



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ
АСОЦІАЦІЯ ІНЖЕНЕРІВ ПО ВЕНТИЛЯЦІЇ, ОПАЛЕННЮ ТА
КОНДИЦІОНУВАННЮ «АВОК України»
СПІЛКА ХОЛОДИЛЬЩИКІВ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНА АКАДЕМІЯ ХОЛОДУ**

**XI Всеукраїнська науково-технічна конференція
XI Всеукраинская научно-техническая конференция
XI International scientific conference**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

21-22 вересня 2017 року

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ



ОДЕСА 2017

УДК 621.565 (075.6)

Сучасні проблеми холодильної техніки та технології / Збірник тез доповідей XI Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – 243 с.

У збірнику наведені матеріали XI 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, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XI Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

Рекомендовано до видання Вченою Радою Одеської національної академії харчових технологій протоколом №6 від 07.11.2017 р.

Відповідальність за достовірність інформації несе автор публікації.
Матеріали публікуються мовою оригінала, наданого автором.

Голова конференції – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

Заступник голови – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

Члени наукового комітету:

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

Лагутін А.Є – академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор.

Морозюк Л.І. – д-р техн. наук, професор.

Желєзний В.П. – зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор.

Симоненко Ю.М. – зав. кафедрою криогенної техніки ОНАХТ, 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.

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

Бондаренко В.Л. – д-р техн. наук, професор.

Лавренченко Г.К. – д-р техн. наук, професор.

Семенюк В.О. – к.т.н., директор НВФ «Терміон».

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Буданов В.О., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Стоянов П.Ф., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Ерін В.А., к.т.н. Гайдук С.В., к.т.н. Соколовская В.В., к.т.н. Подмазко І.О., к.т.н. Федоров О.Г.

ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

1. 30 РОКІВ МОНРЕАЛЬСЬКОГО ПРОТОКОЛУ. СТРАТЕГІЇ В СФЕРІ ОБІГУ ОЗОНОРУЙНУЮЧИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ

Возний В.Ф., к.т.н., президент ВГО «Спілка холодильщиків України»

2. РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Биканов О.М., «KLA–Tencor Corporation», Milpitas, California, USA;

Симоненко Ю.М., доктор техн. наук, професор, ОНАПТ, м. Одеса

Чигрин А.А., інженер-технолог, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

e-mail: ysim1@yandex.ua

3. ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НА КАФЕДРЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И РЕФРИЖЕРАЦИИ НУК ИМ. АДМИРАЛА МАКАРОВА

Радченко Н.И. доктор техн. наук, професор, Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев, nirad50@gmail.com

4. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ

Трушляков Е.И., к.т.н., доц., Радченко А.Н., к.т.н., доц., Грич А.В., к.т.н., ассистент

Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова, г. Николаев,

nirad50@gmail.com

5. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ. СОЛНЕЧНЫЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АБСОРБЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛО-ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

А.В. Дорошенко, доктор техн. наук, професор кафедры термодинамики и возобновляемой энергетики

6. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПРЕССОРА. СРАВНЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ВИНТОВОГО И ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРОВ

В. Гринько Региональный представитель J&E Hall и GEА ВОСК/Генеральный директор ООО «Еврокул

СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНІ УСТАНОВКИ. КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.		стр.
ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ		
40.	ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОТЕРМОПРЕСОРА ДЛЯ ПРОМІЖНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК Коновалов Д.В., Кобалава Г.О., Котік Х.А.	97
41.	РОЗРОБКА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ РОЗПОДІЛЬНОЇ ВСТАВКИ ДЛЯ КОЖУХОТРУБЧАСТОГО ТЕПЛОБМІННОГО АПАРАТУ Луняка К.В., Ключев О.І., Русанов С.А.	99
42.	OPERATIONAL EFFICIENCY IMPROVEMENTS FOR REFRIGERATION SYSTEMS DURING SUMMER PERIOD Nesterov P.S., Buyadgie O.D., Khmelniuk M.G., Yakovleva O.Y.	102
43.	АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ ДЛЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НАВЧАЛЬНО-АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ ХЕРСОНСЬКОЇ ФІЛІЇ НУК Калініченко І.В., Сидорова В.І.	104
44.	EFFICIENCY EVALUATION OF DOMESTIC SOLAR ASSISTED GROUND-SOURCE HEAT PUMP SYSTEM FOR SOUTHERN UKRAINIAN REGION O. Ostapenko, O. Yakovleva, M. Khmelniuk	105
45.	МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОБМІНУ В СИСТЕМАХ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ДРІБНОСЕМ'ЯНИХ КУЛЬТУР Петушенко С.М.	108
46.	К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КИПЕНИЯ КАПЕЛЬ ХЛАДАГЕНТА В ФИЛЬТРЕ ЭЖЕКТОРЕ Когут В.Е., Бушманов В.М.	110
47.	КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ Трушляков Е.И., Радченко А.Н., Грич А.В.	112
48.	УВЕЛИЧЕНИЕ ТЕПЛОБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЕЙ ПРИ НЕИЗМЕННЫХ ГАБАРИТАХ ТЕПЛОБМЕННОГО БЛОКА Козаченко И. С., Лагутин А.Е.	115
49.	ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОПРЕСОРНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗВОЛОЖЕННЯ НАДДУВНОГО ПОВІТРЯ СУДНОВОГО ДВЗ Коновалов Д.В., Джурина А.О., Смоляний Є.С.	118
СЕКЦІЯ № 2. ХОЛОДИЛЬНІ ТА КРІОГЕННІ МАШИНИ.		стр.
ТЕПЛОВІ НАСОСИ		
50.	РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ І СПОЖИВАННІ РІДКІСНИХ ГАЗІВ Бондаренко В.Л., Биканов О.М., Симоненко Ю.М., Чигрин А.О.	119
51.	МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ГЕЛІУ ВІД ВАЖКИХ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ Чигрин А.О.	122
52.	ЗАСТОСУВАННЯ МАЛОМАШТАБНИХ ВИХРОВИХ ТРУБ В КРІОГЕННІЙ ТЕХНІЦІ Симоненко Ю.М., Тишко Д.П.	124
53.	ВИРОБНИЦТВО ГЕЛІУ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ ШЛЯХОМ ПЕРІОДИЧНОЇ АДСОРБЦІЇ ПРИ T=28...78 K Бондаренко В.Л., Башкиров Г.В., Пилипенко Б.О.	126
54.	ОТРИМАННЯ ІЗОТОПІВ ЛЕГКИХ ГАЗІВ МЕТОДОМ РЕКТИФІКАЦІЇ Бондаренко В. Л., Емельянов О. М., Меркулов М. Ю., Симоненко Ю. М.	130
55.	ВИКОРИСТАННЯ БАРОМЕМБРАННОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ НЕОНОГЕЛІЄВОЇ СУМІШІ Башкиров Г. В., Кошовий С. О., Симоненко Ю. М.	133
56.	MODELING OF THERMAL MODES OF THE REFLUX CONDENSER OF THE ABSORPTION REFRIGERATION UNIT Kholodkov A.O., Titlov A.S.	136
57.	THE SEARCH OF ENERGY-EFFICIENT OPERATION MODE OF AMMONIA-WATER-ABSORPTION REFRIGERATION MACHINES Osadchuk E.A., Kirilov V.Kh., Mazurenko S.Yu.	137
58.	DEVELOPMENT OF UNIVERSAL ABSORPTION REFRIGERATION DEVICES FOR OPERATION IN A WIDE RANGE OF AMBIENT TEMPERATURES Selivanov A.P.	138
59.	DESIGN OF PERIODIC OPERATION AMMONIA-WATER ABSORPTION REFRIGERATION UNITS IN ATMOSPHERIC WATER GENERATION SYSTEMS Ozolin N.E., Titlov A.S.	139

ВИРОБНИЦТВО ГЕЛІЮ ВИСОКОЇ ЧИСТОТИ ШЛЯХОМ ПЕРІОДИЧНОЇ АДСОРБЦІЇ ПРИ $T=28...78\text{ K}$

Бондаренко В.Л., доктор техн. наук, професор, МДТУ ім. М. Е. Баумана, м. Москва;

Башкиров Г.В., інженер, ООО «Кріоін Інжиніринг», м. Одеса;

Пилипенко Б.О., аспірант, ОНАПТ, м. Одеса;

e-mail: boris.pilipenko.92@gmail.com

На кінцевій стадії переробки Ne-He суміші утворюється побічний потік гелієвого концентрату з вмістом неону близько $y_{\text{Ne}} \approx 20\%$ [1]. Вилучення гелію з такого концентрату може здійснюватися кількома способами з використанням процесів сорбції, конденсації, виморожування і їх комбінації. Маючи в наявності увесь спектр можливих засобів охолодження, і не будучи обмеженими у виборі рівня температур в діапазоні від 4,2 до 78K [2], творці нової техніки зіштовхуються з необхідністю співставлення характеристик установок різних за принципом своєї роботи. При цьому, найважливішим техніко-економічним показником є витрати на кріогенне забезпечення сепарації. Для отримання гелію високої чистоти $y_{\text{He}} > 99,999\%$ в багатьох випадках використовуються адсорбційні установки періодичної дії. Тривалість активного періоду таких апаратів в значній мірі визначається величиною питомої адсорбційної ємності сорбенту по відношенню к домішкам (в нашому випадку - неону). Ця величина, що позначається « a », в значній мірі залежить від температури. Для прийнятих експлуатаційних умов (робочий тиск $P = 2\text{ МПа}$ і $y_{\text{Ne}} \approx 80\%$) сорбційна ємність по відношенню неону для активованого вугілля змінюється в інтервалі від $a_{\text{Ne}}^{T=28\text{K}} = 0,65\text{ н.м}^3/\text{кг}$ при 28 К до $a_{\text{Ne}}^{T=78\text{K}} = 0,2\text{ н.м}^3/\text{кг}$ при 78 К. Прагнення підвищити поглинаючу здатність сорбенту зумовило появлення адсорберів, що працюють на неоновому рівні температур (рис. 1) [3]

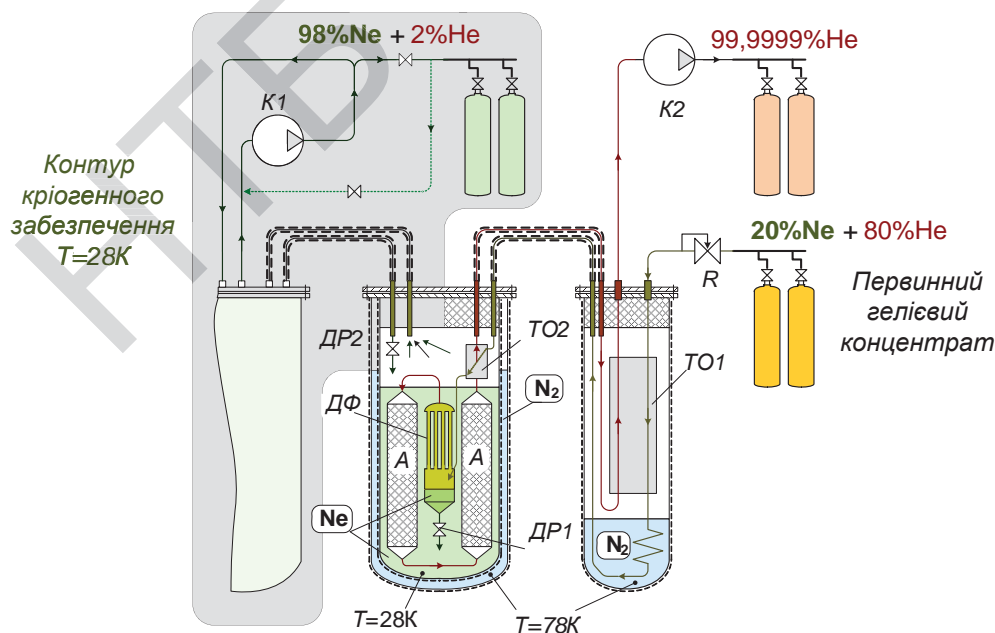


Рис.1. Спрощена схема адсорбційного блоку для отримання гелію з Ne-He суміші на неоновому рівні температур. R — редуктор; K1, K2 — компресора; TO1, TO2 — теплообмінники; A — секції адсорбера; ДФ — дефлегматор; ДР1 — дросель для відбору неоновго конденсату; ДР2 — дросель неоновго циклу

Для зниження навантаження на адсорбер А в схемі передбачено фазовий сепаратор ДФ, в якому з суміші у вигляді конденсату витягується 30 ... 40% неону. Рідкий неон, що містить близько 2% розчиненого в ньому гелію, дроселюється в охолоджуючу ванну адсорберів. Далі він використовується як робоче тіло в холодильному циклі. Надлишки неонових концентрату закачують компресором К1 в балони і відправляють на переробку до установок отримання чистого неону.

Виробництво гелію в адсорберах на рівні температур $T \approx 28$ К супроводжується значною витратою енергії і проміжного холодоагенту - азоту. Тому з неоновими рефрижераторами для криогенного забезпечення адсорберів використовують розімкнуті азотні «цикли» при $T = 66 \dots 78$ К [4].

Нижня межа зазначених температур забезпечується вакуумуванням парів азоту. Зниження сорбційної ємності при цьому компенсується збільшенням розмірів апаратів. Виявилось, що, навіть з урахуванням витрат енергії на привід вакуум-насоса, питомі експлуатаційні витрати азотних систем охолодження виявляються істотно нижче, ніж установок з неоновими рефрижераторами (рис. 1). Двадцятирічний досвід експлуатації неонгелієвих адсорберів з азотним криогенним забезпеченням (рис. 2) підтвердив їх працездатність, прийнятний коефіцієнт вилучення і високу чистоту отриманого гелію. Однак установка, показана на рисунку 2, не позбавлена конструктивних недоліків. При розміщенні адсорберів в типових криостатах висота патронів обмежена. Тому вимушено використовують кілька криостатів, а протяжний канал, заповнений сорбентом, формують з безлічі патронів (на схемі рис. 2 їх більше 40!). Таке компоноване рішення ускладнює складання та криогенне забезпечення адсорберів. Крім того, для відігрівання адсорберів при регенерації використовувався грюючий азот, який отримується шляхом газифікації відносно дорогого рідкого N_2 .

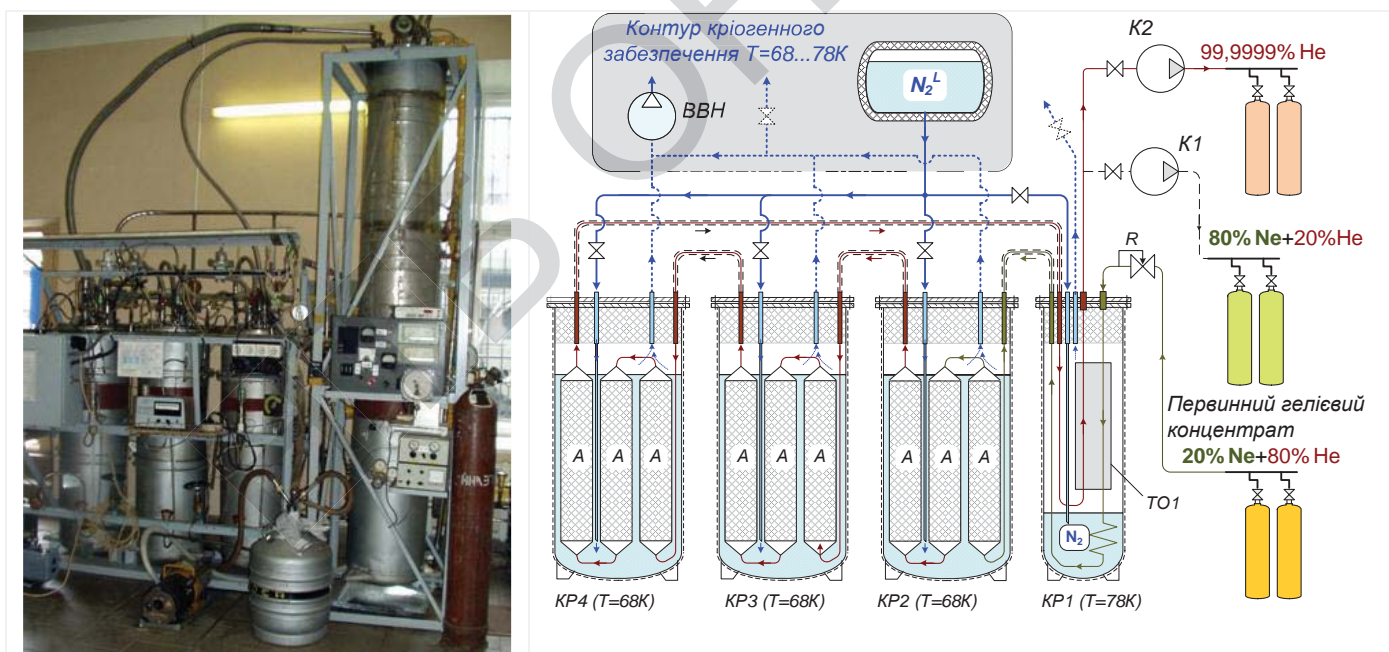


Рис.2. Блок адсорберів, розміщених в 4-х криостатах з азотним охолодженням. ВВН – вакуумний насос для вакуумування парів холодоагенту (N_2), КР1...Кр4 – криостати з вакуумною ізоляцією.

Позначення R, R1, R2, A, TO 1 відповідають рис. 1.

У 2016 р введено в експлуатацію адсорбційний блок нового покоління, в якому зазначені недоліки частково усунені (рис. 3). Принциповою відмінністю створеної установки стало: розміщення всіх патронів в єдиному криостаті вискоелективної вакуумної ізоляцією і наявність в кожній із секцій вбудованого електронагрівача [5]. Крім цього, для комутації газових потоків і холодоагенту використана криогенна арматура з пневматично керуєчими приводами компанії

«Samozzi». Це, в свою чергу, дозволило повністю автоматизувати роботу адсорберів (рис. 4). Крім спектрально чистого гелію в установці отримують неоновий концентрат (80% Ne), який відводиться з адсорбера в процесі регенерації і надходить на поділ в установку вилучення неону. Використання криогенних адсорберів забезпечило безвідхідну переробку неонгелієвої суміші, одержуваної в якості побічного продукту в повітряроздільних установках.

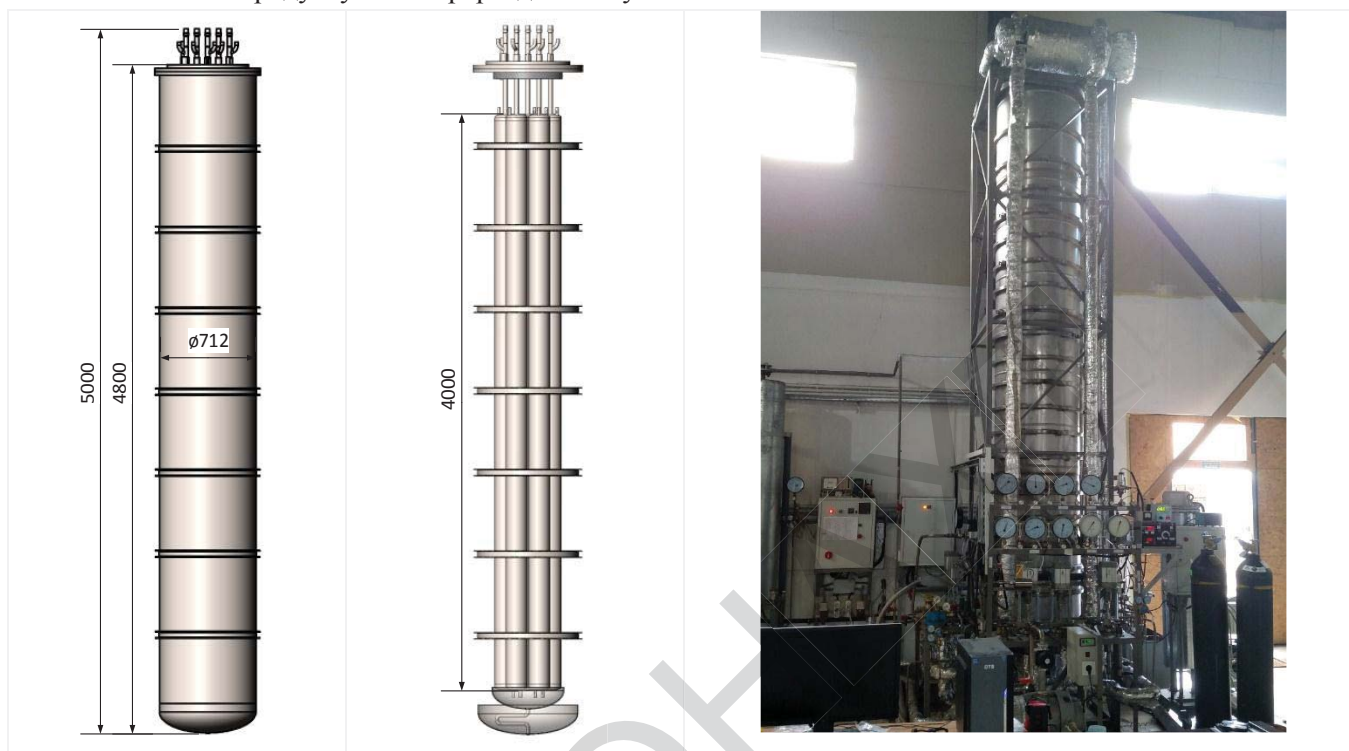


Рис.3. Пристрій, габаритні розміри і зовнішній вигляд блок адсорберів, розміщених в одному криостаті.



Рис.4. Блок пневмо керування приводів криогенної арматури і інтерфейс оператора (праворуч).

1. Бондаренко В.Л. Получения технического и особо чистого гелия из побочного продукта неонного производства / В.Л. Бондаренко, С.Ю. Вигуржинская, О.В. Дьяченко, Ю.М. Симоненко // Сб. трудов III Международной научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии». – Одесса. – 2003. – С. 108-110.

2. Архаров А.М. Многофункциональная система криогенного обеспечения на основе газовой холодильной машины / А.М. Архаров, В.Л. Бондаренко, Ю.М. Симоненко и др. // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение. Спецвыпуск «Криогенная и холодильная техника. Криомедицина». – 1996. – С. 74-78.

3. Бондаренко В.Л. Поколение новой техники для криогенного производства неона и гелия / В.Л. Бондаренко, В.Н. Рура, Ю.М. Симоненко и др. // Технические газы. – 2001. – № 3. – С. 37-44.
4. В.Л. Бондаренко, Ю.М. Симоненко, А.А. Чигрин, Б.А.Пилипенко. Системы охлаждения аппаратов конденсационной очистки Ne-He-смеси на уровне температур 68...78 К. Технические газы, Т. 17, № 3, 2017. С. 23-29.
5. Bondarenko V.L., Poddubna M.V., Vihurzhinska S.I., Bashkirov G.V. Energy saving technologies in installations for light inert gases producing// Proceeding of 1st International Conference of Cryogenics and Refrigeration Technologies. — Romania, Bucharest, 2016.

НАУКА И ТЕХНИКА