

УДК 621.565

В.Л. Бондаренко

Одесская государственная академия холода, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail: work-ira@yandex.ru

Н.П. Лосяков, А.П. Графов, П.И. Далаков

ООО «Айсблик», ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail: office@iceblick.com

СОЗДАНИЕ КРИОГЕННОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НЕОНА И ГЕЛИЯ

В существующем производстве неона из неонгелиевой смеси образуются значительные количества гелия с чистотой 99,9999 %, который не удаётся хранить в газообразном виде. Для предотвращения его потерь в состав производства включён специально созданный криогенный комплекс с эффективным гелиевым охладителем. Комплекс позволяет производить, хранить и выдавать жидкий гелий. Для хранения жидкого гелия используются гелиевые сосуды Дьюара и контейнер, в котором может храниться и транспортироваться 10 м³ жидкого гелия. Имеется оборудование для наполнения баллонов гелием с давлением 15 МПа. Реконструкция производства позволила внедрить в практику его работы безотходную технологию одновременного получения неона и гелия. За счёт этого снижена стоимость производимых ценных продуктов на 6-7 %.

Ключевые слова: Воздухоразделительная установка. Неон. Гелий. Неонгелиевая смесь. Охладитель гелия. Детандер. Жидкий гелий. Газообразный гелий. Баллоны. Хранение гелия.

V.L. Bondarenko, N.P. Losyakov, A.P. Grafov, P.I. Dalakov

CREATION OF CRYOGENIC COMPLEX FOR REALIZATION OF NONWASTE TECHNOLOGY OF RECEPTION OF NEON AND HELIUM

In existing manufacture of neon from neon-helium mixture are formed significant amounts of helium with cleanliness of 99,9999 % which does not manage to be stored in a gaseous kind. Specially created cryogenic complex with effective helium liquefier is included in structure of manufacture for prevention the loss. The complex allows to make, store and give out a liquid helium. For storage of liquid helium are used helium Dewar bottles and container in which 10 m³ of liquid helium can be stored and be transported. There is an equipment for filling of cylinders by helium under pressure 15 MPa. Reconstruction of manufacture has allowed to introduce nonwaste technology of simultaneous reception of neon and helium in practice of its work. Due to this the cost of made valuable products is reduced on 6-7 %.

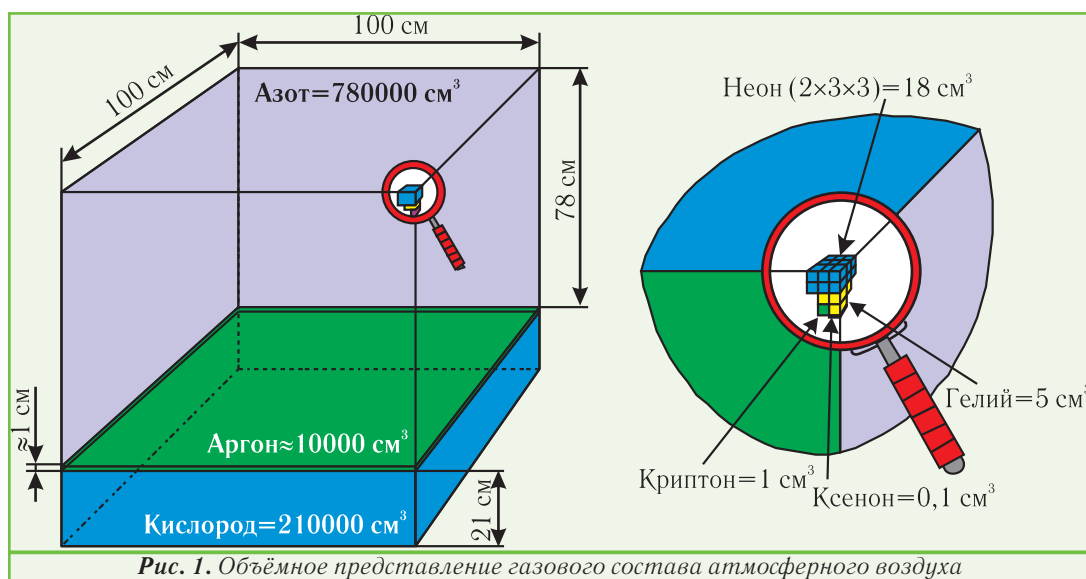
Keywords: Air separation plant. Neon. Helium. Neon-helium mixture. Liquefier of helium. Expander. Liquid helium. Gaseous helium, Cylinders. Storage of helium.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время единственным сырьевым источником получения неона и других редких газов является атмосферный воздух, перерабатываемый в воздухоразделительных установках (ВРУ). Состав атмосферного воздуха для наглядности представлен в несколько необычном виде на рис. 1 [1].

В промышленных масштабах газообразный гелий получают попутно при добыче природного газа. Концентрация гелия в природном газе различна (0,2-1,0

%) в зависимости от месторождения. В атмосферном воздухе его значительно меньше — $5,24 \cdot 10^{-4}$ % об. В эксплуатирующихся ныне ВРУ присутствуют неконденсирующиеся примеси таких инертных газов, как неон и гелий. Если от них не избавляться, они могут нарушать тепломассообменные процессы в конденсаторах, испарителях и колоннах ВРУ. Из-за этого неконденсируемые примеси неона, гелия и водорода зачастую выбрасывались в атмосферу в смеси с газообразным азотом. С другой стороны, эти отбросные потоки являются единственным источником получения



неона и, попутно с ним, гелия. Компания «Айсблик» в течение 1992-2008 гг. внедрила практически во всех крупных производствах продуктов разделения воздуха РФ, Украины, Казахстана и Румынии разработанные ею технологии сбора и переработки неонгелиевой смеси и криптоноксенонового концентрата, что позволило в значительной мере уменьшить выброс этих продуктов в атмосферу и организовать извлечение из них ценных компонентов.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ НЕОНГЕЛИЕВОЙ СМЕСИ И ГЕЛИЯ

Процесс получения неона и гелия условно разделяется на две стадии: на первой — извлекают концентрат («сырой газ»); на второй — обогащают (концентрируют) его до получения чистого продукта. Начальные этапы технологии получения неона и гелия, по существу, реализуются уже в ВРУ, куда неон и гелий поступают вместе с атмосферным воздухом. В процессе ректификации неон и гелий не сжижаются, а накапливаются в верхней части нижней колонны. Эту газовую смесь необходимо отводить из аппарата для обеспечения благоприятных условий теплоотдачи в конденсаторе. Обычно, концентрация в этом потоке неона и гелия суммарно не превышает 10 %. Такой состав определяется условиями работы нижней колонны. Оставшиеся 90 % в смеси составляют побочные газы, преимущественно — азот.

Обогащение смеси производится путём фракционной конденсации азота. Для этого в составе большинства ВРУ предусмотрены встроенные фазовые конденсаторы (дефлегматоры). Перед подачей в этот аппарат смесь охлаждается азотной флегмой верхней колонны. Понижение температуры до $T=83$ К при давлении $P \approx 0,5$ МПа позволяет извлечь в виде конденсата около половины азота. За счёт этого содержание неона и гелия повышается до 40-50 %. Однако примерно половину состава обогащённого концентрата ещё составляет азот.

Далее смесь подвергается дополнительной очист-

ке и концентрированию в несколько этапов: очистка от азота конденсацией его при $T=66-72$ К, удаление водорода выжиганием в печах каталитического гидрирования и т.д. Товарный неон получается при низкотемпературном разделении неонгелиевой смеси при $T=27$ К. При этом образуется, так называемый, поток отдувки, содержащий 75 % гелия и 25 % неона.

Длительное время на нашем производстве этот поток не удавалось утилизировать вследствие сложностей с хранением больших количеств газообразного гелия. В процессе оптимизации производства основного продукта — неона нами была разработана технология утилизации неона и одновременно в этом получении чистого газообразного гелия [2]. В 2006 г. компания «Айсблик» произвела около 180000 нм³ неона [3]. При этом в результате использования безотходных технологий попутно произведено около 60 тыс. нм³ гелия разного качества [4,5].

Длительное время на нашем производстве этот поток не удавалось утилизировать вследствие сложностей с хранением больших количеств газообразного гелия. В процессе оптимизации производства основного продукта — неона нами была разработана технология утилизации неона и одновременно в этом получении чистого газообразного гелия [2]. В 2006 г. компания «Айсблик» произвела около 180000 нм³ неона [3]. При этом в результате использования безотходных технологий попутно произведено около 60 тыс. нм³ гелия разного качества [4,5].

3. КРИОГЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ С ЧИСТЫМ ГЕЛИЕМ

Наиболее сложным процессом в длинной цепи производства неона и гелия от ВРУ и до конечного потребителя является завершающий этап. На этом этапе при разделении отдувки низкотемпературным адсорбционным методом с возвратом неона в основное неоновое производство образуется значительный поток чистого (99,9999 % об.) газообразного гелия, который довольно сложно хранить в больших количествах. Для решения этой проблемы был приобретён и в 2008 г. запущен в эксплуатацию комплекс по производству, хранению и выдаче жидкого гелия. Этот комплекс позволяет при хранении большого количества жидкого гелия в транспортных сосудах Дьюара (фото 2) и в спецконтейнере ёмкостью 10 м³ (фото 3) проводить реконденсацию паров гелия. Кроме этого, возможна выдача в баллонах товарного газообразного гелия, сжатого до 15 МПа.

4. СОСТАВ КРИОГЕННОГО КОМПЛЕКСА И ОРГАНИЗАЦИЯ ЕГО РАБОТЫ

Укрупнённая технологическая схема комплекса представлена на рис. 4.



Фото 2. Сосуды Дьюара для хранения жидкого гелия



Фото 3. Криогенный контейнер для жидкого гелия

Ожижитель гелия (модель 1400) изготовлен компанией «Cryogenic Technology». Его производительность — до 20 л/ч жидкого гелия. Для предварительного охлаждения гелия в ожижителе используется жидкий азот.

Для охлаждения гелия в ожижителе применяется двухступенчатый поршневой детандер. В состав комплекса входят два V-образных двухступенчатых поршневых компрессора с производительностью по 80 нм³/ч и давлением нагнетания до 1,7 МПа (фото 5). В компрессорах имеется система очистки гелия от масла.



Фото 5. Компрессорное отделение комплекса

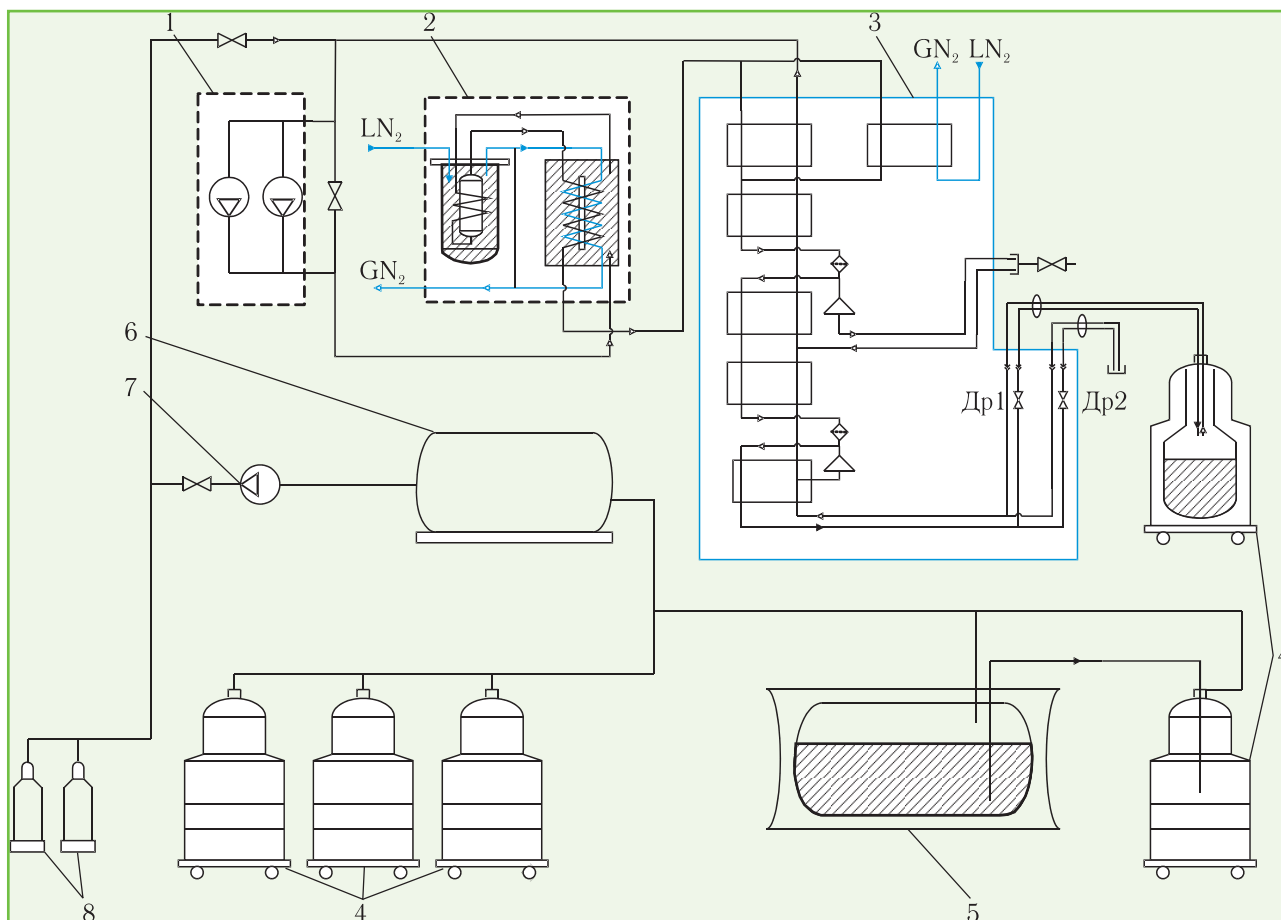


Рис. 4. Схема криогенного комплекса по производству, хранению и выдаче жидкого гелия: 1 — два компрессора для сжатия гелия; 2 — блок очистки гелия; 3 — ожижитель гелия; 4 — транспортные сосуды Дьюара ёмкостью 250 и 500 л; 5 — ёмкость для транспортирования и хранения 10 м³ жидкого гелия; 6 — мягкий газгольдер; 7 — компрессор высокого давления для заполнения баллонов гелием; 8 — наполнительная баллонная рампа

Для очистки прямого потока гелия от воздуха нами используется блок очистки гелия КВ 0813.00.000 из комплекта установки КГУ-150.

Для ожижения может подаваться также газообразный сжатый гелий, находящийся в 40-литровых баллонах (как произведённый в результате разделения неонгелиевой смеси, так и закачанный в баллоны из газгольдера, в котором собирается газообразный гелий, образующийся при хранении и переливе жидкого гелия).

Сжатый в компрессорах 1 и очищенный от масла гелий поступает в блок очистки гелия 2. В теплообменнике блока очистки 2 при охлаждении прямого потока гелия из него вымораживаются примеси влаги. Затем в адсорбере, охлаждаемом жидким азотом, сорбируются остаточные примеси кислорода и азота. Очищенный таким образом гелий поступает на вход ожижителя 3.

Данный ожижитель (см. фото 6) имеет несколько особенностей, обеспечивающих, с одной стороны, его высокую надёжность, и, с другой стороны, — широкие функциональные возможности. Так, надёжность детандера определяется максимальной простотой его механизма. В частности, шатуны обеих ступеней детандера размещены на одном кривошипе, т.е. кинематически жёстко связаны. Конструкцией криостата ожижителя предусматривается возможность одновременной работы с двумя разными накопителями жидкости. Кроме того, выполненные нами доработки конструкции криостата дают возможность подмешивания к обратному потоку постороннего холодного гелия, что обеспечивает возможность утилизации холода паров, накапливающихся при бездренажном хранении жидкого гелия в контейнере 5. Пары гелия, образующиеся при хранении жидкости в контейнере 5 или при переливе этой жидкости из него в транспортные сосуды Дьюара 4, поступают в мягкий газгольдер 6. По заполнении мягкого газгольдера 6 включается компрессор 7, в котором гелий сжимается до давления 16 МПа и поступает в баллоны наполнительной рампы 8.



Фото 6. Верхняя часть ожижителя гелия с механизмом движения двухступенчатого детандера

Необходимо отметить, что в комплексе имеется компрессор высокого давления фирмы «Bauer-Posidon Kompressoren» (модель PFU-320). Компрессор (см. фото 7) используется для наполнения баллонов гелием из газгольдера. Компрессор удобен в

эксплуатации, имеет воздушное охлаждение, не требует специального фундамента, прост в управлении и надёжен.



Фото 7. Компрессор для заправки баллонов компримированным гелием

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания «Айсблик» — единственная компания в мире, производящая гелий из атмосферного воздуха. Увеличение степени извлечения полезных компонентов, содержащихся в атмосфере Земли, в том числе и гелия, позволяет сократить удельные затраты на производство основных продуктов: кислорода, азота и неона. Внедрение системы ожижения гелия дало возможность нашей компании занять ведущее место в Украине в области производства не только неона, но и наиболее трудносжижаемого газа — гелия. В настоящее время нашим гелием снабжаются практически все ядерно-магнитные резонансные томографы Украины.

Используемый нами метод хранения и утилизации гелия позволил сократить удельные затраты на производство неона на 6-7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глизманенко Д.Л. Получение кислорода. — М.: Химия, 1972. — 752 с.
2. Системы криогенного обеспечения процессов производства редких газов при $T=63-78$ К/ В.Л. Бондаренко, Ю.М. Симоненко, Н.П. Лосяков, О.В. Дьяченко// Технические газы. — 2003. — № 4. — С. 39-44.
3. www.iceblick.com.
4. Получение технического и особо чистого гелия из побочного продукта неонного производства/ В.Л. Бондаренко, С.Ю. Вигуржинская, О.В. Дьяченко, Ю.М. Симоненко// Сб. трудов 3-ей межд. науч.-техн. конф. «Современные проблемы холодильной техники и технологии». — Одесса, 2003. — С. 108-110.
5. Arkharov A.M., Bondarenko V.L., Simonenko Yu.M. Increasing of separator efficiency of neon-helium mixture by using the unmachine devices// Proc. 5th Int. Conf. Cryogenics'98. — Praha, 1998. — P. 70-73.