

УДК 621.59(075.8)

С.В. ШарубинООО «Нексус Инжиниринг», ул. Греческая, 13, г. Мариуполь Донецкой области, Украина, 87515
e-mail: nexus@mariupol.net

ЭФФЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ КРИОПРОДУКТОВ

Характеристики арматуры, а также криогенных насосов и детандеров существенно сказываются на показателях криогенных систем для производства, хранения и транспортирования криопродуктов. Рассматриваются особенности и достоинства указанного оборудования, производимого корпорацией Flowserve. Большой интерес представляет шаровая криогенная арматура серий C4, C44, C51, C59, а также регулирующая арматура серий ColdFlow, ReGlob и других. Шаровая арматура серии VC44 может комплектоваться седлами и шарами с различными проходными отверстиями для обеспечения необходимых расходных характеристик. Уникальными являются многоступенчатые криогенные насосы и детандеры с электрогенераторами производства корпорации Flowserve.

Ключевые слова: Криогеника. Криопродукт. Арматура. Вентиль. Расходная характеристика. Насос для жидких криопродуктов. Жидкостный детандер-электрогенератор.

S.V. Sharubin

THE EFFECTIVE EQUIPMENT FOR PRODUCTION SYSTEMS, STORAGE AND TRANSPORTATION CRYOPRODUCTS

Armature characteristics, and also cryogenic pumps and expanders substantially affect on the indexes of the cryogenic systems for the production, storage and transportation of cryogenic products. Features and advantages of the specified equipment made by corporation Flowserve are considered. The great interest is represented by spherical cryogenic armature of series C4, C44, C51, C59, and also regulating armature of series ColdFlow, ReGlob and others. The spherical armature of series VC44 can be completed with saddles and spheres with various apertures through passage for maintenance of necessary account characteristics. Multistage cryogenic pumps and expanders with electric generators of manufacture corporation Flowserve are unique.

Keywords: Cryogenics. Cryoproducts. Armature. Valve. Metering characteristic. The pump for liquid cryogenic. Liquid expander-electric generator.

1. ВВЕДЕНИЕ

В сооружаемых и реконструируемых производствах жидких гелия и водорода, СПГ, а также продуктов разделения воздуха не обходятся без такого оборудования, как криогенные насосы, детандеры и различная криогенная арматура [1]. Арматуру и насосы также широко используют в криогенных системах хранения и транспортирования криопродуктов.

Разработчики криогенных систем при их проектировании выбирают наиболее эффективные модели выпускаемого оборудования. Обусловлено это тем, что их характеристики существенно сказываются на показателях указанных систем.

Ведущий мировой производитель насосного обо-

рудования, запорной и регулирующей арматуры корпорация Flowserve, образовавшаяся в результате слияния более чем 40 известных торговых марок, таких как IDP, Worthington, DURCO, Worcester, Kaemmer, специализируется на производстве инженерных и промышленных насосов и детандеров, регулирующих и отсечных клапанов, клапанов для атомной промышленности, прецизионных торцевых уплотнений, в том числе и для компрессорного оборудования. Корпорация имеет более чем 40-летний опыт в создании оборудования для криогенного применения.

Более подробно остановимся на рассмотрении особенностей выпускаемого корпорацией оборудования для систем производства, хранения и транспортирования криопродуктов.

2. КРИОГЕННАЯ АРМАТУРА

Корпорация производит широкий спектр регулирующей и запорной арматуры для различных областей применения: химические и нефтехимические технологические системы, пищевые производства; автомобильный транспорт, использующий в качестве моторного топлива СУГ, КПП и СПГ; комплексы по изготовлению жидких моторных топлив из природного газа (технология GTL); адсорбционные установки для некриогенного извлечения азота или кислорода из воздуха (процессы PSA и VPSA); установки для экстракции ценных компонентов из сырьевых продуктов с помощью газов со сверхкритическими параметрами (технология SCFE)[2].

По своему назначению арматура может использоваться в качестве запорной, регулирующей, переключающей, запорно-регулирующей, предохранительной, запорно-предохранительной и др.

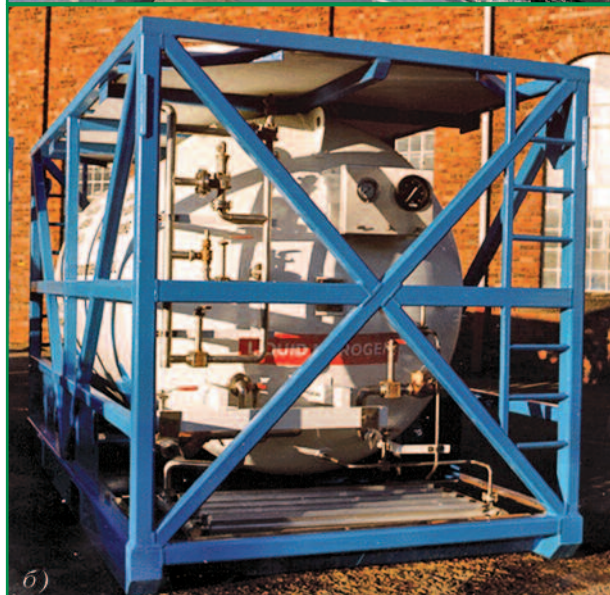
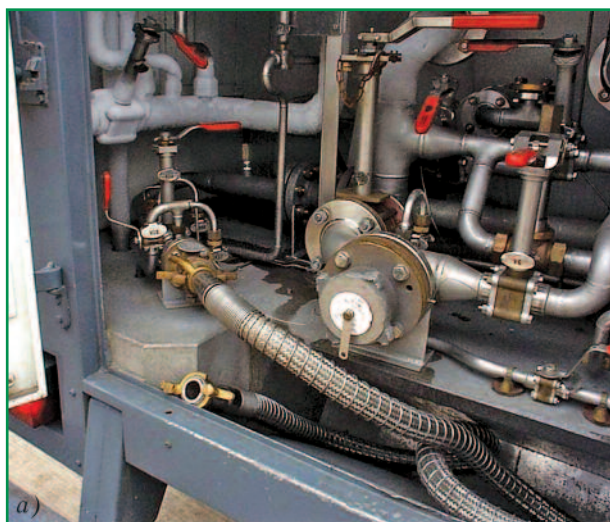


Фото 1. Арматурный отсек полуприцепа (а) и контейнер-цистерна (б), оснащённые криогенными шаровыми клапанами серии С44

Арматура, работающая в потоках жидких криоагентов, отличается рядом конструктивных призна-

ков. К ней, в большинстве своём, предъявляются специфические, обусловленные её особенностями, требования, изложенные в [3].

Широко востребованными являются выпускаемые корпорацией криогенные шаровые клапаны серий С4, С44 и С51. Клапан С44 был разработан в конце 60-ых годов прошлого века. «British Oxygen Company» ещё в то время остановила свой выбор на этом изделии как стандартном криогенном клапане для осуществления загрузки и разгрузки систем транспортирования жидких криопродуктов (контейнер-цистерны, цистерны, полуприцепы) (фото 1).

Отметим некоторые особенности клапанов этой серии: рабочие температуры — до 77 К; проходные сечения 8-50 мм; давления — до 60 бар; материалы — бронза и нержавеющая сталь; седло из материала «Polyfill», обеспечивающего малый вращающий момент; уплотнение корпуса в виде S-образной металлической прокладки, способной расширяться или сокращаться при изменениях температуры, обеспечивая стабильную герметичность клапана; герметизация штока с помощью сальника с уплотнителями, работающими при температуре окружающей среды; конструкция шара предохраняет от перепадов давлений; подготовка позволяет использовать клапан в среде кислорода.

Важными расходными характеристиками клапанов являются значения C_v и K_v . В таблице приведены эти показатели для клапанов серии С44.

Значения C_v и K_v для шаровых кранов серии С44

| Условный проход крана | | Коэффициенты расхода | |
|-----------------------|---------|----------------------|-------|
| мм | дюймы | C_v | K_v |
| 8-15 | 1/4-1/2 | 8,3 | 7,2 |
| 20 | 3/4 | 13,6 | 11,8 |
| 25 | 1 | 37,4 | 32,6 |
| 32 | 2 1/4 | 37,7 | 32,7 |
| 40 | 1 1/2 | 79,5 | 69,1 |
| 50 | 2 | 106 | 92 |

Примечания: C_v — расход — в галлонах США в минуту (US GPM), давление — в фунтах на квадратный дюйм (psi); K_v — расход — в м³/ч, давление — в барах.

Современные системы управления технологическими потоками сред невозможны без средств автоматизации. Ключевым элементом при этом является надёжная приводная регулирующая арматура. Такую арматуру корпорация создаёт на основе клапана серии VC44 с электрическим или пневматическим приводами. В этих криогенных клапанах применяются шары, а также седла со щелевым или V-образным отверстиями. На рис. 2 представлены их расходные характеристики. При их использовании можно при относительно небольшом открытии клапана обеспечить повышенный расход криоагента (кривая 1). С помощью других модификаций клапана удастся достичь линейной или равнопроцентной характеристик расхода потока (кривые 2 и 3).

Для криогенных воздухоразделительных установок

(ВРУ) корпорация Flowserve производит регулирующие клапаны нескольких серий, таких как ColdFlow, ReGlob, HpFlow в различных модификациях. Они используются в блоке разделения воздуха, где поддерживаются криогенные температуры. В течение более чем 30-ти лет корпорация поставила более 5000 клапанов ColdFlow для почти 600 ВРУ. Такие известные производители, как «Linde Group», «Air Liquide», «Air Products», «Messer», «Praxair» и «Taiyo Nippon Sanso» доверились опыту и высококачественной продукции корпорации Flowserve.

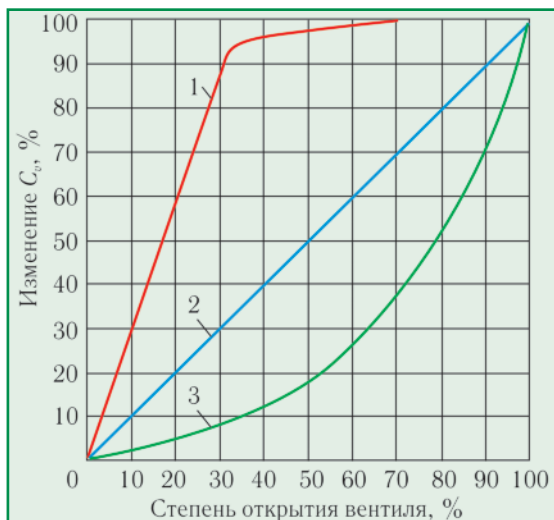


Рис. 2. Расходные характеристики шаровых вентилях: 1 — с быстро возрастающим расходом; 2 — с линейной характеристикой; 3 — с равнопроцентной



Фото 3. Внешний вид комплекса «Кантарелл» (Мексика)

Арматура и другое криогенное оборудование корпорации нашло применение при реализации трёх уникальных проектов. Первый из них — это криогенный комплекс «Кантарелл», в состав которого входят пять крупнотоннажных азотных ВРУ [4]. Их суммарная производительность 1340000 м³/ч азота с давлением 120 бар. Азот подаётся в скважины для интенсификации добычи нефти и искусственного поддержания энергии пласта на месторождении, находящемся в Мексиканском заливе. Клапаны моделей «Каемтег» установлены на всех пяти ВРУ (фото 3). Второй проект — криогенный комплекс «Shell Pearl GTL» в Катаре, который включает восемь самых

крупных в мире ВРУ, производящих 1200 т/ч жидкого кислорода. В них с успехом используется криогенная арматура моделей «Каемтег». Третий проект — это криогенный комплекс «Snohvit», сооружённый компанией «Linde AG» в Норвежском море. В комплексе нашло применение различное эффективное оборудование с маркой «Каемтег».

Специальные вентили серии «ColdFlow 241000» производятся полностью из нержавеющей стали. Они применяются в ожижителях с особо низкими температурами: гелий (−269 °С), водород (−253 °С), азот (−196 °С) и кислород (−183 °С). Вентили «Каемтег» хорошо себя зарекомендовали на ракетной базе «Ариан» и в криогенных системах, обеспечивающих состояние сверхпроводимости, а также в криостатах. Такие уникальные криогенные системы используются в научно-исследовательских центрах «CERN» (фото 4), «FZK», «DESY» и в Лаборатории Резерфорда RAL.



Фото 4. Гелиевый криостат (а) и часть криогенной гелиевой системы (б) с арматурой «Каемтег»



Фото 5. Панорама комплекса «RLH» в Катаре

В списке реализованных корпорацией Flowserve имеется ещё один крупный криогенный проект — комплекс «RLH» (Ras Laffan LHe train 1) по извлечению из природного газа гелия и его последующего ожижения (фото 5). Природный газ, подаваемый в комплекс, ожижается в семи установках для получения СПГ. Образующиеся при этом неконденсирующиеся газовые смеси содержат газообразный гелий. В дальнейшем эти смеси разделяются для извлечения гелия и его ожижения.

3. КРИОГЕННЫЕ НАСОСЫ И ДЕТАНДЕРЫ

Корпорация Flowserve производит эффективные многоступенчатые криогенные насосы в полном соответствии с требованиями стандарта API 610 последнего издания. На фото 6 изображены два типа насосов.

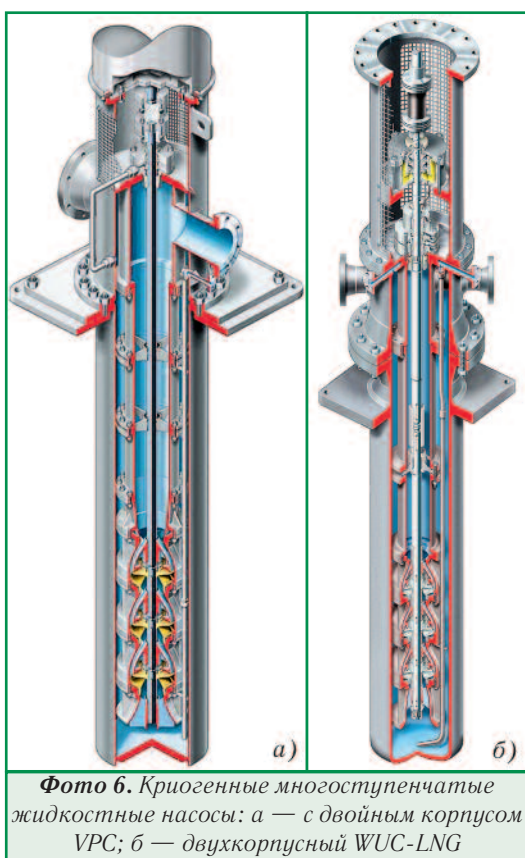


Фото 6. Криогенные многоступенчатые жидкостные насосы: а — с двойным корпусом VPC; б — двухкорпусный WUC-LNG

Насос VPC, показанный на рис. 6,а, обеспечивает конечное давление в 148 бар; может нагнетать жидкости с температурами от -46 до -200 °С; совместим с жидкими кислородом и азотом. Насос WUC-LNG (рис. 6,б) предназначен для подачи 3000 м³/ч СПГ с давлением до 200 бар.

В номенклатуре компании представлены криогенные насосы и других моделей: в вертикальном и горизонтальном исполнении, одно- и многоступенчатые; для систем производства, хранения и транспортирования СПГ и жидких криопродуктов разделения воздуха.

Большой интерес у специалистов вызывают создаваемые корпорацией Flowserve криогенные жидкостные детандеры с электрогенераторами типа VKW (с постоянной геометрией турбины) и типа TKW (с переменной геометрией турбины). В них расход детандерного потока — до 1800 м³/ч, давление входа — до 65 бар, температура среды — до -170 °С, производимая мощность — до 1750 кВт. Фото 7 даёт представление об одном из указанных детандеров и установке, в составе которой они эксплуатируются.

На основе жидкостного детандера-электрогенератора сооружают криогенные комплексы для получения СПГ. Замена процесса дросселирования в таких комплексах позволяет на 3-4 % увеличивать выход СПГ [5]. Срок окупаемости двух детандеров такого типа стоимостью 10 млн. долл. составляет 125 дней. Данная разработка корпорации Flowserve может найти широкое применение также в установках синтеза аммиака.



Фото 7. Криогенный жидкостный детандер-электрогенератор (а) и комплекс с несколькими такими детандерами-электрогенераторами (б)

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С приходом на рынок СНГ уникального оборудования корпорации Flowserve появляются новые перспективы и возможности в совершенствовании широкого ряда криогенных систем, криогенных ёмкостей для хранения и транспортирования криопродуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.** — М.: Машиностроение, 1999. — 720 с.
2. **Романенко Н.Т., Куликов Ю.Ф.** Криогенная арматура. — М.: Машиностроение, 1976. — 110 с.
3. Сайт корпорации Flowserve: www.flowserve.com
4. **Шмюкер Бернд.** Проектно-концептуальная оптимизация установок разделения воздуха// Технические газы. — 2002. — № 1. — С. 14-19.
5. **Лавренченко Г.К., Швец С.Г.** Особенности эффективного машинного оборудования установок ожижения и реконденсации природного газа// Технические газы. — 2010. — № 3. — С. 39-47.