

УДК 621.593(083)

Г.К. ЛавренченкоУкраинская ассоциация производителей технических газов «УА-СИГМА», а/я 271, г. Одесса, Украина, 65026
e-mail: uasigma@paco.net**О ПУСКЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ КРУПНОТОННАЖНОЙ ВРУ НА ОАО «МК «АЗОВСТАЛЬ»**

Комбинатом «Азовсталь» (г. Мариуполь, Украина), входящим в тройку лидеров отраслевого рейтинга металлургических предприятий Украины, ведётся целенаправленная работа по переоснащению, реконструкции и модернизации производства. Для обеспечения существующих и создаваемых на комбинате объектов кислородом и другими газами построена и введена в строй новая крупнотоннажная воздухо-разделительная установка (ВРУ), изготовленная компанией «Air Liquide» (Франция). ВРУ-60 в основном режиме вырабатывает газообразный кислород: 20 тыс. м³/ч — низкого давления и 40 тыс. м³/ч — высокого давления. Она производит также газообразный и жидкий азот, жидкий аргон и газовые смеси редких газов Ne-He и Kr-Xe. В установке использованы современные схемы и конструкции, а также ряд оборудования, производимого ведущими зарубежными компаниями. Введённая в строй ВРУ-60 решит проблему надёжного обеспечения кислородом крупных потребителей доменного и конвертерного производств комбината.

Ключевые слова: Металлургия. Кислород. Азот. Аргон. Воздухоразделительная установка. Компрессор. Турбодетандер. Ректификация. Жидкие криопродукты. Ne-He-смесь. Kr-Xe-концентрат.

G.K. Lavrenchenko**ABOUT PUTTING INTO OPERATION OF TONNAGE AIR SEPARATION PLANT ON PUBLIC JOINT STOCK COMPANY «AZOVSTAL IRON AND STEEL WORKS»**

«Azovstal Iron and Steel Works» (Mariupol, Donetsk region, Ukraine) which is included in the three of leaders in branch rating of the metallurgical enterprises of Ukraine, conducts the purposeful work on reequipment, reconstruction and modernizations of manufacture. A new tonnage air separation plant (ASP) made by the company «Air Liquide» (France) is constructed and put into operation for maintenance by oxygen, and other gases of created objects at factory. At basic mode ASP-60 develops the gaseous oxygen: 20 thousand m³/h of low pressure and 40 thousand m³/h of high pressure. It makes also gaseous and liquid nitrogen, liquid argon and gas mixtures of pure gases Ne-He and Kr-Xe. The modern circuit and constructive decisions and also a number of the equipment made by the leading foreign companies are used in plant. Putting into operation ASP-60 will solve a problem of reliable maintenance by oxygen of large consumers of domain and converter manufactures of factory.

Keywords: Metallurgy. Oxygen. Nitrogen. Argon. Air separation plant. Compressor. Turbo-expander. Rectification. Liquid cryoproducs. Ne-He-mixture. Kr-Xe-concentrat.

1. ВВЕДЕНИЕ

Продукты разделения воздуха, такие как кислород, азот, аргон, широко используются в современных металлургических технологиях. Поэтому кислородные производства являются неотъемлемой и крайне важной частью предприятий чёрной металлургии.

Несмотря на это, в начале нынешнего века состояние имеющихся воздухо-разделительных установок (ВРУ), производящих для металлургической отрасли

Украины кислород и другие газы, вызывало серьёзное беспокойство [1]. Так, на 10-ти ведущих комбинатах эксплуатировались 32 крупнотоннажные ВРУ, из которых 28 на то время исчерпали назначенный нормативный срок работы. Сложившаяся ситуация в криогенном комплексе отрасли была обусловлена многими причинами: и кризисными явлениями в экономике, и изменением форм собственности предприятий, и отсутствием достаточных объёмов свободных средств, необходимых для переоснащения, в первую очередь,

основных производств. На этом этапе металлурги старались поддерживать работоспособность существующих ВРУ. Для этого проводили их обследования, организовывали, если требовалось, ремонты и другое, что давало возможность официального продления сроков эксплуатации. Но одновременно с этим на предприятиях начали заниматься также и модернизацией некоторых из работающих ВРУ. В качестве примера назову успешно проведённую специалистами ОАО «Криогенмаш» модернизацию ВРУ, которая после этого стала именоваться КАР-30М1, на горно-металлургическом комбинате «Криворожсталь» [2].

Наряду с этим, металлургические предприятия стали изучать возможность приобретения новых современных ВРУ. Ими рассматривались предложения таких известных в мире компаний, как ОАО «Криогенмаш», «Air Liquide» и «Linde». Выбор в пользу ОАО «Криогенмаш» часто делался с учётом того, что, во-первых, ВРУ этого предприятия очень хорошо зарекомендовали себя во время длительной их эксплуатации в Украине, во-вторых, ОАО «Криогенмаш» остаётся лидером криогенного машиностроения в России и странах СНГ. Этим предприятием в последние годы были изготовлены и введены в строй в Украине несколько крупнотоннажных установок нового поколения для комплексного разделения воздуха. Назову некоторые из них: ВРУ КТА-40/30-1 — для ОАО «Алчевский металлургический комбинат» [3]; ВРУ АКАР-40/35-4 — для ОАО «Днепропетровский металлургический комбинат» [4]; КТА-16/18 — для ЗАО «Северодонецкий Азот» [5].

Потребляя значительные объёмы кислорода и других газов, металлурги обращают внимание на основные показатели ВРУ. К ним, прежде всего, следует отнести: уровень обеспечиваемых установкой удельных затрат энергии на производство продуктов разделения воздуха; получение их в нужных состояниях (газовом или/и жидкостном), с необходимой чистотой и при требуемых давлениях; возможность изменения количества перерабатываемого воздуха относительно его номинального расхода без существенного роста удельных затрат; высокий уровень автоматизации и компьютеризации; высокие надёжность и безопасность.

Кроме этого, при подготовке технического задания формулируются и другие требования, учитывающие особенности производства, для которого создаётся ВРУ. К ним относится, например, состав перерабатываемого воздуха. В большинстве случаев он оказывается далеко неидеальным на предприятиях чёрной металлургии. Если же обратиться к Мариупольскому металлургическому комбинату «Азовсталь» (см. фото 1), о работе которого по развитию производства продуктов разделения воздуха пойдёт разговор в этой статье, то подлежащий ожижению и затем разделению в ВРУ воздух там существенно «осложнён» высокой влажностью и присутствием в нём морских солей. И это неудивительно, ведь ВРУ по проекту должна была строиться на той части территории комбина-

та, которая примыкает вплотную к Азовскому морю. Но такое расположение ВРУ, правда, даёт возможность экономить на пресной воде, используя для охлаждения её оборудования морскую воду.

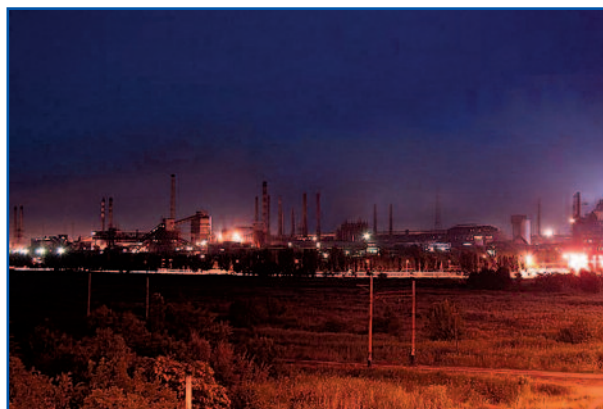


Фото 1. Впечатляюще выглядит ночная панорама комбината

В ходе разработки предложений обосновывалась также и высокая производительность ВРУ. Обычно это непростая задача, так как приходится принимать во внимание многие факторы. С одной стороны, удельные затраты на получаемый кислород снижаются с ростом производительности установки, уменьшается при этом её стоимость. В публикации [6] указывается, что ВРУ, производящая 60 тыс. м³/ч кислорода, как минимум, на 10 % дешевле двух кислородных установок, каждая из которых вырабатывает по 30 тыс. м³/ч продукта. С другой же стороны, на комбинате для ВРУ большой производительности должны быть крупные постоянно использующие весь производимый кислород потребители. На МК «Азовсталь» такими являются мощные доменное и кислородно-конвертерное производства.

С учётом этих и ряда других факторов комбинат в качестве разработчика, изготовителя и поставщика крупнотоннажной ВРУ-60 избрал французскую компанию «Air Liquide». Подобные три её установки уже работают на МК им. Ильича (г. Мариуполь), на металлургических предприятиях Запорожья и Алчевска. Сейчас к пуску готовится ещё одна такая же ВРУ в Алчевске.

В настоящей публикации рассмотрим особенности ВРУ-60, презентация которой состоялась ещё в ноябре прошлого года на МК «Азовсталь». Охарактеризуем также и сам комбинат, являющийся одним из крупнейших производителей стали и проката в Украине.

2. ОЗНАКОМЛЕНИЕ С НОВОЙ ВРУ И ДОСТИЖЕНИЯМИ КОМБИНАТА

МК «Азовсталь» представляет собой современное высокотехнологичное предприятие, производящее широкий спектр продукции: чугун передельный, слябы, сортовой и фасонный прокат, рельсы железнодорожные, рельсовые скрепления, квадратная за-

готовка, толстый лист, кокс металлургический, продукция из шлака металлургического производства.

Комбинат находится в тройке лидеров отраслевого рейтинга металлургических предприятий Украины по производству чугуна, стали и проката. Его мощности позволили в 2007 г. выработать 5,442 млн. т чугуна, 6,327 млн. т стали, в том числе конвертерной 4,4 млн. т, 5,612 млн. т проката, до 285 тыс. т рельсовых скреплений и 170 тыс. т помольных шаров. Вся эта продукция сертифицирована ведущими мировыми классификационными обществами по стандарту ISO 9001:2000, ДСТУ ISO 9001-2001 и спецификации АРТ Срес Q1.

Он входит в Группу «Метинвест», которой управляет компания ООО «Метинвест Холдинг». Высокую значимость комбината в указанной Группе подтверждают такие показатели: им выпускается около 65 % товарного проката, 70 % чугуна и 70 % стали; всё это обеспечивает 30 % в общей прибыли [7].

Но эти показатели намечено превзойти в ближайшее время. Стратегическая цель МК «Азовсталь» — достичь производства 8 млн. т в год высококачественной стали. Для этого проводится коренная реконструкция и модернизация производственных мощностей доменного производства; ведётся постепенная замена мартеновского производства стали на конвертерное; в дополнение к существующим трём двухручьевым слябовым машинам непрерывного литья заготовки (МНЛЗ) криволинейного типа в мае 2008 г. введена в эксплуатацию новая МНЛЗ и комплекс внепечной обработки стали, включающий вакууматор и две установки «печь-ковш»; намечена модернизация прокатного производства, а именно стана 3600, со строительством нового стана по производству 5,6 млн. т в год горячекатаного рулона и мн. др. Достижение рубежа в 8 млн. т годового выпуска стали сдерживалось на комбинате дефицитом кислорода. Его выработки, которая обеспечивалась четырьмя имеющимися на комбинате криогенными блоками КАР-30, явно не хватало для достижения намеченной стратегической цели.

Теперь понятно, почему стремились побыстрее ввести в строй новую крупнотоннажную ВРУ! Ведь без достаточного количества кислорода невозможно было реализовать поистине грандиозные планы. Эту проблему решала новая установка, способная производить одновременно 40 тыс. м³/ч кислорода высокого давления и 20 тыс. м³/ч кислорода низкого давления.

Торжественный митинг, посвящённый этому событию, состоялся 01.11.2007 г. В нём участвовали работники комбината и многочисленные гости. С приветствиями к присутствующим обратились те, кто более всех был к этому причастен (фото 2). «Воздухоразделительная установка — одно из звеньев масштабной цепочки запуска стратегически важных объектов конвертерного производства. В комплексе они позволят нам достичь поставленных целей как в рамках «Азовстали», так и всей Группы «Метинвест», — отметил в своём выступлении на митинге генеральный директор комбината *Дмитрий Лившиц*. — Комбинат ежегодно инвестировает

десятки миллионов долларов в техническое переоснащение производства. Реализация этих проектов обеспечивает высокое качество нашей продукции и даёт значительный экономический эффект» [8].



Фото 2. Торжественный митинг открыл генеральный директор ОАО «МК «Азовсталь» *Дмитрий Лившиц*. Затем выступили (слева направо) Мариупольский городской голова *Юрий Хотлубей*, первый заместитель председателя Донецкой облгосадминистрации *Сергей Дергунов*, народный депутат Украины *Алексей Белый*, директора горнорудного отделения и отделения стали и проката ООО «Метинвест Холдинг» *Александр Вилкул* и *Игорь Корытько*



а)



б)

Фото 3. Центральный вход в здание, где находится основное оборудование ВРУ-60 (а), и вид нового производства продуктов разделения воздуха со стороны Азовского моря (б)

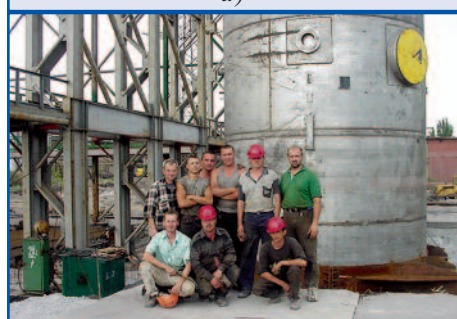
В день презентации накануне митинга работники комбината, чтобы наглядно продемонстрировать свою

приверженность принципам защиты окружающей среды, посадили 10 деревьев на его производственной территории.

Новая ВРУ-60 размещена в отдельно стоящем



а)



б)

Фото 4. Моменты монтажа колонн среднего K01/E02 (а) и низкого K02/K03 (б) давлений ВРУ-60

здании (фото 3). Фактически на её базе комбинатом создано современное высокоэффективное производство продуктов разделения воздуха для подачи кислорода и азота потребителям под необходимыми давлениями, а также наработки и хранения жидких криопродуктов, например, кислорода, азота и аргона. Но не так давно на этом месте только начинались строительные-монтажные работы (фото 4).

Сооружение установки повлекло за собой значительный объём работ по развитию инфраструктуры комбината, приобретению и запуску в эксплуатацию дополнительного современного оборудования, например, крупной воздушной турбокомпрессорной установки ТКА-3000 № 1 ТЭЦ [8].

3. ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВРУ-60

В ВРУ-60 использованы наиболее эффективные схемные и конструктивные решения. На рис. 5 представлена существенно упрощённая технологическая схема установки. Рассмотрим особенности схемы, приведём некоторые показатели ВРУ-60 при эксплуатации её в основных режимах.

Воздух, насыщенный влагой, с температурой 50-70 °С из воздушного коллектора комбината подаётся во влагоотделитель F03. Затем он проходит систему предварительного охлаждения воздуха (СПОВ). В СПОВ (фото 6) имеется воздушно-водяной теплообменник C01E, который является первой ступенью предварительного охлаждения воздуха. Вода для охлаждения воздуха подаётся одним из двух насосов —

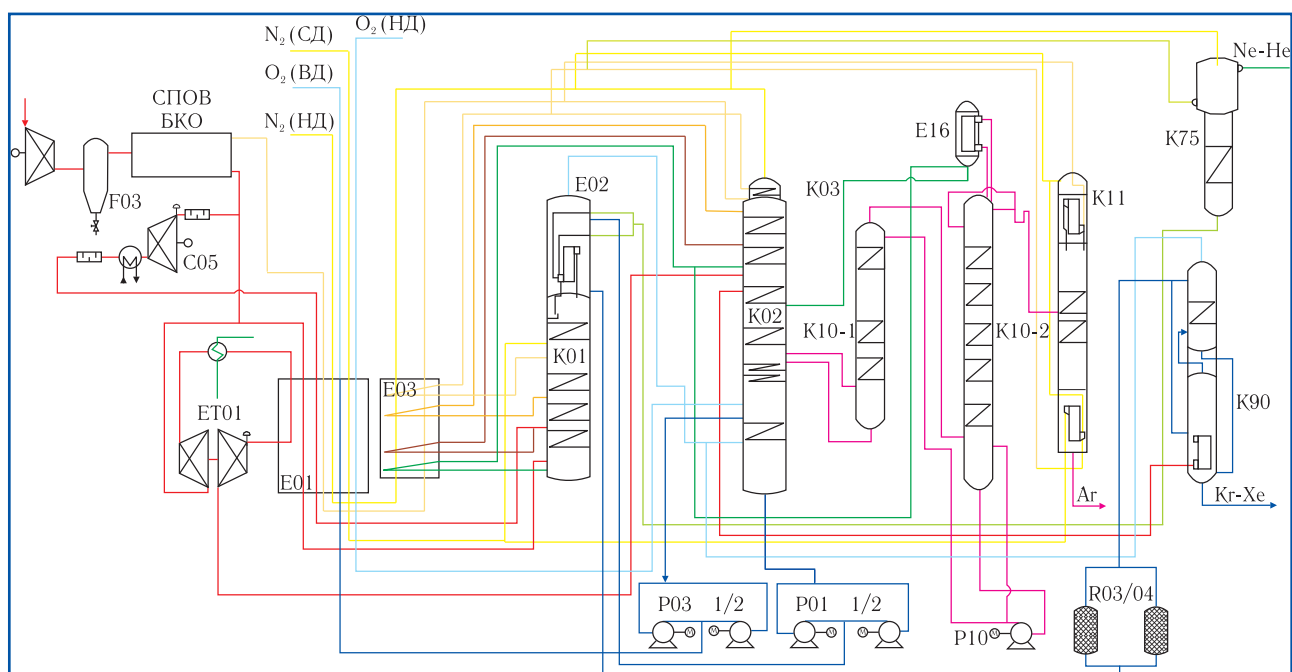


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема ВРУ-60: F03 — влагоотделитель; СПОВ — система предварительного охлаждения воздуха; БКО — блок комплексной очистки воздуха; C05 — бустер-компрессор; E01 — турбодетандер-компрессорный агрегат; E01 — теплообменник основной; E03 — переохладитель; K01, K02 — колонны нижняя и верхняя; E02 — конденсатор основной; K03 — колонна чистого азота; P01-1, P01-2 — насосы циркуляционные центробежные; P03-1, P03-2 — насосы центробежные кислорода высокого давления (25 бар); K10-1, K10-2 — колонны сырого аргона; P10 — насос циркуляционный колонны сырого аргона; K11 — колонна чистого аргона; E16 — конденсатор колонны сырого аргона; K90 — колонна получения Kr-Xe-концентрата; R03, R04 — адсорберы жидкого кислорода; K75 — колонна получения Ne-He-смеси

Р63-1 или Р63-2. Влага, конденсирующаяся из воздуха в результате его охлаждения, дренируется через автоматический водяной сифон. Воздушно-водяной теплообменник Е07 — вторая ступень охлаждения. В нём воздух охлаждается до температур 10-16 °С более холодной водой. Вода подаётся из испарителей четырёх холодильных машин Х60-1, Х60-2, Х60-3 и Х60-4 *).



Фото 6. Размещение СПОВ с воздушно-водяными теплообменниками С01Е и Е07 в машинном зале ВРУ-60

С температурой 10-16 °С воздух поступает в узел блока его комплексной очистки, состоящий из двух поочерёдно работающих адсорберов R01 и R02 (фото 7). В адсорберах происходит очистка воздуха от влаги, углекислоты и части углеводородов. Адсорберы заполнены активированным оксидом алюминия (алюминатом) и молекулярными ситами. Аллюминат задерживает влагу, а молекулярные сита — CO₂. Это позволяет в течение нормативного срока эксплуатации установки не проводить замену адсорбента. Следовательно, данная схема очистки более надёжна, чем применяемая некоторыми производителями криогенного оборудования однослойная адсорбция.



Фото 7. Блок комплексной очистки воздуха с двумя адсорберами R01 и R02

Регенерация адсорберов обеспечивается частью потока отбросного азота, поступающего из основных

теплообменников Е01. В случае, когда холодный блок не находится в работе, либо отбросного азота недостаточно для регенерации, используют сухой воздух, выходящий из находящегося в работе адсорбера R01 или R02. Тепло, необходимое для обеспечения регенерации, производится электронагревателем Е08. Он, конечно, более энергоёмкий по сравнению с паронагревателем, но технологически значительно надёжнее.

Большая часть воздуха из адсорберов R01 или R02 с давлением 5,2 бар подаётся в основные теплообменники Е01, где охлаждается до температуры -165 °С и поступает в нижнюю колонну К01 на ректификацию. Другая часть воздуха (в количестве 23000-30000 нм³/ч) с давлением 5,2 бар направляется в бустер-компрессор турбодетандера ЕТ01С для дожатия до 8-9 бар. После охлаждения в водяном теплообменнике ЕТ01СЕ до температуры 30-40 °С эта часть воздуха поступает в основной теплообменник Е01. Там она охлаждается до температуры -95...-120 °С, выводится из средней части теплообменника и подаётся в турбодетандер ЕТ01. В турбодетандере воздух расширяется до давления 0,5-0,6 бар и с температурой -175 °С направляется в верхнюю колонну К02 на ректификацию.

Ещё одна часть воздуха в количестве 50000-60000 нм³/ч из адсорберов R01 или R02 подаётся в бустер-компрессор С05 (фото 8), где сжимается до 54 бар и затем с температурой 30-40 °С поступает также в основной теплообменник Е01. В процессе теплообмена с выходящими из блока разделения потоками и кипящим под давлением 25 бар кислородом эта часть воздуха охлаждается в теплообменнике Е01 до температуры -175 °С и через дроссельный вентиль в жидком виде с давлением 5 бар подаётся в отделитель жидкости V03, где жидкий воздух разделяется на два потока: часть жидкости уходит в нижнюю колонну на ректификацию, а оставшаяся часть (примерно 50 %) — отводится на ректификацию в верхнюю колонну К02.



Фото 8. Внешний вид бустер-компрессора С05

Блок разделения воздуха включает в себя следующие аппараты и машинное оборудование: нижняя колонна К01, верхняя колонна К02, К03, основной конденсатор Е02, переохладитель Е03, основной тепло-

*) На упрощённой схеме (см. рис. 5) не изображён ряд её конструктивных элементов, например, холодильные машины.

обменник E01, отделители жидкости V02, V03, V04, V09, транспортные кислородные насосы P01-1, P01-2, производственные кислородные насосы для выдачи кислорода высокого давления P03-1, P03-2, турбодетандерный агрегат.

Кроме этого, установка включает в себя дополнительные узлы разделения для получения технического аргона, чистого аргона, неонгелиевой смеси и криптоноксенонового концентрата.

3.1. Узел технического аргона

Для производства технического аргона используются разрезная ректификационная колонна K10, конденсатор технического аргона E10, отделитель жидкости V10, транспортный аргоновый насос P10.

В первой части разрезной колонны K10 (колонна K10-1) происходит основная отмывка аргона от кислорода. Во второй части колонны K10 (K10-2) выполняется тонкая очистка аргона от кислорода. В качестве паров в колоннах K10-1 и K10-2 применяется газообразная аргоновая фракция, отбираемая из верхней колонны K02. Движение паров в колоннах K10-1, K10-2 обеспечивается конденсатором E10: в одной его полости кипит кубовая жидкость под давлением примерно 0,85 бар, а в другой — конденсируется аргон под давлением около 0,45 бар. Жидкий аргон в количестве 850-1200 м³/ч подаётся в колонну чистого аргона, а основная его часть используется для орошения колонн K10-2 и K10-1. Подача жидкого аргона из колонны K10-2 в колонну K10-1 осуществляется с помощью аргонового насоса P10.

Установка позволяет получать аргон с концентрацией кислорода в нём не более 0,0002 % и с содержанием азота не более 1 %.

3.2. Узел чистого аргона

В этот узел входят колонна чистого аргона K11 и встроенные в неё нижний и верхний конденсаторы E15 и E16, соответственно.

В колонне K11 производится очистка технического аргона от азота. В среднюю её часть подаётся жидкий технический аргон. В нижнем конденсаторе E15 образуются пары для работы колонны K11. Из верхнего конденсатора E16 жидкость направляется для орошения верхней части колонны K11. Конденсация аргона в верхнем конденсаторе E16 производится за счёт кипения азота под низким давлением. Кипение аргона в нижнем конденсаторе E15 осуществляется за счёт конденсации азота под средним давлением. Производственный чистый аргон выводится из нижнего конденсатора E15 в виде жидкости и подаётся в ёмкость V30 узла хранения и выдачи жидкого аргона. Концентрация кислорода в чистом аргоне — не более 0,0002 %, содержание азота в нём не превышает 0,0002 %.

3.3. Узел неонгелиевой смеси

Этот узел необходим для отдува неонгелиевой смеси из основного конденсатора E02 для обеспечения его стабильной работы, а также производства самой смеси как сырья для получения в дальнейшем

чистых неона и гелия.

Узел включает в себя ректификационную колонну K70, выполненную совместно с дефлегматором E75, и отделитель жидкости V75. В колонне K70 и в дефлегматоре E75 происходит отмывка неонгелиевой смеси от азота. В качестве паров для работы колонны используется неонгелиевая смесь, отдуваемая из основного конденсатора E02. Для орошения колонны применяют сконденсированный в дефлегматоре E75 азот. Конденсация азота в дефлегматоре E75 происходит за счёт кипения азота под низким давлением в другой его полости. Производственная неонгелиевая смесь выводится из дефлегматора в газообразном состоянии под средним давлением и выдаётся из установки для последующей переработки.

3.4. Узел криптоноксенонового концентрата

Основу узла составляют ректификационная колонна K90 и конденсатор криптоновой колонны E90. Для орошения криптоновой колонны используется жидкий кислород, отбираемый из основного конденсатора E02. Пары для реализации процесса ректификации поступают из конденсатора E90. Кипение криптоноксенонового концентрата осуществляется за счёт конденсации воздуха под средним давлением, подаваемого из нижней колонны K01. Криптоноксеноновый концентрат отбирается в жидком виде из конденсатора E90 и направляется в насос P93. Насосом концентрат сжимается до давления 4,5-5 бар. Затем он поступает в испаритель E90, где испаряется и в газообразном состоянии с температурой 45-50 °С выдаётся из установки. Это позволяет с высокой надёжностью обеспечивать взрывоопасность ВРУ в отличие от технологии получения концентрата из кубовой жидкости.

Общее представление о режимах работы ВРУ-60 и производимых продуктах даёт приводимая здесь таблица. Сразу отметим, что оптимальным, исходя из экономических показателей, является I-ый режим (см. таблицу), соответствующий полной загрузке ВРУ-60.

Режим работы ВРУ-60 при 50 %-ой загрузке отличается от проектного тем, что количество перерабатываемого воздуха уменьшается до 160000 м³/ч. В этом режиме прекращается выдача газообразного кислорода низкого давления, количество производимого кислорода высокого давления уменьшается до 30000 м³/ч и количество вырабатываемого жидкого аргона сокращается до 650 м³/ч.

В режиме работы ВРУ-60 без бустер-компрессора выдача газообразного кислорода высокого давления не производится.

Как следует из таблицы, установка предназначена для выдачи следующих продуктов разделения воздуха в газообразном состоянии: кислород технический низкого давления; кислород технический с давлением 25 бар; азот чистый среднего давления; азот чистый низкого давления; азот отбросный; аргон в заводские сети с давлением 12 бар; криптоноксеноновый концентрат; неонгелиевая смесь; сухой воздух в цеховой коллектор. Для всех газообразных продуктов предусмотрены линии сброса продуктов в атмосферу. Сброс кислорода и азота

Наименование продукции	Ед. изм.	1-ый режим (проектный)	2-ой режим (50 %)	3-ий режим (без бустер-компрессора)	4-ый режим (50 % газ и 50 % жидкость)
Газообразный кислород низкого давления	м ³ /ч МПа % об. O ₂	20000 0,01 ≥99,5	—	60000 0,01 ≥99,5	30000 0,01 ≥99,5
Газообразный кислород высокого давления		40000 3,0 ≥99,5	30000 3,0 ≥99,5	—	—
Жидкий кислород		1000 0,3 ≥99,5	1000 0,3 ≥99,5	1000 0,3 ≥99,5	20000 0,3 ≥99,5
Чистый газообразный азот низкого давления	м ³ /ч МПа ppm O ₂	20000 0,01 ≤5	20000 0,01 ≤5	20000 0,01 ≤5	20000 0,01 ≤5
Газообразный азот низкого давления	м ³ /ч МПа % об. O ₂	30000 0,01 ≤1	30000 0,01 ≤1	30000 0,01 ≤1	30000 0,01 ≤1
Газообразный азот среднего давления	м ³ /ч МПа ppm O ₂	20000 0,55 ≤5	20000 0,55 ≤5	20000 0,55 ≤5	20000 0,55 ≤5
Жидкий азот		500 0,3 ≤5	500 0,3 ≤5	500 0,3 ≤5	500 0,3 ≤5
Жидкий аргон	м ³ /ч МПа ppm (N ₂ +O ₂)	1120 0,2 ≤5	650 0,2 ≤5	900 0,2 ≤5	900 0,2 ≤5
Газообразная неонгелиевая смесь	м ³ /ч МПа % об. N ₂	6,0 0,5 ≤40	6,0 0,5 ≤40	6,0 0,5 ≤40	6,0 0,5 ≤40
Криптонксеноновый концентрат	м ³ /ч МПа % об (Kr+Xe)	90 0,015 ≥0,015	90 0,015 ≥0,015	90 0,015 ≥0,015	90 0,015 ≥0,015
Сухой воздух	м ³ /ч МПа	10000 0,5	10000 0,5	10000 0,5	10000 0,5
Перерабатываемый воздух (стандартный воздух промышленной зоны: CO ₂ ≤600 ppm, CO≤6 ppm, SO ₂ ≤0,5 мг/см ³)	м ³ /ч МПа Т, °С	320000 0,55 ≤65	160000 0,54 ≤65	320000 0,55 ≤65	320000 0,55 ≤65

в атмосферу осуществляется через глушитель S01.

Установка производит в жидком виде для потребителей кислород, азот и аргон. Однако необходимо в составе нового производства продуктов разделения воздуха создать также систему хранения и выдачи жидкого и газообразного кислорода для покрытия пиковых расходов при неравномерном режиме потребления, характерном для таких крупных металлургических комбинатов, как МК «Азовсталь».

Отдельно остановимся на технологии подачи аргона в заводские сети. Для этого он в жидком виде отбирается из ёмкости V30 насосами P33-1, P33-2, в которых сжимается до давления 12 бар. Под этим дав-

лением аргон испаряется в пароводяном испарителе и после этого в газообразном виде с температурой 40-50 °С поступает в заводские сети.

Жидкими кислородом и азотом заправляются автомобильные криогенные цистерны непосредственно из коммуникаций блока разделения. Жидкий азот выдается через криогенный трубопровод из его переохладителя E03. Криогенная линия подачи жидкого кислорода берёт начало от производственных насосов P03-1, P03-2. Выдача жидкого аргона осуществляется из ёмкости V30 с помощью насоса P30. При наличии криогенных ёмкостей для хранения продуктов разделения воздуха технологическая надёжность и объёмы производства попутной продукции могут быть увеличены.

ВРУ-60 оснащена автоматизированной системой контроля и управления (АСКУ), построенной на базе микропроцессорной техники, в том числе программируемых контроллеров Foxboro I/S Series. АСКУ выполняет сбор и обработку информации, формирование и выдачу управляющих сигналов. Пульттовая обеспечена персональными ЭВМ (фото 9), предназначенными для осуществления операторами всех функций контроля и управления в режиме диалога.

В проекте ВРУ-60 было использовано оборудование не только компании «Air Liquide», но и других ведущих зарубежных производителей. В установке применены, например, пластинчато-ребристые основные теплообменники компании «Nordon Cryogenie S.A.S.» (Франция), бустер-компрессор производительностью

62000 нм³/ч компании «Siemens» (Германия), холодильные машины компании «Trane» (Франция), криогенные центробежные насосы и насосы высокого давления для жидких криопродуктов компаний «Cryostar» (Франция) и «Cryotec» (Швейцария). Из этого перечня известных компаний можно сделать заключение о том, что «Air Liquide», внедряя в практику аутсорсинг, отдаёт предпочтение только высококачественному оборудованию.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ввод в эксплуатацию на МК «Азовсталь» новой

крупнотоннажной ВРУ-60 позволит улучшить обеспечение кислородом существующих и создаваемых сейчас объектов доменного и кислородно-конвертерного производства. Плановое суммарное производство кислорода на комбинате в 2008 г. ожидается на уровне около 1400 млн. м³. На ВРУ-60 в этом годовом балансе будет приходиться более 525 млн. м³ кислорода, т.е. 37,5 %. Установка в течение года, кроме этого, выработает 87,6 млн. м³ азота среднего давления, 569,4 млн. м³ азота низкого давления и 5,2 млн. м³ газообразного аргона среднего давления. Уже благодаря этому возможно увеличение основного производства на 15-20 %.

Современное высокоэффективное оборудование, использованное в ВРУ-60, а также заложенные в неё совершенные схемные решения позволят ей работать с высоким коэффициентом извлечения продуктов разделения. Это даёт возможность при производстве 60 тыс. м³/ч кислорода в ВРУ-60 использовать на 60 тыс. м³/ч меньше сжатого перерабатываемого воздуха по сравнению с показателями используемых сейчас блоков разделения.

Новой установкой вырабатывается исключительно ликвидная дополнительная продукция: жидкий аргон (машиностроение, сварка алюминия и нержавеющей сталей); жидкий кислород (сварка и резка металлов, строительство, медицина); жидкий азот (пищевая промышленность, сельское хозяйство, медицина); неонгелиевая смесь и криптоноксеноновый концентрат, подвергающиеся дальнейшей переработке. Чистая прибыль от реализации этой дополнительно производимой продукции достигнет 6,7 млн. грн. в год (в ценах 2007 г.).



Фото 9. Пульт ВРУ-60

Ожидаемая годовая экономия энергоресурсов после ввода в эксплуатацию ВРУ-60 составила 20 млн. грн. Общая экономическая эффективность, на самом деле, ещё выше, если учитывать снижение себестоимости основной продукции комбината за счёт использования более дешёвых энергоресурсов.

Созданное новое производство продуктов разделения воздуха даст возможность комбинату реализовать намеченные планы переоснащения, реконструкции и модернизации своего собственного многопрофильного производства, достичь на современном этапе уровня ведущих металлургических компаний Рос-

сии и СНГ. Полагаю, что это вполне по силам комбинату и управляющей компании ООО «Метинвест Холдинг». Так, ими заблаговременно ведётся подготовка к строительству ещё одной ВРУ-60, которая должна войти в строй в 2012 г. Это ещё одно современное производство улучшит обеспечение комбината кислородом и другими техническими газами, несмотря на то, что со временем будут выведены из эксплуатации исчерпавшие ресурсы две ВРУ КАР-30.

Приятно наблюдать мощный подъём комбината в преддверии его 75-летия. Напомню, что начало славной истории МК «Азовсталь» ведёт с 1933 г., когда его доменная печь № 1 выдала свой первый чугунок. В том же году был введён в эксплуатацию и мартеновский цех, ставший тогда основой создаваемого на комбинате сталелитейного производства [7].

В заключение хочется выразить слова благодарности руководству комбината, являющегося корпоративным членом Украинской ассоциации производителей технических газов, за приглашение на презентацию ВРУ-60. Следует отметить, что нашей Ассоциацией без отрыва от производства на базе Одесской государственной академии холода для комбината подготовлены высококвалифицированные инженеры по специальности «Криогенная техника и технология». Эти кадры, думаю, пригодятся комбинату в ходе освоения и эксплуатации ВРУ-60, а также реализации планов развития и дальнейшего совершенствования кислородного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лавренченко Г.К. Сокровища атмосферы: как и кому их «добывать» и как эффективно использовать?// Технические газы. — 2003. — № 2. — С. 2-8.
2. Лавренченко Г.К. Весомый вклад в обеспечение продуктами разделения воздуха металлургических технологий// Технические газы. — 2004. — № 3. — С. 3-7.
3. Лавренченко Г.К. Презентация новой ВРУ и демонстрация достижений криогенного машиностроения// Технические газы. — 2006. — № 3. — С. 2-8.
4. Лавренченко Г.К. О пуске в эксплуатацию на ДМКД новой воздуходелительной установки ОАО «Криогенмаш»// Технические газы. — 2007. — № 6. — С. 12-23.
5. Писарев Ю.Г., Тарасова Е.Ю., Ляпин А.И. Характеристики воздуходелительной установки нового поколения, введённой в эксплуатацию в ЗАО «Северодонецкий Азот»// Технические газы. — 2008. — № 5. — С. 31-37.
6. Алексеев А.Ю. Особенности современных ВРУ// Технические газы. — 2008. — № 1. — С. 41-47.
7. Устойчивое развитие: пресс-тур в связи с запуском ВРУ-60 на МК «Азовсталь». — Мариуполь-Донецк: ООО «Метинвест Холдинг», 2007. — 15 с.
8. Пресс-релиз: МК «Азовсталь» Группы «Метинвест» ввёл в эксплуатацию воздуходелительную установку ВРУ-60/01.11.2007.
9. На «Азовстали» пущен в эксплуатацию новый турбокомпрессор// Мир газов. — 2007. — Ноябрь. — Вып. 1. — С. 14.