

**Міністерство освіти і науки України  
Одеська національна академія харчових технологій  
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського ОНАХТ**



**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

**ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ**

**МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

**«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ  
І ТЕХНОЛОГІЙ»**

***14 -15 травня 2021 року***



Одеса - 2021

УДК 621.56/59(03)  
ББК 31.3  
К-14

**Збірник наукових праць** підготовлений під редакцією  
доктора технічних наук, професора Хмельнюка М.Г  
Науковий секретар - к.т.н.доц. Жихарєва Н.В.

*За достовірність інформації відповідає автор публікації*

**Збірник** за матеріалами Всеукраїнської науковотехнічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «**Стан, досягнення і перспективи холодильної техніки і технології**» 14-15 травня 2021 року. – Одеса : ТЕС, 2021 – 116 с.

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: холодильні установки; кондиціювання повітря, холодильні машини, теплообмінні апарати і процеси тепло масообміну; робочі речовини холодильних машин; Компресори та пневмоагрегати; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; холодильна технології; кріогенна техніка; інформаційні технології в холодильній техніці

©Одеська національна академія харчових технологій  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновського

## 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.

**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;

**Хмельнюк М.Г.** - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

**Мілованов В.І.** - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

**Морозюк Л.І.** - д-р техн. наук, професор;

**Потапов В.О.** - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

**Радченко М.І.** - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

**Симоненко Ю.М.** - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор

## Організаційний комітет:

**Голова** - проф. Хмельнюк М.Г.;

**Науковий секретар** - к.т.н. Жихарєва Н.В.

**Члени оргкомітету** - к.т.н. Зімін О.В., к.т.н. Когут В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Трандафілов В.В., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С., асист. Томчик О.М.

## Тематичні напрями:

- холодильні машини і установки
- теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну
- робочі речовини холодильних машин
- системи кондиціонування повітря
- компресори та пневмоагрегати
- енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки
- холодильна технологія
- кріогенна техніка
- інформаційні технології в холодильній техніці

## РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВОЇ СУМІШІ В КОМБІНОВАНІЙ УСТАНОВЦІ

Медушевський Є.В., аспірант ІХКЕ ОНАХТ, м.Одеса

При отриманні неону методом ректифікації утворюється побічний продукт на основі гелію і неону в співвідношенні приблизно 4:1. Ця суміш утворюється у вигляді газової віддуви фазового сепаратора ФС (рис. 1). З віддувочної суміші (т. 3) отримують чистий гелій (т. 5) методом адсорбції при температурах  $T = 28 \dots 78$  К. Для зниження енерговитрат на переробку віддувочного потоку перед адсорбером запропоновано встановити мембрану, в якій відділяється значна частина неону (т. 6, рис.1). За рахунок різної проникності потік, що проходить через мембрану (т. 4) збагачується гелієм. За рахунок цього період насичення сорбенту неоном збільшується. В цьому випадку регенерацію адсорберів доводиться проводити рідше, витрати на кріогенне забезпечення (витрата рідкого азоту) знижуються.

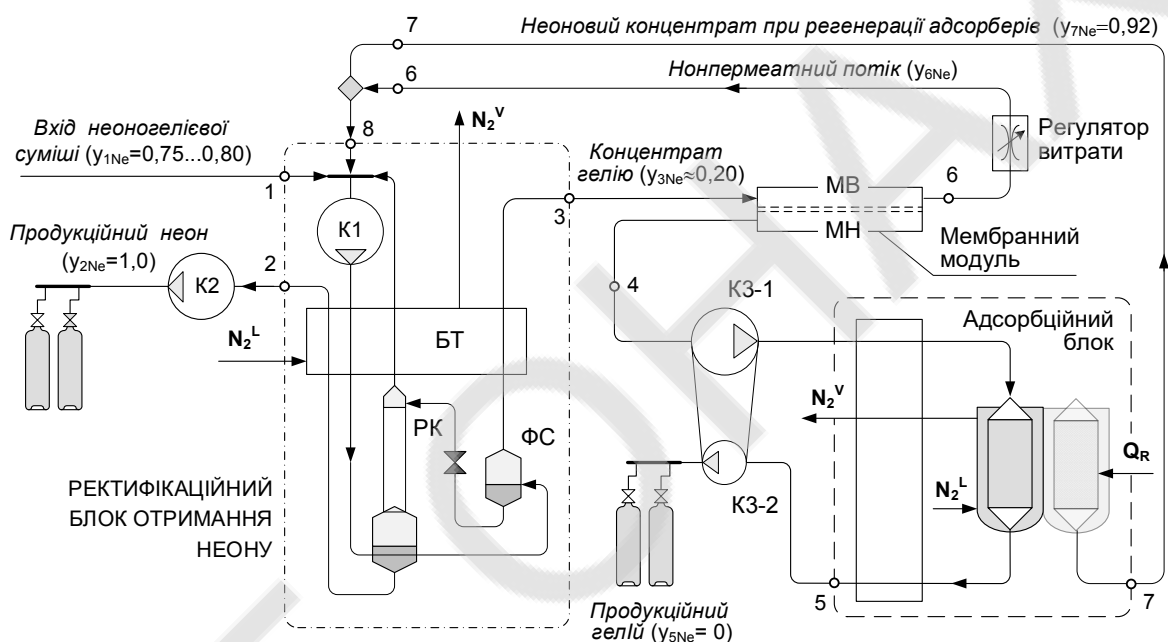


Рис. 1 – Схема установки для отримання неону і гелію: K1 ... K3 – компресори; БТ – блок теплообмінників в складі контуру кріогенного забезпечення (показаний умовно); МВ і МН – порожнини високого і низького тиску мембранного модуля, відповідно;  $N_2^L$  – рідкий азот,  $N_2^V$  – газоподібний азот,  $Q_R$  – тепловий потік при регенерації сорбенту

Як впливає з рис. 1, в результаті поділу гелієвого віддуви в мембрані і адсорбері утворюються два потоки, збагачені неоном. Перший з них – неонпермеатна суміш мембрани (т. 6). Другий потік виділяється в процесі регенерації адсорбера (т. 7). Після їх змішання концентрація Ne в т. 8 повинна бути близька до складу вихідної суміші  $y_{8Ne} \geq 0,75$ . В іншому випадку це може негативно позначитися на роботі ректифікованого блоку отримання неону.

На підставі дослідних даних середня концентрація неону в т. 7 досить висока  $y_{7Ne} = 0,90 \dots 0,94$ . Такий рівень обумовлений відносно високим коефіцієнтом адсорбції неону. За рахунок цього в процесі регенерації з шару сорбенту виділяється переважно неон, а кількість поглиненого гелію виявляється приблизно на порядок нижче. Зміст неону в неонпермеатному потоці, що відбирається з порожнини МВ залежить від частки потоку, що пройшов через мембрану  $\beta = V_4 / V_3$ . З використанням рівнянь матеріального балансу окремих блоків встановлено, що необхідна концентрація змішаного потоку  $y_8 \geq 0,75$  настає за умови  $\beta > 0,86$ , (табл. 1).

Таблиця 1 – Концентрація неону в змішаному потоці (т.8) в залежності від співвідношення витрат  $\theta$  (для  $\varphi = 1,5/25 = 0,06$ ;  $y_3 = 0,20$ ;  $y_7 = 0,92$ ;  $F_3 = 10$  нм<sup>3</sup>/год)

$\beta$ , відносна витрата пермеатного потоку		0,84	0,85	<b>0,86</b>	<b>0,87</b>	<b>0,88</b>	<b>0,89</b>
$V_6$ , нм <sup>3</sup> /год, витрата нонпермеата		1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
Концентрації неону в на виході з мембранного модуля, % (об.)	$y_4$	57,2	58,5	59,8	61,1	62,5	63,9
	$y_6$	12,9	13,2	13,5	13,9	14,2	14,6
Склад суміші після змішування нонпермеатного потоку мембрани і Ne-концентрату з адсорберів		72,0	73,5	<b>75,1</b>	<b>76,6</b>	<b>78,1</b>	<b>79,7</b>

Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н.,  
професор кафедри кріогенної техніки ОНАХТ

## УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ АМІАКУ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ

Костенко Є.В., аспірант ІХКЕ ОНАХТ, м.Одеса

Поряд з інертними газами аміак використовується у вакуумно-плазмових технологіях при створенні напівпровідників. Суміші на основі  $\text{NH}_3$  виступають в якості плазмоутворюючого газу при травленні тонких фрагментів з високим ступенем точності. У названих технологіях висуваються жорсткі вимоги до чистоти газових компонентів, так як наявність побічних речовин може негативно позначитися на якості напівпровідникових структур. Більшість українських підприємств виробляють аміак з вмістом домішок 0,1 ... 0,4%. Для застосування в сучасних наукоємних виробництвах потрібно глибоке очищення  $\text{NH}_3$  від  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Cl}$  і ряду органічних сполук.

Запропоновано технологічну послідовність, яка передбачає дві стадії очистки. На першому етапі методом ректифікації в колоні РК видаляються низькокиплячі домішки (рис. 1). Сирий аміак надходить в колону РК з ізотермічної ємності Ц1, в якій підтримується тиск  $P_{\text{ц1}} = 0,6 \pm 0,2$  МПа. Зміна температури фазової рівноваги в межах  $T_{\text{ц1}} = 281 \dots 283$  К забезпечується випарником В і конденсатором  $\text{NH}_3$ , що охолоджується холодильною машиною ХМ з проміжним холодоносієм ЦК. Такий же принцип відведення тепла реалізований від верхньої частини колони. Нагрівання кубової рідини в РК здійснюють за рахунок підведення частини тепла конденсації холодоагенту в апараті КХМ1.

## **СЕКЦІЯ №2 –НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ХОЛОДИЛЬНІ І КРІОГЕННІ МАШИНИ ТА УСТАНОВКИ**

### **ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОВОГО І КОНСТРУКТИВНОГО РОЗРАХУНКУ КОЖУХОПЛАСТИНЧАСТОГО КОНДЕНСАТОРА**

*Заруба Г.Г., бакалавр ОНАХТ*

*Науковий керівник: Морозюк Л.І., д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки  
ОНАХТ.....90*

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ З ПРЯМИМИ РЕБРАМИ**

*Ікім А.В., бакалавр ОНАХТ*

*Науковий керівник: Крвченко М.Б., д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки  
ОНАХТ.....92*

### **РОЗРОБКА ФОРМАЛІЗОВАНОЇ МОДЕЛІ ЦИКЛУ ВИСОКОГО ТИСКУ**

*Користа О. Ю., бакалавр ОНАХТ*

*Науковий керівник: Троценко О.В., д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки  
ОНАХТ .....92*

### **ОСОБЛИВОСТІ ЗБЕРІГАННЯ КВІТКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

*Мовчан В.В., бакалавр ОНАХТ*

*Науковий керівник: Соколовська-Єфименко В.В., к.т.н., доцент кафедри  
кріогенної техніки ОНАХТ.....93*

### **ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМНИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ СУЧАСНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ**

*Богданов І.Є., бакалавр ОНАХТ*

*Науковий керівник: Грудка Б.Г., к.т.н., ст. викладач кафедри кріогенної техніки  
ОНАХТ .....95*

### **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗРІДЖУ- ВАЧА ГЕЛІЮ ЗА РАХУНОК ЗМІНИ СПОСОБУ ПОДАВАННЯ ПІДЖИВ- ЛЮВАЛЬНОГО ПОТОКУ**

*Медушевський Є.І., Костенко Є.В., аспіранти кафедри кріогенної техніки  
ОНАХТ*

*Науковий керівник: Бондаренко Л.В., д.т.н., професор кафедри кріогенної техні-  
ки ОНАХТ .....96*

### **РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВОЇ СУМІШІ В КОМБІНОВАНІЙ УСТАНО- ВЦІ**

*Медушевський Є.І., аспіранти кафедри кріогенної техніки ОНАХТ*

*Науковий керівник: Симоненко Ю.М., д.т.н., професор кафедри кріогенної  
техніки ОНАХТ.....97*

### **УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ АМІАКУ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ**

*Костенко Є.В., аспіранти кафедри кріогенної техніки ОНАХТ*

*Науковий керівник: Морозюк Л.І., д.т.н., професор кафедри кріогенної техніки  
ОНАХТ.....99*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В. С. МАРТИНОВСЬКОГО

## **ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**

ЗА МАТЕРІАЛАМИ  
ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ОНЛАЙН-КОНФЕРЕНЦІЇ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ

### **«СТАН, ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ»**

*14-15 травня 2021 року*

©Одеська національна академія харчових технологій  
© Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій  
та екоенергетики ім. В. С. Мартиновсько