



**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

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

**22 квітня 2014 року**

**Збірник тез доповідей**



Друкується як додаток до журналу “Холодильна техніка і технологія”

ISSN 0453-8307

УДК 621.56/59

**Тематичні напрями:** холодильні машини і установки; теплові помпи; теплообмінні апарати і процеси тепломасообміну; робочі речовини; системи кондиціонування повітря, компресори; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; холодильна технологія; кріогенна техніка.

**Науковий комітет:**

проф. Єгоров Б.В.  
проф. Капрел'янц Л.В.  
проф. Хмельнюк М.Г.  
проф. Лагутін А.Ю.  
проф. Наєр В.А.  
проф. Тітлов О.С.  
проф. Мілованов В.І.

проф. Радченко М.І.  
проф. Горін О.М.  
проф. Прядко М.О.  
проф. Ванєєв С.М.  
доц. Морозюк Л.І.  
доц. Буданов В.О.

**Організаційний комітет:**

проф. Симоненко Ю.М.  
проф. Мілованов В.І.  
доц. Буданов В.О.  
доц. Морозюк Л.І.

доц. Гоголь М.І.  
асп. Мінєнков В.В.  
ст. Гришин О.О.  
ст. Олалєє Д.В.

**Робочі мови конференції** – українська, російська, англійська.

**Місце проведення** – ауд. 202, вул. Дворянська, 1/3, Одеса, 65082

***Всі тези доповідей надруковані згідно наданих макетів***

ISSN 0453-8307

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

участка расход жидкости уменьшается, а напор  $h$  (или  $\Delta P$ ), обеспечиваемый нагнетателем, увеличивается.

Обобщение полученных экспериментальных данных с определением массового паросодержания потока выявило, что во всех опытах оно не превышало 0,1, а массовая скорость – 500 кг/(м<sup>2</sup>·с). Следовательно, в процессе исследований наблюдались барботажный и снарядный режимы движения парожидкостного потока.

Исследования подтвердили перспективность использования парлифтного нагнетателя в технике низких температур. В некоторых случаях переход к безмашинным устройствам повышения давления позволяет исключить компрессорное оборудование. За счет этого увеличивается компактность и снижаются эксплуатационные расходы на обеспечение работы криогенных установок.

*Научный руководитель: Бондаренко В.Л., д.т.н., проф. кафедры криогенной техники ОНАПТ*



УДК 621.593

## **ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ КРИПТОНА И КСЕНОНА ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ**

*Стефановский А.Н., аспирант кафедры криогенной техники ИХКЭ ОНАПТ, г. Одесса*

Основным промышленным источником криптона и ксенона является атмосферный воздух. Содержание указанных в нем газов не превышает  $1,14 \cdot 10^{-4}$  % об. Kr и  $8,7 \cdot 10^{-6}$  % об. Xe.

В настоящее время тяжелые инертные газы Kr и Xe используют в различных наукоемких отраслях техники [1]. Основными направлениями являются медицина, космическая техника, светотехника, электроника, лазерная техника и современные строительные технологии, растет потребность в особо чистых продуктах.

Универсальная установка для получения криптона и ксенона высокой чистоты, которая эксплуатируется в компании ООО «Айсблик» (г. Одесса, Украина), предназначена для одновременного производства высокочистых продуктов из смесей, содержащих Kr и Xe.

Конструктивно установка представляет собой комплект аппаратов, компрессоров и вспомогательного оборудования, соединенных трубопроводами с необходимой арматурой. Часть аппаратов, работающих при низкой температуре, помещена в кожух с перлитной теплоизоляцией. Система контроля и управления установкой [2] обеспечивает возможность наблюдения за технологическим процессом, перехода с режима на режим, изменения рабочих параметров.

Развитие науки и техники приводит к повышению требований к продуктам разделения воздуха. В качестве конечного продукта, как правило, рассматриваются газы чистотой не ниже 99,999 %. Количество ксенона с повышенными требованиями по чистоте (содержание критических примесей Kr и C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> не выше 0,1 ppm) составляет 25...35 % от общего объема заказов. Однако в процессе получения продуктов повышенного качества (выше 5,5) скорость переработки сырья снижается в среднем в 1,5...2 раза.

Чистота криптона 5,0 удовлетворяет требованиям достаточно широкого круга потребителей. В рамках заданного качества допускаются различные вариации по концентрации примесей в зависимости от особенностей производства, в котором используется Kr. Наиболее высокие требования предъявляет фирма Air Liquide (Франция).

Требования к чистоте производственного ксенона несколько выше. Однако и для этого продукта более 70 % от числа потребителей устраивает качество Xe 99,999 %. Около 15 % фирм-потребителей приобретают ксенон чистотой 99,9995 % (5,5). Повышенное качество ксенона (6,0) задается, в основном, производителями электроники. Критическими примесями в ксеноне являются криптон и гексафторэтан (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>).

В соответствии с технологическим регламентом [2] эксплуатация установки может производиться в двух режимах: циклическом и непрерывном. Циклический режим подразумевает накопление в кубе первой колонны ксенонового концентрата до уровня 85...90 % при температуре 172...176 К и, далее, передавливание накопленного концентрата в третью колонну, а, затем, дальнейшее его кондиционирование при температурах 17...180 К в кубе третьей колонны. При этом, как показала практика, концентрацию основной примеси – криптона, не удастся уменьшить ниже 0,5...1,0 ppm.

Непрерывный режим работы улучшает чистоту ксенона за счет постепенного вымывания примесей из тупиковых трубопроводов. В процессе эксплуатации через несколько часов концентрация криптона в ксеноне падает до 0,1 ppm.

Результатом исследований по первой критической примеси (криптон) явилось полученное в 2010 году содержание криптона в ксеноне на уровне 10 ppb, в 2011 году мы достигли уровня 3 ppb. Предельно достижимой концентрацией криптона в ксеноне является 1 ppb. Дальнейшее повышение качества производственного ксенона требует существенной переделки существующей схемы ксеноновой колонны. При этом все тупиковые пространства нужно будет сделать проточными, а для уменьшения потерь сбросные магистрали вывести в общий вымораживатель.

Исследования по удалению второй критической примеси – гексафторэтана, показали, что C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> полностью не выжигается в блоке очистки от фреонов и в микроконцентрациях (менее 0,1 ppm) попадает в блок разделения, где обогащается в кубе первой и третьей колонн до концентраций ≤ 1...3 ppm. Причем, содержание гексафторэтана прямо пропорционально объёму перерабатываемой криптоноксеноновой смеси.

Опытным путем было установлено, что снижения концентрации C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> в кубовой жидкости ксеноновой колонны можно добиться путем увеличения рабочих давлений в установке. Эти изменения приводят к тому, что гексафторэтан перераспределяется из кубовой жидкости в флегму. При этом концентрация C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> в кубе уменьшается на порядок.

Немаловажным фактором при производстве Kr и Xe высокой чистоты является аналитическое обеспечение технологического процесса. Имея в своем распоряжении оперативные и достоверные данные по составу входного сырья, результатам работы блока очистки и степени чистоты криптоноксеноновой смеси на входе в блок ректификации, оператору легче поддерживать оптимальные режимы получения высокочистых газовых продуктов (рис. 1).

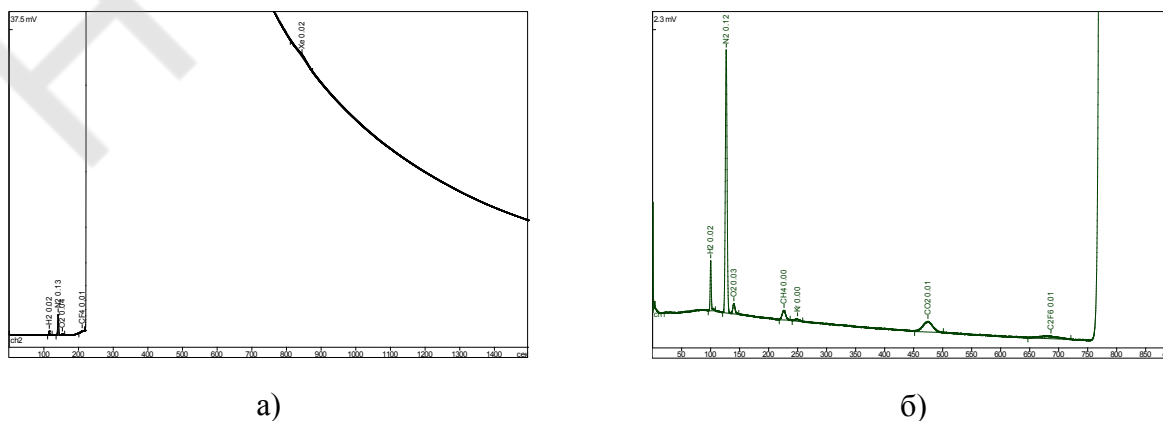


Рис. 1. Примеры хроматограмм, полученных для особо чистых продуктов:  
а – Kr 99,99998 %; б – Xe 99,99998 %

Третьим определяющим фактором является качество подготовки тары под готовый продукт. Уровень термовакуумной подготовки баллонов, обеспечиваемый предприятием «Айсблик», позволяет практически неограниченное время сохранять в них криптон и ксенон чистотой 6,0 без ухудшения качества.

Результаты изучения технологических режимов работы установки для сепарации криптоноксеноновой смеси в промышленных условиях показали, что предельно возможное содержание криптона в ксенеоне составляет 1 ppb, а гексафторэтана – 0,01...0,1 ppm.

#### Литература:

1. Бондаренко В.Л. Криогенные технологии извлечения редких газов / В.Л. Бондаренко, Ю.М. Симоненко. – Одесса: Астропринт, 2013. – 332 с.
2. Установка газоразделительная криптоно-ксеноновой смеси УРКрК-25. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. 2009 г.

Научный руководитель: Бондаренко В.Л., д.т.н., проф. кафедры криогенной техники ОНАИТ



УДК 621.59 (075.8)

## РАЗРАБОТКА ЖИДКОСТНЫХ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК СРЕДНЕГО ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МАШИН ДИНАМИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Плесной А.В., аспирант ИХКЭ ОНАИТ, г. Одесса

Существует потребность в воздуходелительных установках (ВРУ) для производства 1000 кг/ч жидкого кислорода. Для обеспечения их высокой эффективности необходимо установки создавать на основе циклов среднего давления [1-3]. Рассматриваются две схемы ВРУ с детандер-компрессорными агрегатами (ДКА) двух- и многовальнй конструкции, в которых работа расширения части перерабатываемого воздуха преобразуется в дополнительную холодопроизводительность (см. рисунок).

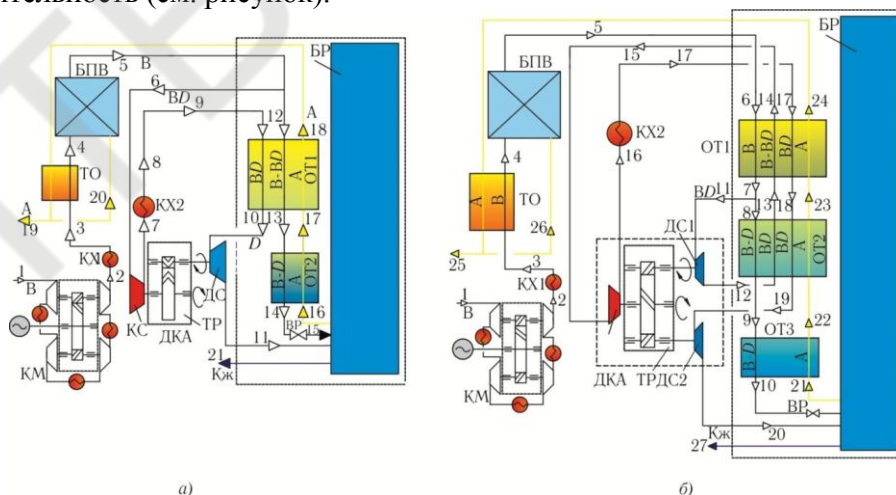


Рис.1 Схемы ВРУ: а – с двухвальным ДКА; б – с трехвальным ДКА; КМ – компрессор; КС, ДС – компрессорная и детандерная ступени; ДС1, ДС2 – детандерные ступени высокого и низкого давлений; ТО – теплообменник-ожижитель; БПВ – блок подготовки воздуха, выполняющий его осушку, очистку и предварительное охлаждение; КХ1, КХ2 – концевые холодильники КМ и КС; ОТ1, ОТ2, ОТ3 – секции основного теплообменника; ДКА – детандер-компрессорный агрегат; ВР – регулирующий вентиль; БР – блок разделения; ТР – турборедуктор; В, А, Кж, ВД – потоки воздуха после компрессора; отбросного азота; производящего жидкого кислорода; воздуха, направляемого в детандерные ступени

*Автори наукових робіт:*

**Д**

Dimitrov O., **37**

**А**

Арабаджи Д.Д., **5**  
Афоніна Н.Б., **92**

**Б**

Байдак В.Ю., **60**  
Балашов Д.А., **64**  
Башкиров Г.В., **131**  
Богаченко С.С., **135**  
Бондаренко А.В., **131**  
Бондарев О.Є., **39**  
Бондарь Д.В., **31**  
Бондарук А.В., **52**  
Бондарук В.А., **117**  
Братейко С.В., **131**  
Бузовский В.П., **31**  
Бутовский Е.Д., **100**

**В**

Власенко К.С., **50**

**Г**

Гаврильчик С.В., **115**  
Георгієш К.В., **98**  
Гнідий О.Л., **93**  
Горобец Е.А., **10**  
Грамма Л.С., **48**  
Грицик С.М., **13**  
Грищенко Р.В., **40, 112**  
Грудка Б.Г., **53**

**Д**

Денисюк В.В., **116**  
Джуган В.Ю., **19**

**Е**

Егоров Д.А., **6**

**Ж**

Желиба Т.А., **25**  
Жихарева Н.О., **92**

**З**

Захарчук О.О., **101**

**И**

Ионов М.И., **131**

**К**

Канифольская А.А., **136**  
Капауз К.О., **92**  
Козак О.Л., **73**  
Козаченко И.С., **25**  
Колесник А.О., **103**  
Колесник Е.И., **96**  
Колодзінський Р.І., **42**  
Копытин А.В., **124**  
Корж Е.Г., **118**  
Король Д.Л., **14**  
Костецкий Д.В., **66**  
Кузьменко М., **43**  
Кулик А., **45**  
Кулишов Б.А., **75**

**Л**

Лапинский А.А., **24**  
Лисица А.Ю., **29, 108**  
Лука О.В., **107**  
Лютый В.В., **17**

## М

Мациборук В.А., 60  
Мазуренко С.Ю., 86  
Марченко В.Г., 94  
Матвеев Э.В., 126  
Миненков В.В., 100  
Младёнов И.Ю., 27  
Мороз С.А., 115  
Мотовий І.В., 48  
Мухортов В.В., 73

## Н

Наголович М.С., 91  
Найчук В.В., 85  
Нянцу А., 36

## О

Оболоник В.Ф., 85  
Обухов А.А., 69  
Осадчий С.К., 7  
Охотский П., 139  
Очеретяний А., 61

## П

Пасечник А.Ю., 3  
Паранина О.Ю., 78  
Пароконий М.О., 71  
Пилипенко Б.А., 133  
Плесной А.В., 122  
Повіт О., 129  
Поворознюк В.В., 91  
Прокопчук С.Д., 62

## Р

Речицкий В.В., 3

## С

Скорик А.В., 56  
Сладковский Е.Н., 76  
Смола В.О., 55  
Сниховский Е.Л., 29, 108  
Стоянов П.Ф., 21  
Стефановский А.Н., 120  
Стреколовский С.О., 96  
Сухачов В.С., 63

## Т

Темершин Д.Д., 33  
Тертышный И.Н., 89  
Тимошевская Л.В., 124  
Тишко Д.П., 137  
Толкачев А.Д., 117  
Трандафилов В.В., 50

## У

Усик Ю.Ю., 83

## Ф

Фисенко А.В., 136

## Х

Хакимов Р.С., 11  
Халак В.Ф., 16

## Ц

Цапушел А.Н., 111

## Ч

Чередніченко В.А., 20  
Чигрин А.А., 127

## Ш

Шагиева А.К., 81  
Штерндок А.С., 129

## Щ

Щербаков О.Н., 57  
Щур В., 21

## Ю

Юлдашев А.Р., 133  
Юсуфі Халід, 72  
Юшковська А.М., 105

## Я

Яценко Р.О., 94  
Ябс А.А., 68

**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
МОЛОДИХ ВЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ ТА СТУДЕНТІВ**

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

**22 квітня 2014 року**

**Збірник тез доповідей**

Підписано до друку **16.04.2014**. Формат 60x84 1/16.  
Умовн. друк. арк. **6.500**. Наклад **15** прим.  
Надруковано видавничим центром ОНАХТ ННІХКЕ.  
65082, Одеса, вул. Дворянська, 1/3