

УДК 621.56/59

**В.Н. Дудышева, Н.В. Павлов\***

ООО «НПО Мониторинг», ул. 16-я Парковая, 26, г. Москва, РФ, 105484

\*e-mail: pavlov@monitoring-ooo.ru

**В.В. Мостовой**

ООО «НТК «Криогенная техника», ул. 22-го Партсъезда, 97, г. Омск, РФ, 644105

e-mail: info@cryontk.ru

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ КРИОГЕННЫХ ЁМКОСТЕЙ И ХОЛОДНЫХ ГАЗИФИКАТОРОВ

Транспортные и стационарные криогенные ёмкости, а также газификаторы криопродуктов пользуются высоким спросом. Для их совершенствования применяют новые конструктивные решения, более эффективные виды теплоизоляции. Показатели указанного оборудования, хорошо зарекомендовавшего себя в процессе длительной эксплуатации, можно существенно улучшить за счёт использования в нём современной арматуры и новейшей комплектации. Рассматриваются перспективные проекты модернизации наиболее распространённых моделей транспортных криогенных цистерн ЦТК и резервуаров ТРЖК, а также холодных криогенных газификаторов.

**Ключевые слова:** Транспортная криогенная цистерна. Холодный криогенный газификатор. Жидкие криопродукты. Арматура. Модернизация.

*V.N. Dudisheva, N.V. Pavlov, V.V. Mostovoy*

## MODERNIZATION OF TRANSPORT CRYOGENIC TANKS AND LOW-PRESSURE GASIFIERS

Transport and stationary cryogenic tanks, and also gasifiers of cryoproducts use by great demand. New constructive decisions and more effective kinds of heat-insulation are applies to their perfection. Parameters of the specified equipment which establish a good reputation, during long operation, is possible to improve due to use in it of modern armature and the newest complete set. Perspective projects of modernization of the most widespread models of transport cryogenic tanks and vessels, and also low-pressure cryogenic gasifiers are considered.

**Keywords:** Transport cryogenic tank. Low-pressure cryogenic gasifier. Liquid cryoproducts. Armature. Modernization.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время растёт потребление жидких продуктов разделения воздуха (кислород, азот, аргон); начинают внедряться в различные сферы технологии, основанные на использовании сжиженного природного газа. В связи с этим повышается спрос на транспортные и стационарные криогенные ёмкости, газификаторы криопродуктов.

Разработкой и серийным производством необходимого для этих целей оборудования занимается известное среди специалистов предприятие — «НТК «Криогенная техника». В качестве примера можно сослаться на хорошо зарекомендовавшие себя транспортные криогенные цистерны типа ЦТК и резервуары типа ТРЖК. Их технические характеристики приведены в табл. 1. В них применена вакуумно-порошковая изоляция (ВПИ). Фото 1 даёт представление о

внешнем виде транспортной криогенной цистерны ЦТК-8/0,25.



**Фото 1.** Цистерна транспортная криогенная ЦТК-8/0,25

Этим же предприятием производятся различные

стационарные холодные газификаторы типа ГХК, предназначенные для получения газообразных кислорода, азота, аргона и метана из жидких продуктов. Они используются во многих отраслях промышленности, где требуются указанные продукты для реализации технологических процессов. Газификаторы, как следует из табл. 2, включают в себя компактные системы хранения с вместимостью 3, 8 10 и 25 м<sup>3</sup> и производственный атмосферный испаритель необходимой производительности. Рабочее давление выдаваемых продуктов — 1,6 МПа. Криогенные газификаторы имеют экранно-вакуумную изоляцию. Внешний вид одного из производимых газификаторов представлен на фото 2.



**Фото 2.** Газификатор холодный криогенный ГХК-8/1,6-500

В период 1980-2007 гг. было выпущено около 26500 ёмкостей типа ЦТК (ТРЖК) и более 23100 газификаторов холодных криогенных типа ГХК. При эксплуатации в течение многих лет это оборудование хорошо зарекомендовало себя в промышленности, медицине, металлургии, нефтяной и газовой промышленности, оборонной технике. В настоящее время значительное количество оборудования этих типов прак-



а)



б)

**Фото 3.** Запорная криогенная арматура (а) и предохранительные клапаны для работы при криогенных температурах (б) компании «Herose»

тически исчерпало назначенный срок эксплуатации

**Таблица 1.** Характеристики транспортных криогенных цистерн и резервуаров

| Обозначение изделия                              | ЦТК-1/0,25         | РК-2/0,25          | ТРЖК-3М            | ТРЖК-5М            | ЦТК-8/0,25М        | ЦТК-16/0,25        |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Вместимость, м <sup>3</sup>                      | 1,15               | 2                  | 7,38               | 5,6                | 7,38               | 16                 |
| Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )     | 0,25 (2,5)         |                    |                    |                    |                    |                    |
| Масса хранимого криопродукта, кг, не более       |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| — кислород                                       | 1250               | 2100               | 8000               | 6000               | 8000               | 17500              |
| — азот   | 900                | 1500               | 5670               | 4200               | 5670               | 12200              |
| — аргон  | 1480               | 2600               | 8000               | 6000               | 9700               | 19000              |
| Потери криопродукта от испарения, кг/ч, не более |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
| — кислород                                       | 0,7                | 0,78               | 1,84               | 1,55               | 1,74               | 3                  |
| — азот   | 0,72               | 0,83               | 1,88               | 1,71               | 1,85               | 3,5                |
| — аргон  | 0,94               | 0,96               | 2,63               | 2,25               | 2,12               | 4,1                |
| Масса порожней цистерны, кг, не более            | 930                | 1350               | 3200               | 2550               | 2600               | 7500               |
| Габаритные размеры, мм, не более                 | 2600×1275<br>×1430 | 3780×1280<br>×1350 | 5030×1930<br>×2020 | 3910×2100<br>×2020 | 5000×2090<br>×2050 | 9600×2100<br>×2900 |
| © В.Н. Дудышева, Н.В. Павлов, В.В. Мостовой      |                    |                    |                    |                    |                    |                    |

**Таблица 2. Характеристики холодных криогенных газификаторов**

| Обозначение изделия   | ГХК-3/1,6       | ГХК-3/1,6-200М | ГХК-8/1,6       | ГХК-8/3,0-250  | ГХК-8/1,6       | ГХК-0/1,6       | ГХК-25/1,6                 |
|---|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------------------|
| Вместимость, м <sup>3</sup>                                       | 3               | 3              | 8               | 8              | 8               | 10              | 25                         |
| Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )                      | 1,6 (16)        | 1,6 (16)       | 1,6 (16)        | 3 (30)         | 1,6 (16)        | 1,6 (16)        | 1,6 (16)                   |
| Производительность по газообразному кислороду, нм <sup>3</sup> /ч | 25; 50; 75; 100 | 200            | 25; 50; 75; 100 | 250            | 500; 1000; 2000 | 25; 50; 75; 100 | 250; 500; 1000; 1500; 2000 |
| Масса порожнего изделия, кг                                       | 3370            | 3695           | 6400            | 8100           | 7632            | 7000            | 15000                      |
| Количество заливаемого продукта (кислорода), т                    | 3,5             | 3,5            | 8,7             | 8,7            | 8,7             | 11              | 27                         |
| Габаритные размеры, мм  | 2390×2170×3000  | 2390×2170×3000 | 2380×2170×5570  | 2400×2170×5604 | 2380×2170×5570  | 2400×2170×6600  | 2850×3300×8100             |

(20 лет). В связи с этим проводится диагностирование технического состояния оборудования с целью определения возможности дальнейшей его эксплуатации. Опыт проведения таких работ различными организациями, в первую очередь, ООО «НТК «Криогенная техника» и ООО «НПО Мониторинг», показывает, что и после 20 лет эксплуатации это оборудование сохраняет хорошие показатели. После выполнения регламентных работ оно оказывается пригодным к дальнейшей эксплуатации.

Наиболее слабым местом у эксплуатирующегося много лет оборудования является запорно-регулирующая арматура. Ранее применявшаяся криогенная арматура морально устарела и имеет ряд недостатков в сравнении с современным оборудованием. Покажем

целесообразность использования современной арматуры и другой новейшей комплектации при модернизации перечисленного криогенного оборудования.

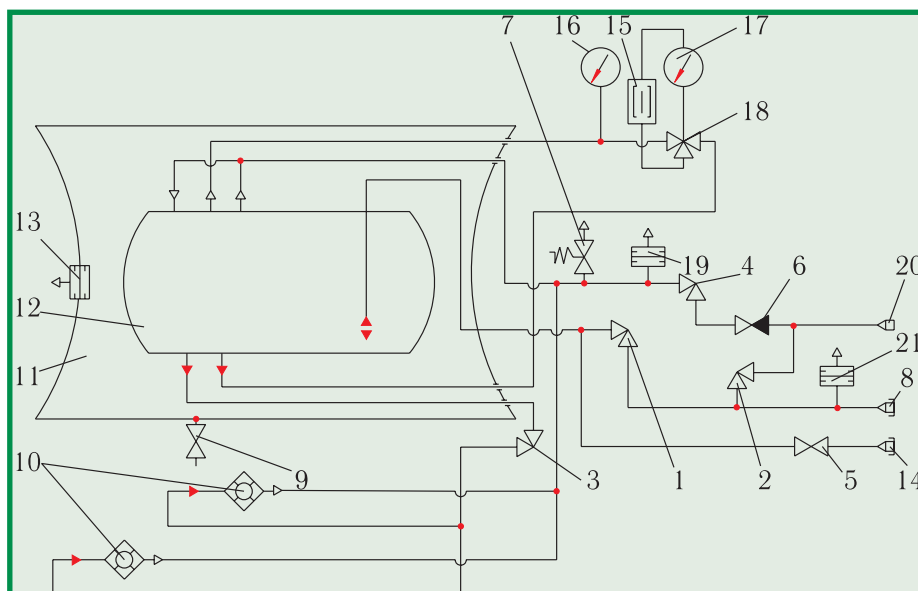
## 2. МОДЕРНИЗАЦИЯ КРИОГЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

К недостаткам применяемой арматуры следует отнести её значительную металлоёмкость, большие габариты и массу. Наличие фланцевых соединений повышает вероятность утечек продукта. Также возможно возникновение утечек в ёмкостях типа ЦТК в местах резьбовых соединений алюминиевых испарителей наддува с нержавеющей трубами. К серьезным проблемам приводит несовершенство соединения за-

правочной арматуры ёмкости с заправочным шлангом с помощью гайки «РОТ» [1]. Уплотнение этих соединений производится молотком, удары которого при этом передаются на арматуру и не лучшим способом сказываются на её работоспособности.

Увеличенная существенно металлоёмкость и внушительные габариты применяемой в ёмкостях арматуры определяют высокую её стоимость и сложность при проведении ремонта.

В настоящее время сложились хорошие условия для развития интеграции с целью использования в криогенном оборудовании совершенной арматуры, выпускаемой зарубежными производителями. Компания ООО «НПО Мониторинг» уже несколько лет применяет в своих изделиях и при монтаже криогенных систем арматуру компании «Herose» (Германия). Мы убеди-



**Рис. 4. Технологическая схема модернизированной ёмкости типа ЦТК-8/0,25 или резервуара ТРЖК-5/0,25М:** 1 — вентиль наполнения-выдачи; 2 — вентиль опорожнения шланга; 3 — вентиль испарителя; 4 — вентиль газосброса; 5 — вентиль наполнения сосудов Дьюара; 6 — обратный клапан; 7 — предохранительный клапан сосуда; 8 — фланец наполнения-выдачи; 9 — вакуумный вентиль; 10 — испаритель; 11 — наружный кожух; 12 — внутренний сосуд; 13 — предохранительная мембрана кожуха; 14 — штуцер наполнения сосудов Дьюара; 15 — баллон-компенсатор; 16 — манометр; 17 — указатель уровня жидкости; 18 — трёхходовой вентиль; 19 — предохранительная мембрана сосуда; 20 — штуцер газосброса; 21 — предохранительная мембрана шланга

лись в высокой её надёжности, компактности и хороших ценовых показателях [2-4]. На фото 3,а приведены несколько типов криогенной запорной арматуры этой компании, а на фото 3,б — некоторые модели выпускаемых ею предохранительных клапанов для работы при криогенных температурах.

Учитывая возрастающее количество заявок на ремонт эксплуатирующихся сейчас ЦТК, ТРЖК, ГХК, ООО «НПО Мониторинг» предложило ООО «НТК «Криогенная техника» применять в их изделиях арматуру компании «Herose». ООО «НПО Мониторинг» для этого разработало проекты замены арматуры старого образца, установленной на этом оборудовании, на новую производства компании «Herose».

На рис. 4 приведена принципиальная схема модернизированных ёмкости типа ЦТК-8/0,25 или резервуара ТРЖК-5/0,25М.

Из рис. 4 можно установить, что в отличие от существующей схемы в ней предусмотрено применение обратного криогенного клапана на линии газосброса из ёмкости; гайка «РОТ» заменена на фланцевое соединение евростандарта для криогенных ёмкостей, введён дополнительный вентиль для заправки сосудов Дьюара. Кроме этого, резьбовые соединения испарителей наддува заменены на фланцевые. Обратный клапан на линии газосброса позволяет снизить эффект загрязнения атмосферными примесями (кислород, азот, влага, диоксид углерода) криогенной жидкости при её транспортировании [5].

На рис. 5 показано, как выглядит арматурный шкаф транспортной ёмкости ЦТК-8/0,25 после его модернизации. Комплект арматуры (включая предохранительный клапан) стоит около 87 тыс. рублей.

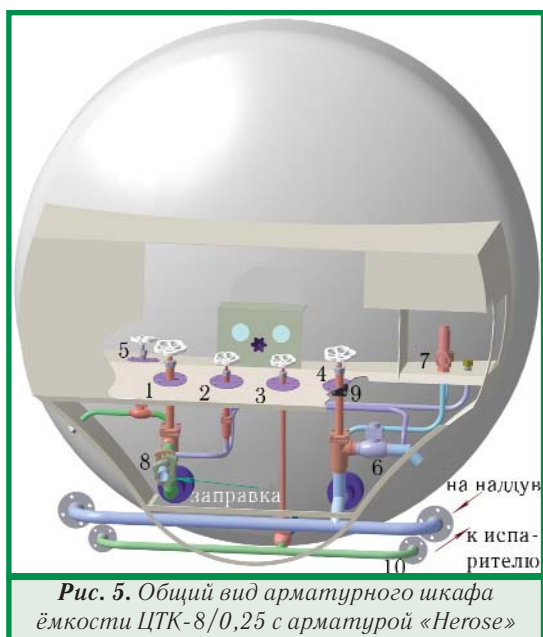


Рис. 5. Общий вид арматурного шкафа ёмкости ЦТК-8/0,25 с арматурой «Herose»

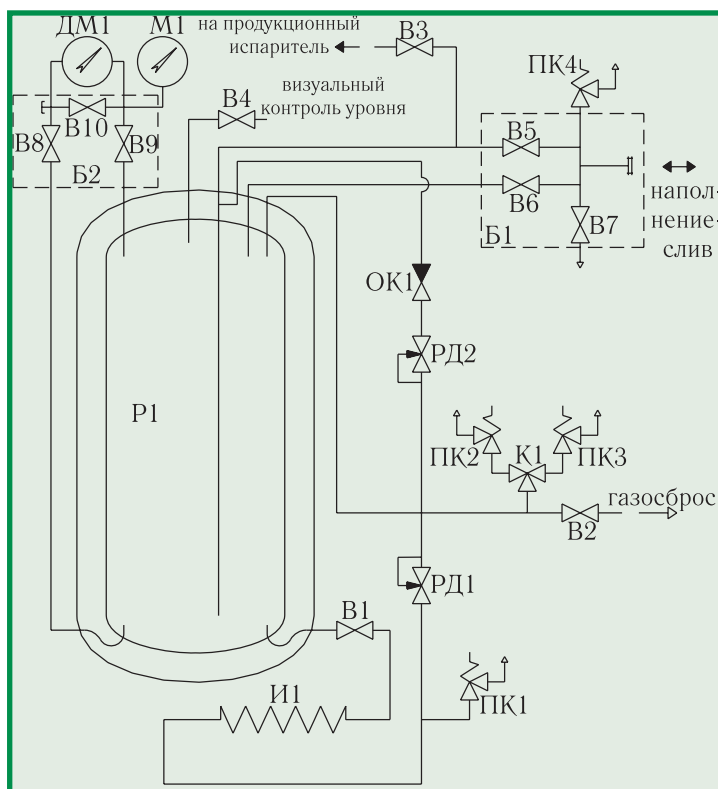


Рис. 6. Технологическая схема модернизированного криогенного газификатора типа ГХК: P1 — внутренний резервуар газификатора; B1, B2, B3, B4 — криогенные клапаны; PK1, PK2, PK3, PK4 — предохранительные клапаны; K1 — переключающий кран; OK1 — обратный клапан; RD1 — регулятор давления; RD2 — экономайзер; DM1 — щитовой манометр; B1 — арматурный блок с вентилями B5, B6, B7; B2 — арматурный блок с вентилями B8, B9, B10; И1 — испаритель наддува

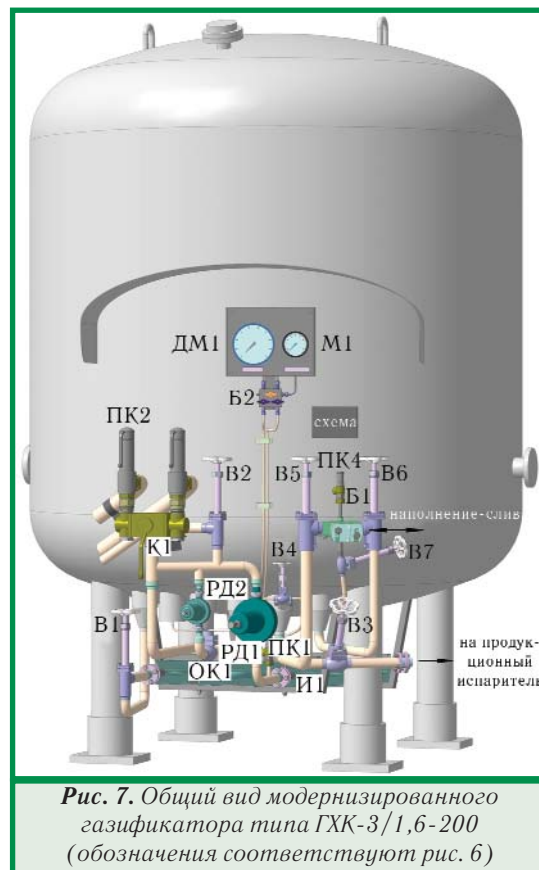


Рис. 7. Общий вид модернизированного газификатора типа ГХК-3/1,6-200 (обозначения соответствуют рис. 6)



**Таблица 3. Информация о комплектации модернизированного криогенного газификатора**

| Позиция на схеме (рис. 6) | Наименование                            | Изделие                  | Изготовитель                      | Примечание                |
|---------------------------|---|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| В1, В2                    | криогенные клапаны                      | 01322.3238.0011          | «Herose»<br>(Германия)            | Ду 32                     |
| В3                        |   |                          |                                   | Ду 10                     |
| В4                        |   | 01321.3238.0011          |                                   | Ду 6, $P_{cp} = 28$ бар*  |
| ПК1                       |   | предохранительный клапан |                                   | 06474.0600.0000           |
| К1                        | переключающий кран                      | 06510.3214.0000          |                                   | Ду 23, $P_{cp} = 18$ бар* |
| ПК2, ПК3                  | предохранительные клапаны               | 06418.2314.0000          |                                   | Ду 32                     |
| ОК1                       | обратный клапан                         | 05416.3238.0001          |                                   | —                         |
| РД1                       | регулятор давления                      | WCRG-1000                | «MS Engineering»<br>(Южная Корея) | —                         |
| РД2                       | экономайзер                             | WCEG-1000                |                                   | —                         |
| ДМ1                       | щитовой манометр                        | —                        | —                                 | Ø100 мм, 0...25 бар*      |
| Б1                        | арматурный блок с вентилями В5, В6, В7  | 07004.4048.7027          | «Herose»<br>(Германия)            | —                         |
| ПК4                       | предохранительный клапан                | 06474.0600.000           |                                   | $P_{cp} = 36$ бар         |
| Б2                        | арматурный блок с вентилями В8, В9, В10 | 8211 G4Y                 | «Ноке», США                       | —                         |
| И1                        | испаритель наддува                      | —                        | ООО «НПО Мониторинг»              | —                         |

**Примечание:** \* $P_{cp}$  — давление срабатывания предохранительного клапана.

На рис. 6 изображена схема модернизированного криогенного газификатора типа ГХК. В табл. 3 приводятся данные об использованных в проекте модернизации комплектующих элементах.

Основными отличиями технологической схемы, показанной на рис. 6, от существующей являются: установка двух предохранительных клапанов защиты внутреннего сосуда через переключающий клапан; размещение обратного клапана на линии от экономайзера к линии выдачи жидкости в производственный испаритель.

Монтаж арматуры на газификаторе, как видно из рис. 7, может быть осуществлён без использования навесного шкафа, т.е. непосредственно на стенке и трубопроводах газификатора. При этом испаритель наддува может быть размещён в нижней части газификатора под днищем. Данная конструкция значительно уменьшает массу и стоимость изделия в целом.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные нами совместно проекты модернизации существующего криогенного оборудования позволят повысить его надёжность, снизить общую массу, сделать более удобным и безопасным во время эксплуатации.

В настоящее время ООО «НТК «Криогенная техника» рассматривает предлагаемые ООО «НПО Мониторинг» проекты модернизации ЦТК, ТРЖК, ГХК для использования их также в серийно выпускаемых изделиях. Это даст возможность повысить их эффективность, существенно улучшить технические характеристики.

### ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 19334-73. Детали для соединения трубопроводов и металлоуказов.
- Влчек В., Эмке И.** Предохранительные клапаны для основного и вспомогательного оборудования// Технические газы. — 2005. — № 6. — С. 63-66.
- Влчек В., Эмке И.** Арматура для производства продуктов разделения воздуха// Технические газы. — 2006. — № 6. — С. 67-70.
- Влчек В., Эмке И.** Совершенствование технологий производства арматуры для технических газов// Технические газы. — 2007. — № 3. — С. 69-72.
- Файнштейн В.И., Домашенко А.М., Беляев Ю.И.** Загрязнение жидких криогенных продуктов при технологических операциях хранения и транспортирования// Технические газы. — 2007. — № 5. — С. 65-68.