневая задача. / Н.Н. Зиятдинов, Ф.У. Закирова, Д.А. Рыжов и др. // Вестник казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16. – Вип. 24. – С. 110-117.
5. Бондаренко В.Л., Симоненко Ю.М. Криогенные технологии извлечения редких газов. // Одесса: «Астропринт». – 2013. – 332 с.

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

СЕКЦІЯ «НАФТОГАЗОВІ ТЕХНОЛОГІЇ, ІНЖЕНЕРІЯ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА»

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

СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ ТА ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ»

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