

УДК 621.59:04-182.1

С.Н. Пуртов, Е.Ю. Тарасова

ОАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской области, РФ, 143907

e-mail: purtov@cryogenmash.ru

УСТАНОВКИ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА

Криогенные установки разделения воздуха для производства технологического кислорода с чистотой 95-96 % широко применяются в промышленности. Рассмотрены схемы их работы для получения технологического кислорода низкого давления, а также под давлением до 6 бар с использованием смесевой колонны и дополнительного конденсатора-испарителя. Приведена информация о выпускаемых ОАО «Криогенмаш» крупнотоннажных установках нового поколения для обеспечения технологическим кислородом различных предприятий.

Ключевые слова: Воздух. Воздухоразделительная установка. Технологический кислород. Ректификация. Смесевая колонна. Конденсатор. Криогенный насос.

S.N. Purtoṽ, E.Yu. Tarasova

AIR SEPARATION PLANTS FOR PRODUCTION OF TECHNOLOGICAL OXYGEN

Cryogenic air separation plants for production of oxygen with purity of 95-96% are widely spread in the industry. Processes of low pressure oxygen production are considered as well for pressurized oxygen production under pressure up to 6 bar with use of mixing column or additional condenser. The information of the JSC «Cryogenmash» tonnage plants for supply with technological oxygen is presented.

Keywords: Air. Air separation plant. Technological oxygen. Rectification. Mixing column. Condenser. Cryogenic pump.

1. ВВЕДЕНИЕ

Технологический кислород широко используется в промышленности для интенсификации различных окислительных процессов. Кислород применяется на предприятиях чёрной и цветной металлургии, в химии.

Широкое использование кислорода началось в середине XX-го века после внедрения предложенных П.Л. Капицей новых установок разделения воздуха, работающих по термодинамическому циклу низкого давления с турбодетандером. Переход на цикл низкого давления позволил применить в установках центробежные компрессоры для сжатия воздуха, существенно упростить и удешевить оборудование.

Первые крупномасштабные кислородные установки предназначались именно для производства технологического кислорода. Среди них нужно выделить такие блоки разделения производства ОАО «Криогенмаш», как БР-1, БР-2, КтК-35, АКт-30, Кт-70 и др. [1], которые создавались на основе технологических схем низкого давления с центробежными воздушными компрессорами К-1500 и К-3000. Охлаждение и очистка воздуха в этих установках производились в регенераторах. Многие из ранее выпущенных воздухоразделительных установок

(ВРУ) с регенераторами до сих пор эксплуатируются на некоторых предприятиях.

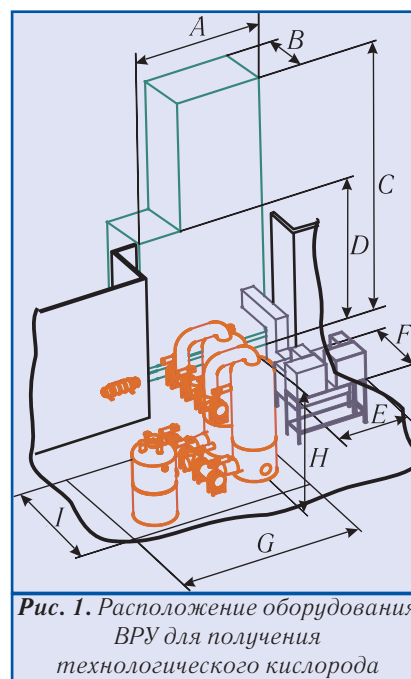


Рис. 1. Расположение оборудования ВРУ для получения технологического кислорода

Таблица 1. Установки производства ОАО «Криогенмаш» для получения технологического кислорода

Наименование параметров	Наименование установки						
	КТ-12,5	КТА-16/18	КТД-24	КТД-15	КТА 40/30	КТА 40/30-1	КТА 40/30-3
	ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», г. Ревда	СГПП «Объединение Азот», Северо-донецк, Украина	ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод», г. Ревда	АО «Казцинк», Усть-Каменогорск, Казахстан	ОАО «ГМК Норильский никель», г. Норильск	ОАО «Алчевский металлургический комбинат», г. Алчевск, Украина	ОАО «ГМК Норильский никель», г. Норильск
Воздух:							
– объёмный расход перерабатываемого воздуха, м ³ /ч	61000	81000	118000	80500	197000	197000	197000
– давление на входе в установку, МПа	0,52	0,55	0,52	0,52	0,53	0,53	0,53
Кислород газообразный технологический:							
– объёмный расход, м ³ /ч	12000	16000	24000	16600	30000	30000	30000
– объёмная доля кислорода, %	95	96	95	95	96	96	96
– давление, МПа	0,005	0,2	0,25	0,2	0,005	0,005	0,005
Кислород газообразный технический:							
– объёмный расход, м ³ /ч	500	–	500	–	10000	10000	10000
– объёмная доля кислорода, %	99,5	–	99,5	–	99,6	99,6	99,6
– давление, МПа	15	–	15	–	0,005	0,005	0,005
Кислород жидкий:							
– объёмный расход, м ³ /ч	400*	200	400*	215	750	750	1000
– объёмная доля кислорода, %	99,5	99,5	99,5	99,5	99,7	99,7	99,7
– давление, МПа	0,1	0,25	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1
Азот газообразный низкого давления:							
– объёмный расход, м ³ /ч	–	12000	–	–	30000	30000	30000
– объёмная доля кислорода, %	–	0,02	–	–	1	1	1
– давление, МПа	–	0,01	–	–	0,008	0,008	0,008
Азот газообразный под давлением:							
– объёмный расход, м ³ /ч	–	6000	–	–	5000	5000	5000
– объёмная доля кислорода, %	–	0,02	–	–	0,5	1	0,5
– давление, МПа	–	0,4	–	–	0,4	0,4	0,4
Азот жидкий:							
– объёмный расход, м ³ /ч	400*	200	200*	215	–	–	–
– объёмная доля кислорода, %	1	0,01	1	0,0005	–	–	–
– давление, МПа	0,4	0,25	0,4	0,35	–	–	–
Криптоноксеноновый концентрат:							
– объёмный расход, м ³ /ч	–	–	–	–	0,143	0,143	–
– объёмная доля кислорода, %	–	–	–	–	0,5	0,5	–
– давление, МПа	–	–	–	–	0,05	0,005	–

Примечание: *¹ Во втором режиме установка работает с получением жидких кислорода или азота.

В настоящее время все выпускаемые нами криогенные ВРУ разрабатываются с учётом современных конструкторских и технологических решений. В их состав входят системы предварительного охлаждения воздуха с насадочными скрубберами, очистки воздуха от примесей методом адсорбции; высокоэффективные пластинчато-ребристые теплообменники; турбодетандерно-компрессорные агрегаты для генерации холода; узел получения аргона методом низкотемпературной ректификации [2].

Информация о ВРУ технологического кислорода, выпущенных ОАО «Криогенмаш» с 2004 г., приведена в табл. 1. На рис. 1 представлена схема расположения оборудования, а в табл. 2 — массогабаритные характеристики рассматриваемых установок.

Для производства технологического кислорода в настоящее время наиболее широко применяются два типа ВРУ:

1. Традиционные ВРУ, из блоков разделения которых кислород выдаётся под давлением, близким к

Таблица 2. Массогабаритные характеристики ВРУ для получения технологического кислорода

Установка	Размеры блока разделения, м						Масса блока разделения, т	Размеры блока комплексной очистки воздуха, м			Масса блока комплексной очистки воздуха, т
	A	B	C	D	E	F		G	H	I	
КТ-12,5	10,5	4,7	23	12,5	6,6	5,6	160	16,4	8,4	12,3	82
КТА 40/30	14	12,2	21	11,7	6,5	7,6	360	13,7	17,1	11,5	261
КТА 40/30-1	14	12,2	22	12,2	6,5	7,6	335	16,7	19,9	16,5	459
КТА 40/30-3	14	12,2	21	13,2	5,5	6,8	335	18,2	17,6	17,5	258
КТА-16/18	9	7	43	24,7	5,5	6,6	283	12	10,7	10,3	129
КТД-24	12	7,5	31	21,8	5,5	6,1	282	21,4	14	18,5	224
КТД-15	11	8	20,5	13,9	5,4	6	170	11,4	12,2	10,6	129

атмосферному. Сжатие кислорода до давления, необходимого потребителю, осуществляется вне блока разделения в кислородных компрессорах.

2. ВРУ нового поколения с внутренним сжатием кислорода вырабатывают его под необходимым давлением (как правило, до 6 бар) непосредственно в блоке разделения с использованием смесевой колонны [3] или дополнительного конденсатора-испарителя. Основное преимущество таких установок — отсутствие кислородного компрессора. Построение схемы зависит от величины давления и концентрации получаемого кислорода.

Отличительная особенность рассматриваемых установок с внутренним сжатием кислорода — их построение по криогенному циклу низкого давления,

т.е. с использованием воздуха с давлением до 6 бар. Поэтому возможное давление получаемого кислорода в них ограничивается этим значением (5-6 бар). В том случае, если потребителю необходим кислород под более высоким давлением (25-30 бар), применяются ВРУ с дожимающим воздушным компрессором. Как правило, такие схемы используются для производства технического кислорода с чистотой 99,5-99,7 %.

Проанализируем схемы современных установок технологического кислорода, рассмотрим их преимущества и ограничения при использовании того или иного решения. Данная информация поможет потребителям определить наиболее оптимальный вариант установки для обеспечения технологическим кислородом своего производства.

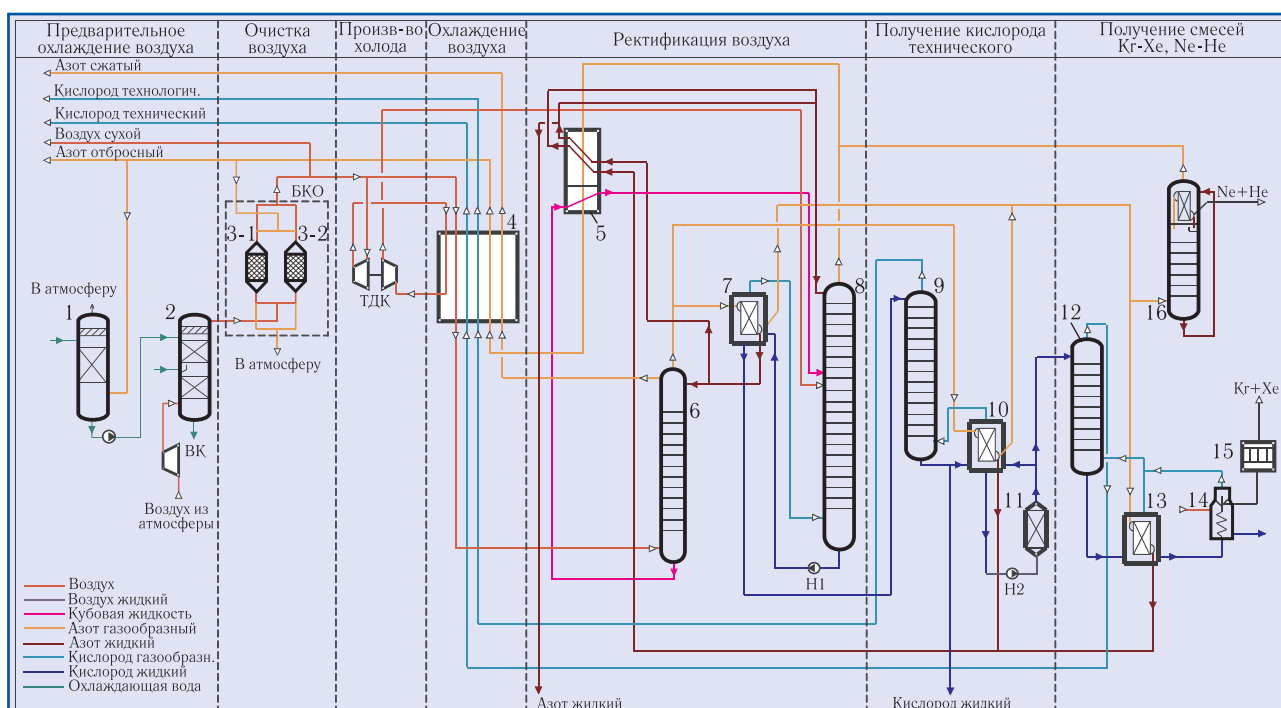
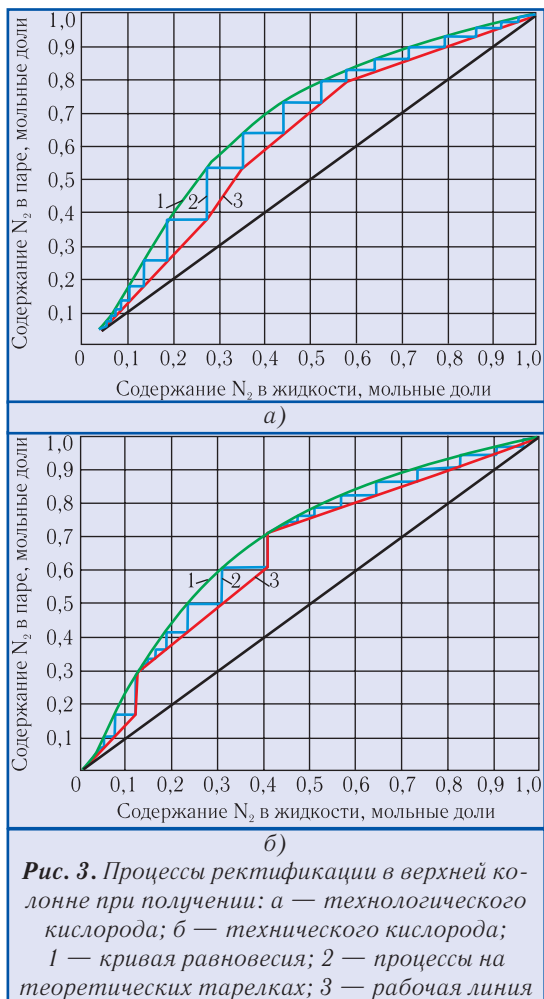


Рис. 2. Технологическая схема ВРУ типа КтА: ВК — воздушный компрессор; БКО — блок комплексной очистки; ТДК — турбодетандер-компрессорный агрегат; Н — криогенные насосы; 1 — воздушный скруббер; 2 — азотный скруббер; 3 — адсорберы 4 — основной теплообменник; 5 — теплообменник-переохладитель; 6 — нижняя колонна; 7 — конденсатор основной; 8 — верхняя колонна; 9 — колонна технического кислорода; 10 — испаритель колонны технического кислорода; 11 — адсорбер жидкого кислорода; 12 — колонна криптоновая; 13 — конденсатор криптоновой колонны; 14 — конденсатор-испаритель; 15 — испаритель; 16 — колонна отпарная

2. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА ПОД НИЗКИМ ДАВЛЕНИЕМ

Несмотря на широкое внедрение ВРУ с внутренним сжатием, установки для выдачи кислорода под низким давлением также востребованы в настоящее время. Многие предприятия имеют необходимую для этого инфраструктуру: воздушные и кислородные компрессоры, трубопроводы сжатого воздуха и кислорода низкого давления и др. Строительство ВРУ низкого давления, размещаемой на месте выводимой из эксплуатации установки, или глубокая модернизация устаревшей ВРУ с регенераторами являются существенно более дешёвым решением, чем строительство нового производства разделения воздуха.

Примером современной ВРУ технологического кислорода, построенной по криогенному циклу низкого давления, является установка КтА-40/30. Её схема приведена на рис. 2.



Детальный анализ узла ректификации ВРУ низкого давления для получения технологического кислорода изложен в [4]. Узел разделения в такой установке строится по схеме с аппаратом двукратной ректификации и вводом части потока воздуха после расширения в детандере в верхнюю колонну. В связи с боль-

шими концентрационными градиентами в верхней колонне при получении технологического кислорода, наличие аргона в перерабатываемом воздухе на эффективности процесса ректификации сказывается незначительно. Характер типичных рабочих линий процессов в верхней колонне ВРУ, предназначенной для получения технологического и технического кислорода, отражает рис. 3.

Число теоретических тарелок (ЧТТ) в верхней колонне при получении технологического кислорода составляет около 15, тогда как в случае производства технического кислорода — 35. Это связано с необходимостью ректификации в нижней части верхней колонны смеси кислород-аргон, имеющей значительно меньший коэффициент разделения, чем смесь кислород-азот.

Относительно невысокое ЧТТ, требующееся для получения технологического кислорода, позволяет снизить стоимость оборудования и уменьшить высоту блока разделения по сравнению с ВРУ, предназначенной для производства технического кислорода.

Температура кипения технологического кислорода на 1,3 К ниже, чем технического кислорода, что при одинаковой разности температур в основных конденсаторах позволяет уменьшить давление в нижней колонне на 0,5 бар. В случае использования отдельного компрессора для снабжения ВРУ воздухом это снижает потребляемую им мощность на 5 %. Для крупной ВРУ, производящей 40000 $\text{м}^3/\text{ч}$ кислорода, при стоимости электроэнергии 0,1 долл. США/кВт·ч вызванная этим экономия составит около 600000 долл. США в год. К сожалению, реальное снижение затрат энергии на получение кислорода за счёт уменьшения давления воздуха зачастую не реализуется. Объясняется это тем, что большинство установок технологического кислорода используют в качестве источника воздуха общезаводской коллектор, давление в котором существенно выше необходимого. Кроме этого, на большинстве установок, наряду с технологическим, получают и технический кислород, который и определяет более высокое необходимое давление перерабатываемого воздуха на входе в ВРУ. Поэтому реальной экономии при внедрении ВРУ технологического кислорода низкого давления удастся добиться прежде всего за счёт экономии стоимости основного оборудования блока разделения и некоторого удешевления строительства (в случае размещения оборудования на уже существующих площадях).

Современные ВРУ технологического кислорода низкого давления по сравнению с разработанными ранее обладают существенно более широкими возможностями получения жидких продуктов. Это связано как с уменьшением потерь холода из-за более компактной конструкции узла охлаждения воздуха за счёт применения теплообменников вместо регенераторов и отсутствия затрат холода на конденсацию влаги и углекислоты в регенераторах, так и с увеличенными возможностями по производству холода. В современных установках вместо детандеров применяют турбодетандер-компрессорные агрегаты (ТДК), в которых

давление на входе в детандер составляет не 6 бар, а около 9 бар. Это обуславливает расход детандерного потока, требующийся для получения той же холодопроизводительности, ниже на 30 %.

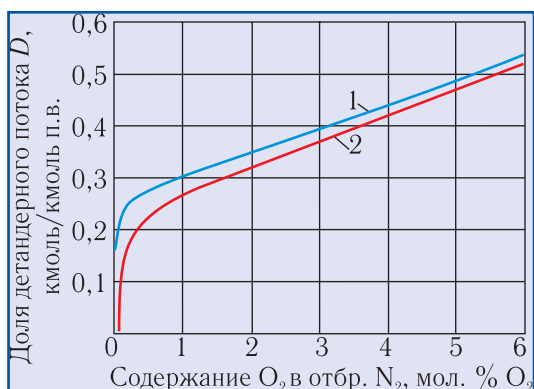


Рис. 4. Доля детандерного потока D , подаваемого в верхнюю колонну, в зависимости от содержания кислорода в отбросном азоте y_A для установок технологического кислорода ($y_K=95\%$) при числе теоретических тарелок: 1 — 20; 2 — 15

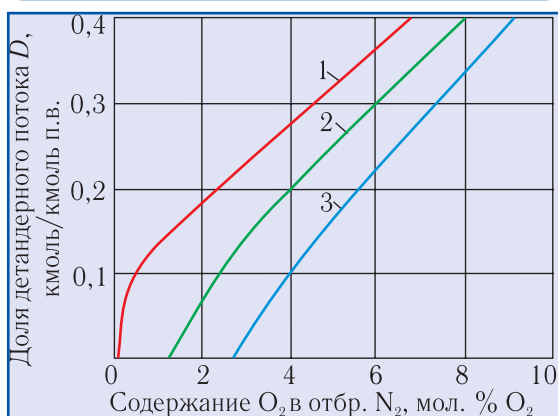


Рис. 5. Доля детандерного потока D , подаваемого в верхнюю колонну, в зависимости от содержания кислорода в отбросном азоте y_A для установок технологического кислорода ($y_K=99,5\%$) при числе теоретических тарелок: 1 — 40; 2 — 25; 3 — 20

Критерием ограничения холодопроизводительности, а следовательно и количества получаемой жидкости в установке, построенной по криогенному циклу низкого давления, является доля потока воздуха, направляемого в верхнюю колонну после расширения в детандере. Ограничения связаны со снижением коэффициента извлечения кислорода при увеличении детандерного потока, так как этот воздух исключается из процесса разделения в нижней колонне. Проведём численный анализ. На рисунках 4 и 5 приведены зависимости содержания кислорода в отбросном азоте (чем больше доля кислорода, тем ниже коэффициент извлечения) от доли детандерного потока воздуха, вводимого в верхнюю колонну, при получении технологического и технического кислорода [4]. Графики показывают, что при ЧТТ=15 в верхней колонне увеличение детандер-

ного потока до 0,2 от расхода перерабатываемого воздуха не приводит к существенному снижению коэффициента извлечения кислорода (см. рис. 4). При ЧТТ=20 детандерный поток может быть увеличен до 0,25.

Исходя из сказанного, можно заключить, что получение жидких продуктов на установках технологического кислорода (до определенного количества) не сопровождается увеличением затрат энергии на получение кислорода. Другими словами, если доля детандерного потока в установке не превышает 0,20-0,25 от количества перерабатываемого воздуха, ожижение кислорода и азота на установке производится практически без дополнительных затрат. На установке, вырабатывающей 40 тыс. м³/ч кислорода, это эквивалентно получению около 3,5 т/ч жидкого кислорода. При этом удельные затраты энергии на получение жидкого кислорода равны затратам на получение газообразного кислорода и составляют около 0,4 кВт·ч/м³.

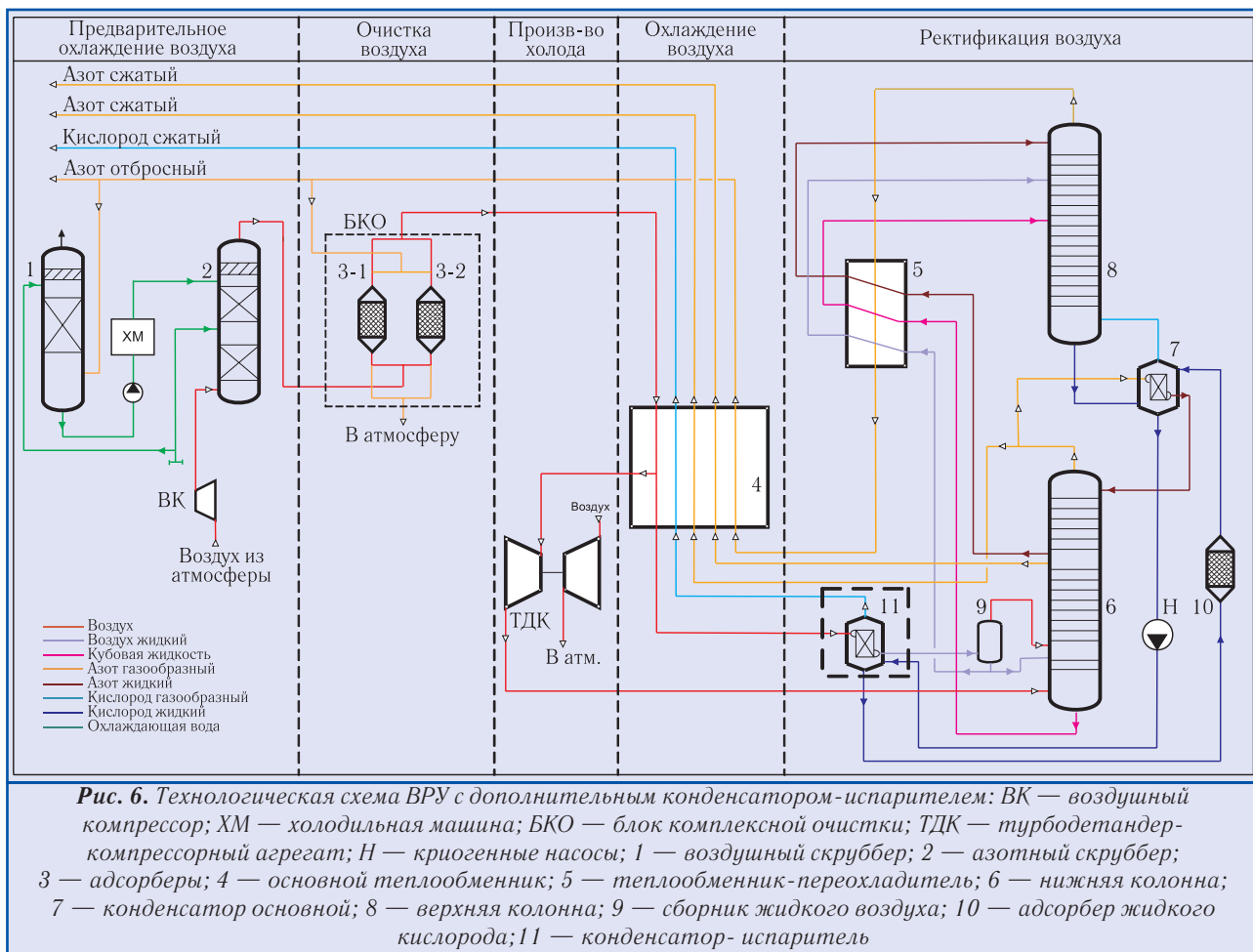
Для замены ВРУ КтК-35-3, располагавшихся внутри цехов, ОАО «Криогенмаш» разработана установка КтА-40/30, техническая характеристика которой приведена в табл. 1. Возможно также проведение модернизации существующих ВРУ типа КтК-35 [5]. Одна из установок КтА-40/30 была нами изготовлена и поставлена на Алчевский металлургический комбинат [6].

Для Среднеуральского медеплавильного завода в 2004 г. была разработана и сооружена установка Кт-12,5. Техническая характеристика установки и её массогабаритные характеристики приведены в таблицах 1 и 2.

3. УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КИСЛОРОДА ПОД ПОВЫШЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ КОНДЕНСАТОРОМ-ИСПАРИТЕЛЕМ

Для получения кислорода под небольшим избыточным давлением возможно использование схемы, приведенной на рис. 6. В данной схеме жидкий кислород, отводимый из верхней колонны, сжимается криогенным насосом. После этого он испаряется в дополнительном конденсаторе-испарителе за счёт теплоты конденсации части воздуха после основного теплообменника, нагревается и выдаётся потребителю под давлением. Данная схема позволяет получать кислород с избыточным давлением до 1,5-1,8 бар. На установках такого типа возможно получение как технологического, так и технического кислорода.

При потребности в кислороде с более высоким давлением кислорода (более 1,5-1,8 бар) для его испарения в дополнительном конденсаторе-испарителе может использоваться воздух, сжатый в компрессорной ступени ТДК или в отдельном дожимающем компрессоре. Но, как правило, такие схемы применяются для получения технического кислорода. Для производства технологического кислорода с давлением от 2 до 6 бар прибегают к схемам со смесевой колонной.



4. УСТАНОВКИ, РАБОТАЮЩИЕ СО СМЕСЕВОЙ КОЛОННОЙ

Установки со смесевой колонной позволяют получать технологический кислород с давлениями до 5-6 бар непосредственно из блока разделения. Данные установки, как и традиционные установки технологического кислорода, используют криогенный цикл низкого давления с вводом холодообразующего детандерного потока в верхнюю колонну.

В ОАО «Криогенмаш» были разработаны и изготовлены три установки, построенные по этой схеме: ВРУ КтА-16/18 для ЗАО «Северодонецкое объединение Азот» (успешно введена в эксплуатацию в мае 2008 г.); ВРУ Ктд-24 для ОАО «Среднеуральский металлургический завод», г. Ревда (стадия ПНР); ВРУ Ктд-15 г. для АО «Казцинк», г. Усть-Каменогорск (завершение монтажа).

На рис. 7 изображена технологическая схема установки Ктд-24. Особенности схемы ВРУ со смесевой колонной на примере установки КтА-16/18 подробно рассмотрены в [3].

Принципиальное отличие в построении технологической схемы ВРУ со смесевой колонной от традиционной установки технологического кислорода низкого давления заключается в том, что дополнительно к нижней и верхней колоннам в схему включена ещё одна колонна, работающая под давлением (смесевая колонна). Именно в ней и получается технологический

кислород под давлением, необходимым потребителю.

Процесс в этой колонне часто называют «обратной ректификацией». Если в процессе обычной ректификации пар, поднимающийся по колонне, обогащается низкокипящим компонентом (азотом), то при «обратной ректификации» поднимающийся пар обогащается высококипящим компонентом (кислородом), а стекающая жидкость — азотом. По своей сути — это процесс не разделения (ректификации), а смешения (обратная ректификация), поэтому и колонну, в которой этот процесс реализуется, называют смесевой.

Принцип «обратной ректификации» впервые был предложен фирмой «Air Liquide» в 1977 г. [7]. Но в установках ОАО «Криогенмаш» реализованы собственные оригинальные решения, существенно повышающие эффективность установки (при получении технологического кислорода до давления 4 бар и особенно при необходимости производить значительное количество газообразного азота под давлением нижней колонны).

Рассмотрим схему смесевой колонны, в которой происходит «обратная ректификация» (см. рис. 8). На смешение в смесевую колонну, работающую под давлением 3...6 бар (в зависимости от давления, необходимого потребителю), подаются:

- Сверху (орошающий поток) жидкий кислород $K_{ж}^{BK}=97...98\%$ из верхней колонны с помощью криогенного насоса.
- Снизу паровой поток П, для подачи которого

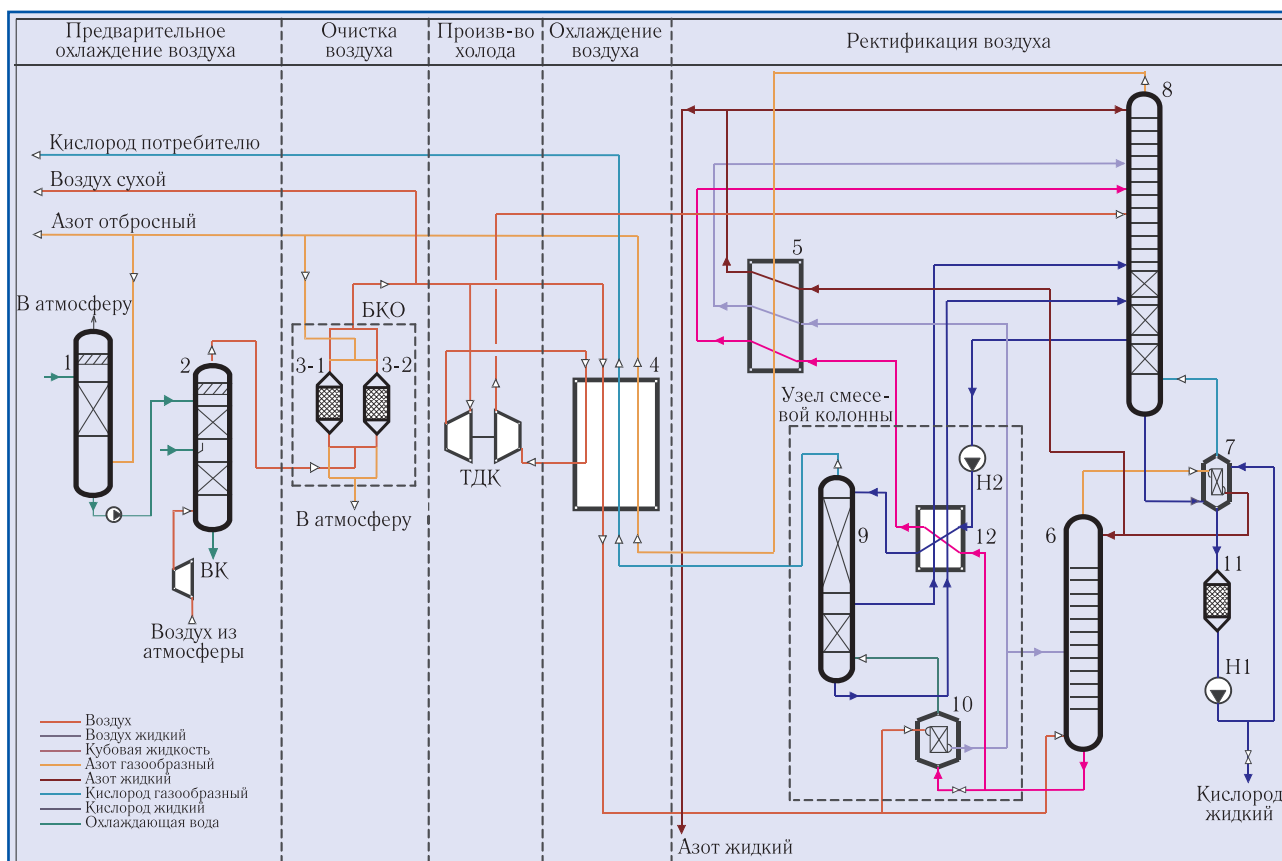
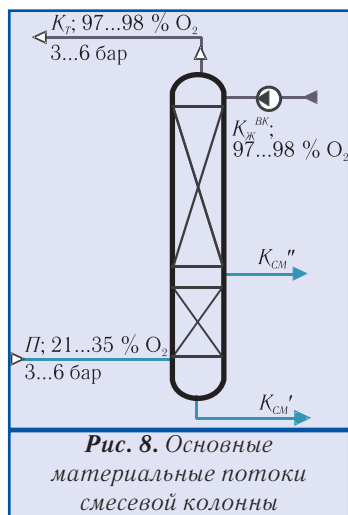


Рис. 7. Технологическая схема ВРУ со смесевой колонной: ВК — воздушный компрессор; БКО — блок комплексной очистки; ТДК — турбодетандер-компрессорный агрегат; Н1, Н2 — криогенные насосы; 1 — воздушный скруббер; 2 — азотный скруббер; 3 — адсорберы; 4 — основной теплообменник; 5, 12 — теплообменники-перехладители; 6 — нижняя колонна; 7 — конденсатор основной; 8 — верхняя колонна; 9 — колонна смесевая; 10 — испаритель колонны смесевой; 11 — адсорбер жидкого кислорода

могут быть использованы два варианта.



Это может быть воздух после основного теплообменника (как в зарубежных аналогах) с содержанием кислорода 21 % или газифицированная жидкость из нижней колонны (как в установках ОАО «Криогенмаш») с содержанием кислорода 30-35 %

Поднимаясь по колонне, пар обогащается кислородом до 95...96 %.

Сверху колонны отбирается газообразный про-

дукционный кислород K_T , а из куба и из середины колонны выводится жидкость, обогащённая азотом, которая возвращается в верхнюю колонну.

Смесевая колонна позволяет обеспечить подачу в основной теплообменник газообразного кислорода под давлением, исключить кипение кислорода в теплообменнике, а, следовательно, и дожимающий компрессор.

Использование в качестве парового питания смесевая в качестве парового питания смесевой колонны газифицированной кубовой жидкости в установке КтА-16/18 дало возможность повысить эффективность установки по сравнению с зарубежными аналогами на 11 %.

Увеличение эффективности связано с тем, что весь воздух подаётся на разделение в нижнюю и верхнюю колонны. В установках зарубежных производителей воздух, поступающий в смесевую колонну, исключается из процесса разделения в верхней и нижней колоннах. Это приводит к снижению орошения верхней колонны, увеличению содержания кислорода в отбросном азоте, а, следовательно, и к снижению коэффициента извлечения.

На рис. 9 представлены процессы обратной ректификации в смесевой колонне при продувке смесевой колонны воздухом или парами кубовой жидкости. В отличие от обычной ректификации рабочая линия обратной ректификации, как следует из рис. 9,а, располагается не под кривой равновесия, а над ней.

Увеличение давления производного кислорода в ВРУ со смесевой колонной и с дополнительным конденсатором-испарителем по сравнению с установкой низкого давления достигается практически без увеличения удельных затрат энергии на получение кислорода. Если при выполнении сравнения учитывать исключение затрат энергии на сжатие кислорода в компрессоре, то эти установки являются более эффективными. Уменьшение удельных затрат энергии связано с уменьшением потерь за счёт снижения концентрационных напоров в колоннах. Это сопровождается увеличением числа теоретических тарелок и высоты колонн. Стоимость оборудования установки с внутренним сжатием меньше, чем суммарная стоимость традиционной установки кислорода низкого давления и кислородного компрессора (тем более с учётом необходимости его резервирования). Поэтому при строительстве нового производства продуктов разделения воздуха предпочтение следует отдавать современной установке с внутренним сжатием кислорода.

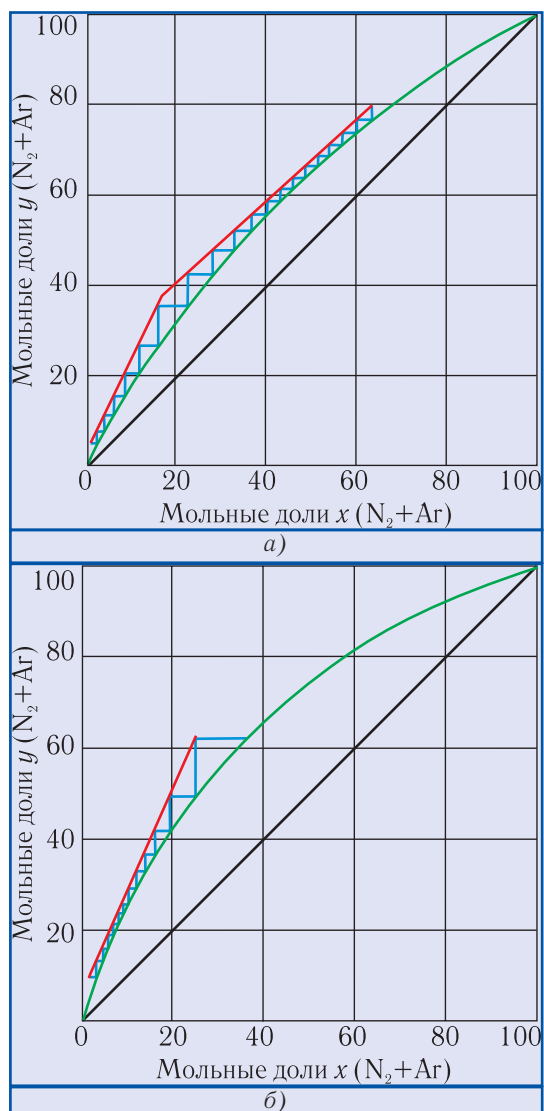


Рис. 9. Процессы обратной конденсации в смесевой колонне: а — при вводе воздуха с давлением 6 бар; б — при вводе паров кубовой жидкости с давлением 3 бар

5. ПОЛУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА, АРГОНА, АЗОТА И РЕДКИХ ГАЗОВ НА УСТАНОВКАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КИСЛОРОДА

В установках технологического кислорода концентрации аргона на тарелках верхней колонны минимальны. Для извлечения аргона в них требуется получать технический кислород, а затем смешивать его с воздухом для получения кислорода требуемой концентрации. В настоящее время установки для получения технического кислорода широко распространены, и поэтому получение аргона при производстве технологического кислорода можно признать нецелесообразным.

Установки для производства технологического кислорода под низким давлением могут производить до 1/3 технического кислорода за счёт включения отдельной колонны технического кислорода. В остальных установках также возможно добавление колонны технического кислорода и получение кислорода с чистотой 99,5 % в жидком виде или под давлением 20 МПа для заправки в баллоны.

Для получения продуктов разделения под давлением 20 МПа (для наполнения баллонов) наше предприятие предлагает размещение в составе блока разделения воздуха поршневого насоса и теплообменника для нагрева продукта. Нагрев производится за счёт охлаждения части прямого потока воздуха. Производительность насоса может составлять около 100 $\text{м}^3/\text{ч}$ или 500 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Крупные установки для производства технологического кислорода могут быть оснащены узлом получения первичного криптоксенонового концентрата и неонгелиевой смеси. Несмотря на увеличение стоимости ВРУ, получение редких газов позволяет существенно снизить срок окупаемости оборудования.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ характеристик ВРУ технологического кислорода нашего производства позволяет сделать следующие выводы:

1. Замена выводимых из эксплуатации ВРУ низкого давления на аналогичные ВРУ нового поколения или модернизация старых ВРУ может оказаться более выгодным решением, чем строительство нового цеха разделения воздуха.
2. Установки для получения технологического кислорода под низким давлением позволяют получать небольшие количества жидких продуктов с минимальными дополнительными затратами энергии.
3. Установки для получения технологического кислорода под давлением имеют более высокую эффективность по сравнению с традиционными ВРУ за счёт уменьшения концентрационных напоров в колоннах.
4. Получение аргона на ВРУ технологического кислорода следует считать нецелесообразным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Криогенное оборудование. Каталог. Издание 3-е,

исправленное и дополненное. — М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1985 г.

2. Скородумов Б.А., Карпов В.Н., Писарев Ю.Г. Воздухоразделительные установки нового поколения// Технические газы. — 2002 — № 4. — С. 23-30.

3. Писарев Ю.Г., Тарасова Е.Ю., Ляпин А.И. Характеристики воздухоразделительной установки нового поколения, введённой в эксплуатацию в ЗАО «Северодонецкое объединение Азот»// Технические газы. — 2008. — № 5. — С. 31-37.

4. Наринский Г.Б. Ректификация воздуха. — М.: Ма-

шиностроение, 1978. — 248 с.

5. Модернизация находящихся в эксплуатации установок разделения воздуха ОАО «Криогенмаш»/ Б.А. Скородумов, В.Н. Карпов, Ю.Г. Писарев, Л.С. Проворный// Технические газы. — 2002. — № 4. — С. 42-50.

6. Лавренченко Г.К. Презентация новой ВРУ и демонстрация достижений криогенного машиностроения// Технические газы. — 2006. — № 3. — С. 2-8.

7. Patent No 4022030 USA, IPC F25J3/02. Thermal cycle for the compression of a fluid by expansion on another liquid.

ТРЕТИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СЕМИНАР

CO₂-2009



СЕМИНАР ПРОВОДИТСЯ
УКРАИНСКОЙ АССОЦИАЦИЕЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ГАЗОВ «УА-СИГМА»



ПОД ЭГИДОЙ:
— МИНИСТЕРСТВА
ПРОМЫШЛЕННОЙ ПОЛИТИКИ
УКРАИНЫ
— МИНИСТЕРСТВА
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И
ТОРГОВЛИ РФ
— ОДЕССКОЙ
ОБЛГОСАДМИНИСТРАЦИИ
— МЕЖДУНАРОДНОЙ
АКАДЕМИИ ХОЛОДА
— ОДЕССКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ ХОЛОДА

И ПРИ УЧАСТИИ:
— ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА УКРАИНЫ
ПО ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ,
ОХРАНЕ ТРУДА И ГОРНОМУ НАДЗОРУ
— ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ



Генеральный
информационный
спонсор



Секретариат оргкомитета:
а/я 271, г. Одесса-26, Украина, 65026
Тел./факс: + 38 (048) 777-00-87
E-mail: uasigma@paco.net
Http://www.uasigma.odessa.ua

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА

18–22 мая 2009 года
г. Одесса



Место проведения семинара:
гостиница «Виктория»,
расположенная в знаменитом
курортном районе
г. Одессы — Аркадии.

Условия проживания:
одноместные номера
со всеми удобствами.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:

