

УДК 621.59(075.8)

**И.А. Тарасенко**

ООО «Ред Маунтин Украина», проспект Шевченко, 4-Д, офис 84, г. Одесса, Украина, 65058

e-mail: irina@redmn.com

**С.В. Руцкий**

Представительство «Red Mountain Energy Corp.» в России и странах СНГ, Банковский переулок, 1/24, подъезд 7, офис 75А, г. Москва, РФ, 101000

e-mail: sr@redmn.com

## ВРУ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОТ 350 ДО 8000 КГ/Ч ЖИДКИХ КРИОПРОДУКТОВ: СХЕМЫ, КОНСТРУКЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рост потребления технических газов и расширение его рынка обуславливают повышение спроса на воздухоразделительные установки (ВРУ). Значительный сегмент рынка технических газов приходится на жидкие кислород, азот и аргон. Компания «Red Mountain Energy Corp.» предлагает широкую гамму жидкостных ВРУ, построенных на базе циклов низкого давления. Рассматриваются несколько вариантов технологических схем, используемых для создания таких установок. Оптимизация схемных решений и применение прогрессивных конструкторских разработок обеспечивают высокие показатели эффективности производимого оборудования и его повышенную надёжность. Приводятся характеристики одной из жидкостных воздухоразделительных установок. В течение пяти лет компанией были изготовлены и сданы в эксплуатацию на территории СНГ более десяти различных ВРУ.

**Ключевые слова:** Воздухоразделительная установка. Кислород. Азот. Аргон. Сжиженные газы. Цикл низкого давления. Компрессорно-конденсаторный агрегат. Низкотемпературная ректификация. Колонна. Конденсатор-испаритель. Безопасность.

**I.A. Tarasenko, S.V. Rutsky**

## AIR SEPARATION PLANT OF LOW PRESSURE FOR MANUFACTURE FROM 350 UP TO 8000 KG/H OF LIQUID CRYOPRODUCTS: CIRCUITS, DESIGNS AND CHARACTERISTICS

A growth of consumption of technical gases and expansion of its market causes an increase of demand on air separation plants (ASP). The significant segment of market of technical gases are liquid oxygen, nitrogen and argon. The company «Red Mountain Energy Corp.» offers a wide scale of liquid ASP, constructed on the basis of cycles of low pressure. Some variants of the technological circuits used for creation of such plants are considered. Optimization of circuit decisions and application of progressive design development provide high parameters of efficiency of the made equipment and its increased reliability. Characteristics of one of liquid air separation plants are resulted. During five years by the company have been made and handed over in operation on territory of CIS more than ten various ASP.

**Keywords:** Air separation plant. Oxygen. Nitrogen. Argon. Liquefied gases. Cycle of low pressure. Compressor-condenser unit. Low-temperature rectification. Column. Condenser - evaporator. Safety.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Криогенные установки разделения воздуха для производства сжиженных кислорода, азота, аргона широко используются в различных отраслях промышленности в качестве технологического оборудования. При этом получение указанных технических газов в сжиженном состоянии обусловлено следующим:

1. Особенности технологических процессов (использование криогенных жидкостей как хладаген-

тов; обеспечение неравномерного потребления технических газов; создание систем резервирования жидких криопродуктов).

2. Необходимостью транспортирования сжиженных технических газов с целью снабжения ими предприятий, не располагающих собственным производством продуктов разделения воздуха.

В связи с этим растёт спрос на жидкостные воздухоразделительные установки (ВРУ). До недавнего времени на рынке СНГ они были представлены уста-

© И.А. Тарасенко, С.В. Руцкий

новками высокого и среднего давлений производительностью до 2000 кг/ч с поршневыми компрессорами [1,2].

Развитие и совершенствование компрессорных машин и появление эффективных турбодетандеров малой производительности обуславливают возможность создания эффективных и надёжных жидкостных установок малой и средней производительности на базе циклов низкого давления [3].

## 2. АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СХЕМНЫХ РЕШЕНИЙ

В настоящее время компания «Red Mountain Energy Corp.» предлагает широкую гамму жидкост-

ных ВРУ, построенных на базе циклов низкого давления. Установки предназначены для получения жидкого кислорода, жидкого и газообразного азота и жидкого аргона с использованием низкотемпературной ректификации.

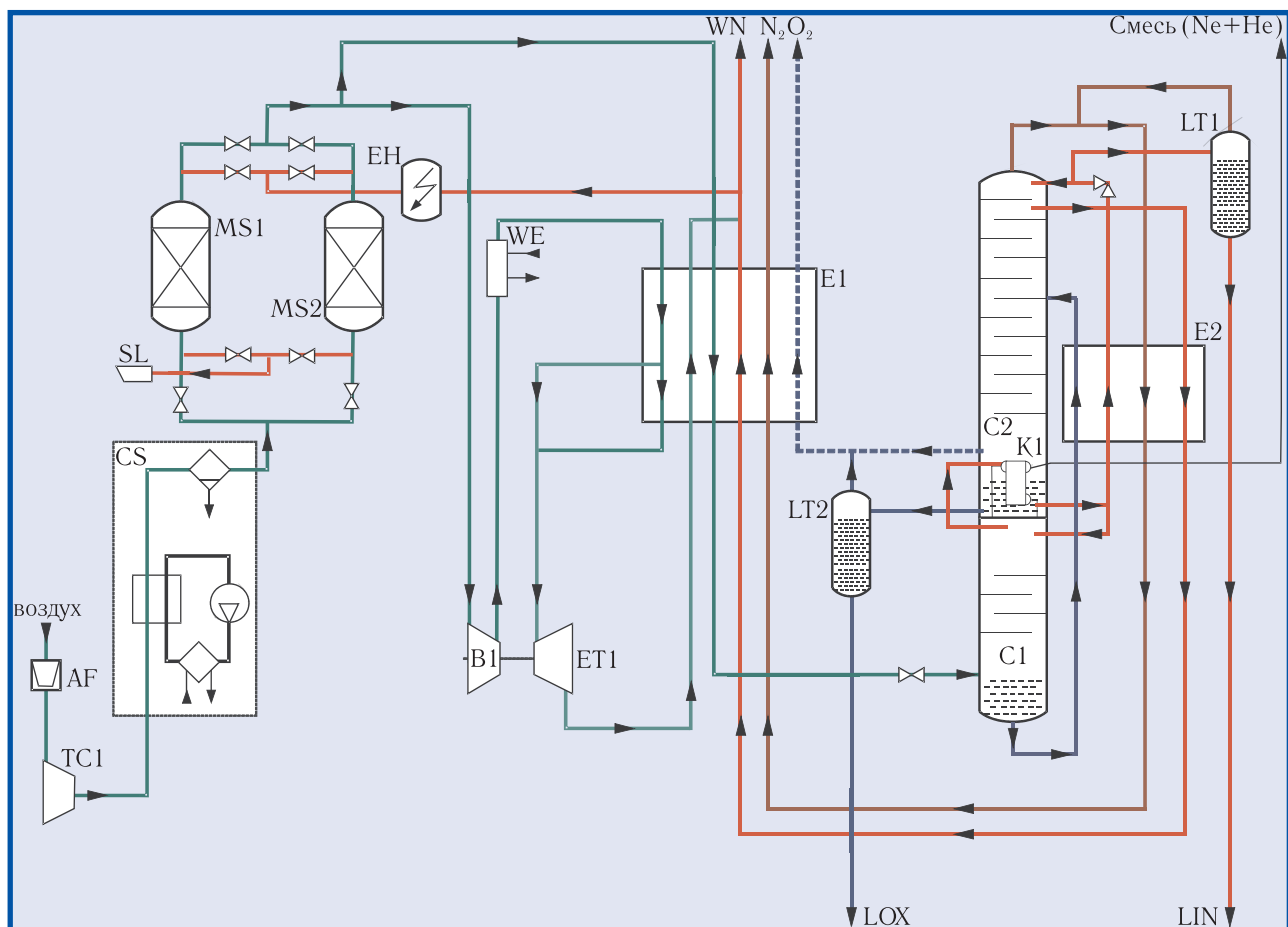
Схемные решения, используемые при создании жидкостных установок, варьируются в зависимости от их производительности. Можно выделить три основных группы схем (см. таблицу).

Проанализируем особенности указанных в таблице ВРУ, создаваемых на основе схем №№ 1-3.

На базе схемы № 1 создаются жидкостные установки разделения воздуха малой производительности (от 350 до 1500 кг/ч). В основе схемного решения лежит классический цикл низкого давления с детанде-

*Характеристики схемных жидкостных ВРУ, создаваемых на основе базовых технологических схем*

Характеристики	Схема № 1	Схема № 2	Схема № 3
Диапазон производительности, кг/ч	350-1500	1500-3000	свыше 3000
Коэффициент извлечения жидкого продукта, кмоль/кмоль п.в.	0,07...0,085	0,195...0,20	0,195...0,22
Удельные затраты электроэнергии, кВт·ч/кг	1,15..1,35	0,9...0,95	0,70...0,85



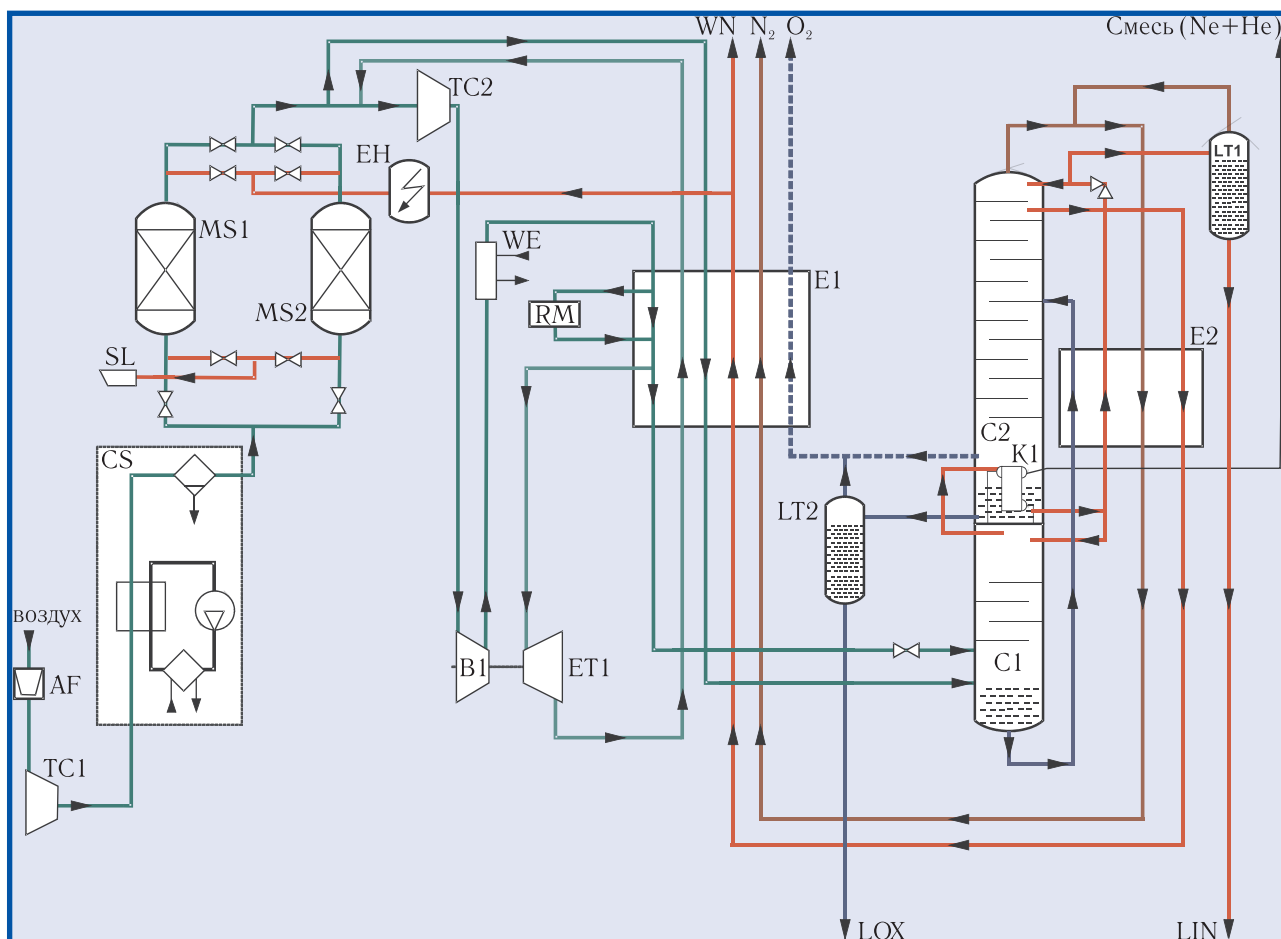
**Рис. 1.** Принципиальная технологическая схема № 1 установок разделения воздуха: AF — воздушный фильтр; TC1 — воздушный компрессор; CS — система предварительного охлаждения воздуха на базе холодильной машины; MS1, MS2 — адсорберы блока комплексной очистки и осушки воздуха; EH — электроподогреватель регенерирующего газа; SL — глушитель; WE — охладитель; E1 — основной теплообменник; ET1-B1 — детандер-компрессорный агрегат; LT1, LT2 — сборники жидкости; C1, C2 — нижняя и верхняя ректификационные колонны; K1 — конденсатор-испаритель; E2 — теплообменник-переохладитель; N<sub>2</sub>, WN — чистый и отбросный газообразный азот; O<sub>2</sub> — газообразный кислород; LOX, LIN — жидкие кислород и азот; Ne+He — неонгелиевая смесь

ром на части воздушного потока. При этом в цикле предусмотрено дополнительное дожатие детандерного потока в компрессорной ступени детандер-компрессорного агрегата (ДКА), что обеспечивает повышение давления перед детандерной ступенью без дополнительных энергозатрат и способствует росту холодопроизводительности цикла.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 1. Её работа организуется следующим образом. Атмосферный воздух, очищенный от механических примесей во входном фильтре и сжатый в турбокомпрессоре до давления порядка 10 бар, поступает в систему предварительного охлаждения, где охлаждается от температуры около 40 °С до примерно 10 °С при теплообмене с хладагентом. Далее, после отделения капельной влаги воздух подаётся в блок комплексной его очистки. Сушение воздуха и его очистка от диоксида углерода и лёгких углеводородов производится в адсорбционном блоке. Блок представляет собой систему из двух попеременно работающих адсорберов, заполненных двумя слоями адсорбентов. Удаление влаги из воздуха происходит в слое активной окиси алюми-

ния; оставшиеся CO<sub>2</sub> и углеводороды извлекаются в слое цеолита (молекулярного сита). Во время работы одного адсорбера в режиме адсорбции в другом происходит регенерация путём продувки его адсорбентов нагретым в электроподогревателе до 180 °С отбросным азотом. Переключение адсорберов осуществляется автоматически. После адсорберов установлен фильтр, предотвращающий попадание пылевых фракций в криогенный блок. Затем воздух делится на два потока. Первый направляется в основной теплообменник, где охлаждается в результате теплообмена с холодными обратными потоками и потом дросселируется в нижнюю колонну. Второй — поступает на дожатие (до ~13 бар) в компрессорную ступень ДКА. После этого он охлаждается в водяном охладителе и далее направляется в основной теплообменник, где охлаждается, а затем подаётся в турбодетандер. В нём воздух расширяется до давления 0,4 бар и выводится в атмосферу через основной теплообменник.

Первый поток воздуха в нижней ректификационной колонне разделяется на кубовую жидкость с содержанием кислорода до 40 % и азот с содержанием



**Рис. 2.** Принципиальная технологическая схема № 2 установок разделения воздуха: AF — воздушный фильтр; TC1 — основной воздушный компрессор; TC2 — дожимающий воздушный компрессор; CS — система предварительного охлаждения воздуха на базе холодильной машины; MS1, MS2 — адсорберы блока комплексной очистки и осушки воздуха; EH — электроподогреватель регенерирующего газа; SL — глушитель; WE — охладитель; E1 — основной теплообменник; ET1-B1 — детандер-компрессорный агрегат; RM — низкотемпературная холодильная машина; LT1, LT2 — сборники жидкости; C1, C2 — нижняя и верхняя ректификационные колонны; K1 — конденсатор-испаритель; E2 — теплообменник-переохладитель; обозначения продуктов см. в подписи к рис. 1

кислорода около 0,0005 %. Получаемый в нижней колонне газообразный азот конденсируется в основном конденсаторе-испарителе за счёт кипения жидкого кислорода из верхней колонны. Кубовая жидкость из куба нижней колонны поступает в переохладитель, где охлаждается потоками газообразного азота. После переохладителя она направляется в верхнюю колонну. Часть жидкого азота из нижней колонны отбирается и подаётся в переохладитель, где охлаждается потоком газообразного азота. После переохладителя жидкий азот поступает в криогенное хранилище жидкого азота в качестве продукта. В верхней ректификационной колонне происходит разделение воздуха на азот и кислород. Жидкий кислород отбирается из нижней части верхней колонны. Из верхней части этой же колонны отводится газообразный азот. Потоки газообразного азота последовательно проходят переохладители и основной теплообменник, где нагреваются. После основного теплообменника азот используется для регенерации блока осушки и очистки воздуха.

ВРУ, реализующие схему № 2, охватывают диапазон жидкостных установок средней производительности (от 1500 до 3000 кг/ч).

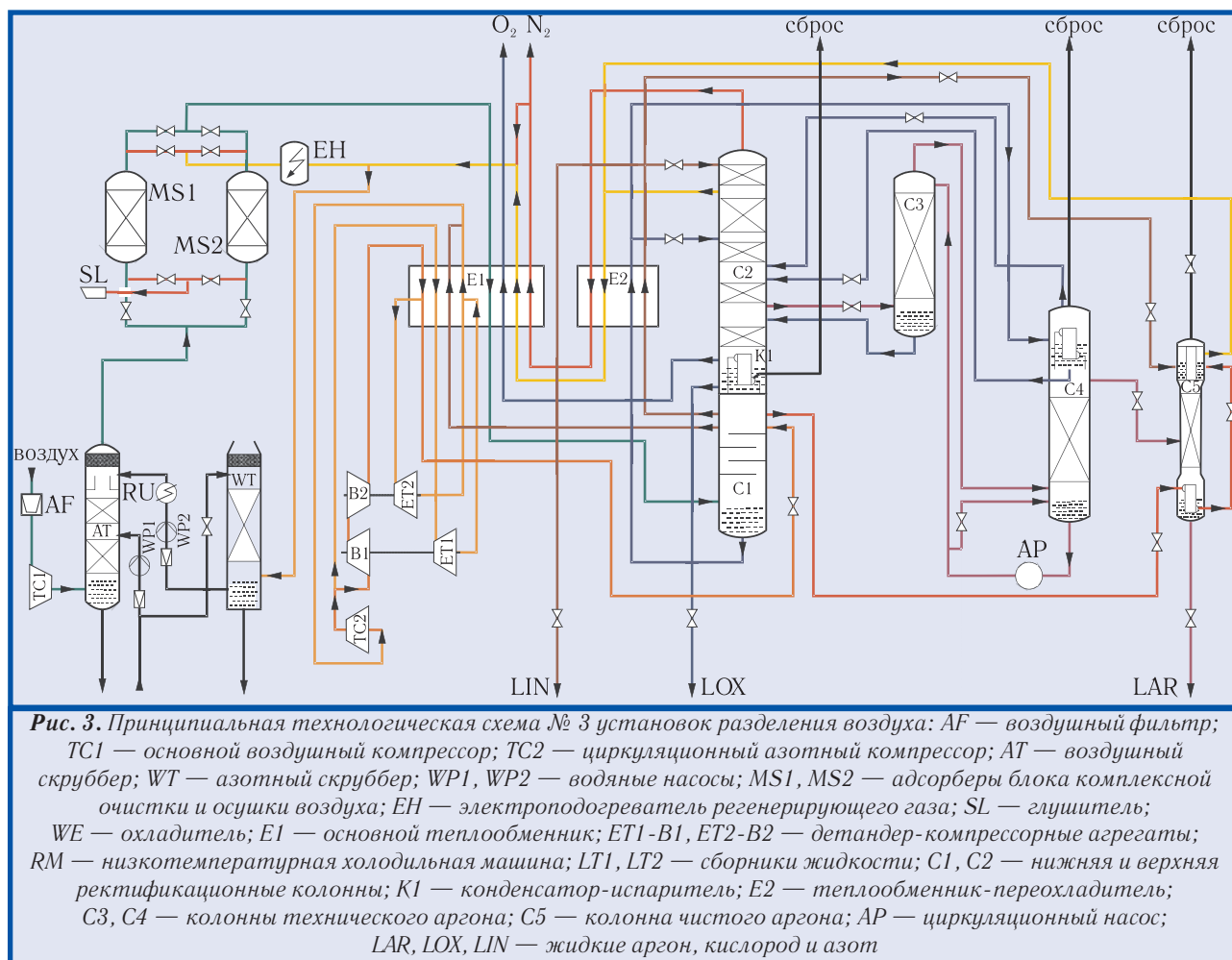
Принципиальная схема установки изображена на рис. 2. Основное её отличие от предыдущей схемы заключается в повышении холодопроизводительности цикла за счёт ступенчатого дожатия части воздушного потока до давления примерно 40 бар и использования

для охлаждения части воздуха низкотемпературной холодильной машины.

Атмосферный воздух при работе по этой схеме сжимается в основном компрессоре до давления 5,2 бар. После прохождения систем предварительного охлаждения и комплексной очистки воздуха часть его направляется в основной теплообменник, где охлаждается и далее поступает на разделение в нижнюю колонну.

Оставшаяся часть воздуха после смешения с выводимым из блока потоком детандерного воздуха подаётся на дожатие в дожимающий турбокомпрессор. Затем поток поступает на дожатие в компрессорную ступень ДКА. После он охлаждается в водяном охладителе и далее поступает в основной теплообменник. В нём воздушный поток охлаждается в результате теплообмена с обратными потоками. Из теплообменника производится промежуточный отбор части потока для охлаждения в низкотемпературной холодильной машине. Также из его средней части отбирается некоторое количество воздуха для подачи его в детандерную ступень ДКА. Воздух в ступени расширяется до давления ~5 бар и через основной теплообменник выводится из блока. После этого он поступает в линию всасывания дожимающего компрессора. Оставшаяся часть воздуха охлаждается в основном теплообменнике и дросселируется в нижнюю колонну.

Схемное решение № 3 (см. таблицу) применяется в жидкостных ВРУ с производительностью



выше 3000 кг/ч.

Принципиальная схема установки показана на рис. 3. Отличительной особенностью ВРУ является то, что цикл низкого давления здесь дополнен холодопроизводящим азотным циркуляционным контуром, включающим в себя циркуляционный азотный турбокомпрессор и систему из двух ДКА. Сжатие азота в циркуляционном контуре до давления около 55 бар осуществляется последовательно в циркуляционном компрессоре и в компрессорных ступенях ДКА. После каждой ступени сжатия азот охлаждается оборотной водой в промежуточных охладителях. Генерация холода происходит в турбодетандерных ступенях двух ДКА, работающих на различных температурных уровнях, что способствует росту эффективности криогенного цикла и снижает удельный расход электроэнергии на производство жидких продуктов.

Остановимся на технологических и конструктивных особенностях производства чистого жидкого аргона. В рассматриваемых жидкостных установках может быть предусмотрено получение жидкого аргона. В этом случае в схему добавляется аргоновый блок, изображённый в составе установки с азотным циркуляционным контуром (см. рис. 3). Получение аргона в установке осуществляется методом низкотемпературной ректификации на всех этапах разделения, включая очистку аргона от кислорода. Таким образом исключается применение водорода и катализаторов, а также дополнительного компрессорного оборудования.

Чистый аргон получают вначале в колонне технического аргона, где аргон очищается от кислорода, и затем в колонне чистого аргона, в которой он очищается от азота. Колонна технического аргона состоит из двух секций, как видно из рис. 3. В верхней части второй секции установлен конденсатор. Производство чистого аргона начинается с того, что газообразная его фракция с содержанием аргона около 10 % выводится из средней части верхней колонны и поступает в нижнюю часть колонны сырого аргона. Там она, поднимаясь вверх, обогащается аргоном. После прохождения колонны сырого аргона газ направляется в нижнюю часть колонны технического аргона, где продолжает обогащаться аргоном. В верхней части аргоновой колонны аргон, содержащий около 1 % азота, конденсируется в конденсаторе при теплообмене с кипящей обогащённой кислородом жидкой фракцией. Небольшая часть сконденсированного аргона выводится и направляется в колонну очистки от азота. Оставшийся жидкий аргон стекает вниз аргоновой колонны. Подача жидкости из нижней части колонны технического аргона в верхнюю часть колонны сырого аргона осуществляется криогенным центробежным насосом. Жидкость, пройдя колонну сырого аргона, вводится в среднюю часть верхней колонны. Жидкий аргон подаётся в среднюю часть колонны чистого аргона. Необходимая циркуляция в колонне обеспечивается благодаря кипению жидкого аргона в испарителе вследствие теплообмена с конденсирующимся азотом и конденсации аргона в конденсаторе вследствие теплообмена с кипящим азотом. Жидкий чистый аргон от-

бирается из нижней части колонны чистого аргона и поступает в криогенное хранилище жидкого аргона в качестве продукта.

### 3. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ

Установки разработаны с учётом требований производства с длительным (не менее года) непрерывным технологическим циклом. В процессе разработки ВРУ в связи с этим принимались во внимание следующие основные критерии проектирования:

- устойчивость технологического цикла установки;
- надёжная система управления, обеспечивающая как поддержание технологического режима, так и осуществляющая необходимые защитные блокировки;
- повышенные требования к безопасности оборудования:
- использование в рамках основного цикла только приводной арматуры, положение которой контролируется системой автоматического управления;
- применение аппаратов с конструкциями, которые препятствуют накоплению опасных примесей (проточность, наличие контура безопасности);
- непрерывный анализ качества воздуха после блока очистки, исключающий проскок вредных примесей в блок разделения;
- подбор надёжного оборудования и комплектующих;
- повышенные требования к надёжности машинного оборудования;
- резервирование ответственных элементов установки (насосов, детандеров, подогревателей и др.).

Проанализируем, как реализуются некоторые из указанных требований.

#### 3.1. Компрессорное оборудование

В создаваемых ВРУ используются наиболее эффективные турбокомпрессоры. Это позволяет избежать частых остановок на регламентное обслуживание компрессоров и в результате увеличить фактический период непрерывной работы установок: от года — для малых и средних установок, до двух лет — для установок большой производительности. Кроме этого, расширяются диапазоны регулирования производительности установок при неизменном удельном расходе электроэнергии, т.е. без снижения их эффективности. В турбокомпрессорах отсутствуют примеси масла в сжимаемом потоке воздуха, что обеспечивает надёжную и безопасную работу оборудования установок.

Рис. 4 даёт представление об использованных нами турбокомпрессорах в ВРУ, работающей на предприятии ООО «Нефтеюганскпромсервис».

#### 3.2. Система предварительного охлаждения воздуха

В установках малой и средней производительности она создаётся на базе холодильной машины промышленного исполнения. Охлаждение воздуха производится в процессе непосредственного испарения хлад-агента. Подобная конструкция обеспечивает сниже-

ние потерь при теплообмене по сравнению с системами с промежуточным теплоносителем, а, следовательно, и экономию электроэнергии, высокую компактность и надёжность системы.

В установках большой производительности в системе предварительного охлаждения воздуха применяется блок азотно-водяного охлаждения (см. рис. 3). Преимущество данной системы — в экономии электроэнергии в результате использования для охлаждения воздуха холода отбросного газа. Надёжность системы обеспечивается резервированием насосного оборудования.



**Рис. 4.** Центробежные компрессоры, используемые в составе ВРУ производительностью 2000 кг/ч: а — воздушный компрессор ТА6000; б — дожимающий компрессор ТАЕ-50RC

### 3.3. Блок комплексной осушки и очистки воздуха

Он проектируется с учётом требований высокой надёжности и возможности работы в зонах с повышенным загрязнением воздуха. Высокая степень очистки воздуха обеспечивается применением двух типов адсорбентов. Так, удаление влаги из воздуха происходит в слое активной окиси алюминия, а оставшиеся диоксид углерода и углеводороды извлекаются в слое цеолита (молекулярного сита). Предусмотрен непрерывный автоматический контроль качества воздуха на выходе из блока очистки. В составе блока используется только приводная арматура, что способствует повышению его надёжности по сравнению с системами, в составе которых имеются самодействующие клапаны.

### 3.4. Теплообменные аппараты

В составе блоков разделения установок применяются высокоэффективные теплообменные аппараты с развитой поверхностью теплообмена, обеспечивающие минимальные потери от недорекуперации, а, следовательно, и минимум потерь холода с выводимыми из установки продуктовыми и отбросными потоками.

### 3.5. Ректификационные колонны

Установки комплектуются ректификационными колоннами как тарельчатого, так и насадочного типов. Колонны насадочного типа создаются на основе эффективных регулярных насадок, которые позволяют оптимизировать высоту ректификационных колонн и снижать гидравлические сопротивления. В тарельчатых колоннах применяются поперечноточные ректификационные тарелки. Используется двойное крепление тарелок в корпусе колонны: механическое их крепление к корпусу при помощи крепёжных элементов (шпилек), обеспечивающих надёжную фиксацию тарелки, и дополнительно закрепление тарелок сваркой по всему периметру. При такой технологии тарелка не просто закрепляется в корпусе, но исключается возможность прохождения потоков по колонне, минуя ректификационные устройства. В совокупности подобное крепление тарелок способствует повышению надёжности и эффективности ректификационных колонн.

### 3.6. Детандер-компрессорные агрегаты

С их помощью производится необходимый для работы ВРУ холод. При этом энергия расширения в детандерной ступени используется для повышения давления в цикле путём сжатия газа в компрессорной ступени агрегата без дополнительных энергозатрат. Высокая точность изготовления и балансировки движущихся элементов агрегата приводят к росту его эффективности и надёжности. В случае повышенных требований к установкам данной группы в них предусмотрена возможность монтажа двух агрегатов (рабочего и резервного).

### 3.7. Теплоизоляция холодного блока

Изоляция блока разделения осуществляется засыпкой перлитом свободных объёмов герметичного кожуха. Для повышения качества и надёжности изоляции применяется система постоянного поддержания в ней избыточного давления с помощью сухого азота, что предотвращает проникновение атмосферной влаги внутрь кожуха блока разделения. Это обеспечивает долговечность блока разделения (срок службы не менее 20 лет), так как исключает попадание влаги внутрь кожуха и, значит, предотвращает коррозионный износ элементов блока и их возможные механические повреждения в результате льдообразования на их поверхностях. Будучи неподверженной разрушительному действию влаги, изоляция в течение всего срока службы будет сохранять свои первоначальные свойства. Высокое качество изоляции позволит обеспечивать в процессе многолетней эксплуатации ВРУ

низкие холодопотери и, следовательно, первоначальный уровень энергозатрат.

### 3.8. Применяемые материалы

Все аппараты холодного блока (колонны, теплообменники), а также трубопроводы изготовлены из высококачественных алюминиевых сплавов. В оборудовании и коммуникациях «тёплого» блока используется углеродистая сталь. Однородность применяемых материалов в пределах отдельных блоков обеспечивает высокую надёжность оборудования в связи с тем, что исключает такие потенциально «слабые звенья» как переходники для соединений элементов, выполненных из различных материалов; не требует применения технологически сложных методов сварки; исключает нагрузку на элементы, связанную с различной степенью температурных деформаций различных материалов.

### 3.9. Система управления

В стандартной комплектации предусмотрено оснащение установок системой контроля и управления на базе программируемых контроллеров «Siemens», реализующей сбор и обработку информации, формирование и выдачу управляющих сигналов. В состав этой системы входят операторские станции (см. рис. 5) на базе персональных ЭВМ типа «Pentium IV» в промышленном исполнении, предназначенных для отображения работы установки и осуществления управления установкой оператором в режиме диалога. Система обеспечивает: автоматическое управление реализуемыми процессами; возможность оптимизации технологических процессов; организацию анализа основных показателей и архивирование параметров процессов; повышение уровня надёжности и безопасности производства продуктов разделения воздуха.



*Рис. 5. Пульт управления станцией разделения воздуха на предприятии ООО «Нефтеюганскпромсервис»*

Перечисленные особенности обусловлены требованиями к повышенной надёжности и эффективности оборудования и являются результатом оптимизации конструкций с целью минимизации потерь и устранения либо дублирования традиционно «слабых звеньев» технологической схемы ВРУ.

## 4. ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СХЕМНЫХ И КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ В СОЗДАВАЕМЫЕ УСТАНОВКИ

Рассмотренные схемные и конструкторские решения были реализованы за последние пять лет в более чем десяти установках. Таким образом, наша компания поставляет на рынки СНГ установки, изготавливаемые на основе проверенных на практике и подтверждённых их длительной эксплуатацией решений. В качестве примера реализации подобных проектов (см. рис. 6) укажем пуск в эксплуатацию на предприятии ООО «Нефтеюганскпромсервис» комплекса по производству сжиженных технических газов на базе воздухоразделительной установки KDON-1500-1650/50Y с суммарной производительностью по жидким криопродуктам 2100 кг/ч. В технологической схеме установки использован цикл низкого давления (см. схему на рис. 2).



*Рис. 6. Комплекс по производству сжиженных технических газов*



*Рис. 7. Система охлаждения оборотной воды на базе градирен закрытого типа*

Нашей компанией на указанные объекты был поставлен весь комплект необходимого оборудования, включая в том числе и вспомогательное. В комплект поставки входило оборудование собственно установки разделения воздуха, компрессорное оборудование, насосы жидкого азота, градирни (см. рис. 7), водяные насосы, криогенные резервуары и криогенные трубопроводы.

Кроме того, с целью повышения производительности комплекса по жидкому азоту в состав комплекса был включён также ожижитель азота производи-

тельностью 1750 кг/ч. Срок реализации данного проекта (от подписания контракта и до запуска оборудования в эксплуатацию) — один год. Таким образом, производство сжиженных газов было создано в кратчайший срок.

Из реализуемых сейчас проектов по установкам данной группы можно отметить поставку ВРУ производительностью 1000 кг/ч в Самарскую область, а также ВРУ производительностью 500 кг/ч в Казахстан для ТОО «Миком». Обе установки спроектированы на базе технологической схемы № 1. Пуск установок запланирован на 2008 г.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жидкостные ВРУ низкого давления разрабатываются и изготавливаются компанией с учётом требований рынка СНГ. При оптимизации схемных и конструкторских решений разработчики опираются на имеющийся опыт эксплуатации в СНГ жидкостных установок аналогичной производительности, а также и традиционных для нашего рынка установок высокого и среднего давлений. В результате в спроектированных установках низкого давления были учтены требования и пожелания руководства и персонала предприятий, эксплуатирующих установки указанного типа. В частности повышена надёжность ответственных технологических узлов, минимизированы эксплуатационные затраты.

Предлагаемые установки низкого давления обладают следующими конкурентными преимуществами:

- увеличение периода непрерывной работы оборудования без остановок на регламентное обслуживание;
- расширение диапазона регулирования производительности;
- повышение холодопроизводительности цикла без дополнительных затрат электроэнергии, обеспечиваемое повышением давления части потока дожати-

ем его в компрессорной ступени ДКА;

- снижение потерь в цикле благодаря эффективной рекуперации холода в пластинчато-ребристых теплообменниках с развитой поверхностью теплообмена;
- отсутствие масла в перерабатываемом воздухе благодаря сжатию воздуха в турбокомпрессорах;
- применение только приводной арматуры, контролируемой системой управления.

Повышению надёжности ВРУ способствует также дублирование основных элементов.

Компания предлагает заказчикам как поставку установок разделения, так и всего сопутствующего оборудования для производства и хранения сжиженных технических газов, включая системы хранения, выдачи и распределения продуктов разделения, системы охлаждения оборотной воды и др. Нами предоставляется заказчикам полный комплект разрешительных документов в соответствии с требованиями надзорных органов стран СНГ. Компания выполняет проекты производств продуктов разделения воздуха на базе поставляемого оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Разделение воздуха методом глубокого охлаждения/ Под ред. **В.И. Епифановой, Л.С. Аксельрода**. 2-ое изд. — М.: Машиностроение, 1973. — Т.1. 472 с.; Т.2. 568 с.
2. Криогенные системы. В 2-ух т. Т.2. Основы проектирования аппаратов, установок и систем/ **А.М. Архаров, И.А. Архаров, В.П. Беляков и др.**// Под общ. ред. **А.М. Архарова, А.И. Смородина**, 2-ое изд. — М.: Машиностроение, 1999. — 720 с.
3. Характеристики воздуходелительных установок низкого давления для производства 250 кг/ч жидких кислорода или азота/ **И.В. Горенштейн, В.А. Власюк, Г.К. Лавренченко и др.**// Технические газы. — 2003. — № 1. — С. 31-36.



## ВТОРОЕ ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ — ЗА 2 ГОДА!

- необходимо наличие законченного высшего инженерно-технического образования;
- обучение в Одесской государственной академии холода по направлению Украинской ассоциации производителей технических газов «УА-СИГМА»;
- специальность 8.090507 «Криогенная техника и технология»;
- форма обучения — заочная, контрактная;
- завершение учёбы — сдачей государственного экзамена;
- возможность продолжения обучения для получения диплома магистра;
- диплом Министерства образования и науки Украины признаётся в странах СНГ.

Условия приёма по контактному тел./факсу: +38 (048) 777-00-87

