

УДК 621.592.3

И.В. Левин, Б.М. Машункин, В.Н. Уткин

ООО «НИИ КМ», пл. Академика Курчатова, 1, г. Москва, РФ, 123182

e-mail: niikm@niikm.ru

ПРИМЕНЕНИЕ НАСОСОВ КОМПАНИИ «CRYOSTAR» В ЭФФЕКТИВНЫХ ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ И КРИОГЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Потребители относительно небольших количеств газов обеспечиваются ими в местах их использования посредством газификации криогенных жидкостей, доставляемых от производителей. Традиционные технологии и типы оборудования для заправки баллонов газами высокого давления крайне несовершенны. Потери продуктов в них могут достигать 25 %. Рассматриваются различные способы существенного снижения этих потерь за счёт внесения изменений в технологические схемы и применения в них насосов широко известной компании «Cryostar». Использование транспортных центробежных насосов этой компании в криогенных полуприцепах отечественного производства также улучшает их показатели. Приводятся и другие примеры эффективного применения насосов.

Ключевые слова: Жидкие криопродукты. Криогенные ёмкости, резервуары. Криогенные насосы. Газификация. Баллоны. Снижение потерь. Криогенные полуприцепы.

I.V. Levin, B.M. Mashunkin, V.N. Utkin

«CRYOSTAR» PUMPS APPLICATION IN THE EFFICIENT GAS TECHNOLOGIES AND CRYOGENIC EQUIPMENT

The consumers of relatively small gas amounts are provided with them in the area of their use by means of cryogenic liquids gasification delivered from manufacturers. Traditional technologies and types of equipment for filling cylinders with gases at high pressure are rather imperfect. Product waste in them may reach over 25 %. Different ways of this waste significant reduction by making changes in technological schemes and the application of pumps produced by the world-wide company «Cryostar» in them are being examined. The use of transport centrifugal pumping equipment made by this company in cryogenic semi-trailers of domestic origin also improves their effectiveness. There are also other examples of the pumps effective application.

Keywords: Liquid cryoproducts. Cryogenic containers, tanks. Cryogenic pumps. Gasification. Cylinders. Waste reduction. Cryogenic semi-trailers.

1. ВВЕДЕНИЕ

За годы формирования рыночных отношений на постсоветском пространстве произошли, хотя и незначительные, но знаковые изменения в некоторых криогенных и газовых технологиях, благодаря созданию и использованию современных образцов оборудования и, в частности, криогенных насосов. Например, широко известные компании ОАО «Криогенмаш» и ООО «НТК Криогенная техника», применив эффективные транспортные центробежные насосы, разработали и изготовили для отечественного рынка новые автоцистерны для транспортировки жидких продуктов разделения воздуха, а также СПГ. Различные же компании, занятые переработкой криопродуктов и производством «баллонных» газов, начали использовать для газификации и наполнения баллонов

выносные поршневые насосы высокого давления качественно нового уровня. Нам хотелось бы в данной публикации рассмотреть некоторые тенденции и поделиться собственным опытом проводимой модернизации оборудования и указанных технологиях.

2. ПРОИЗВОДСТВО ГАЗОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Традиционная схема газификации криопродуктов, изображённая на рис. 1, на базе сосудов типа «ТРЖК» или «ЦТК» и газификационной установки «Г-1,6» была разработана ещё в советское время. Сейчас на основе такой схемы, как следует из нашей оценки, вырабатывается не менее 70 % газов высокого давления. Несмотря на вполне приемлемую работоспособность оборудования, в целом приведённая схема ха-

рактируется весьма низкой эффективностью по сравнению с современной. В работе [1] нами было показано, что с помощью схемы жидкий продукт перерабатывается в товарный газ с потерями не менее 25 %. И это подтверждается проводимым нами в течение многих лет мониторингом. На этом же рис. 1 показаны составляющие потерь. Главной является потеря, вызванная многократными переливами криопродукта из транспортной цистерны в приёмное временное хранилище, а затем в рабочий сосуд установки «Г-1,6».

Современные системы наполнения баллонов в наше время теряют не более 5-7 % сырья. На рис. 2 представлена принципиальная схема такой системы. Рассматривая её особенности, отметим, что источник продукта газификации — криогенный резервуар, является одновременно рабочим, приёмным и временным хранилищем. Таким образом, исключается необходимость лишних переливов продукта. Сам резервуар — вертикальный и занимающий поэтому меньше места, что, как правило, важно, характеризуется схемными и конструктивными особенностями, ставшими уже стандартными в мировой практике. Укажем основные из них. Это, во-первых, использование трубы слива для подачи продукта непосредственно в насос, во-вторых, наличие трубы «холодного» возврата продукта из насоса. Тем самым минимизируются холодопотери в циркуляционном контуре, питающем насос. В-третьих, имеется трубопровод для заправки продукта в верхнюю точку резервуара. Такое, на первый взгляд, тривиальное решение даёт возможность заметно сократить потери криопродукта, реализуя процесс «холодного» орошения относительно «тёплого» парового пространства. Ко времени дозаправки обычно в приёмном сосуде давление успевает подняться выше давления насыщения в транспортном резервуаре. Кроме того, температура пара над жидкостью оказывается выше, чем температура насыще-

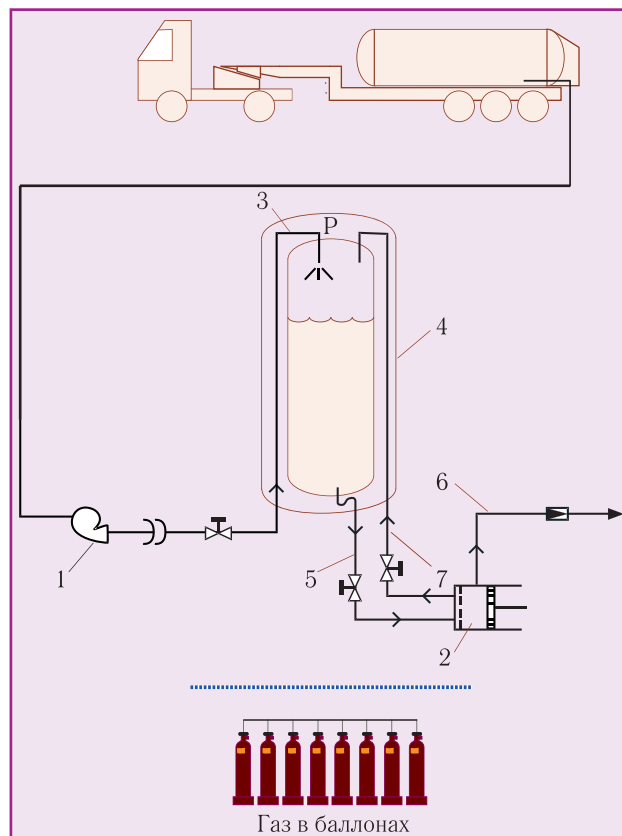


Рис. 2. Современная схема газификации криопродуктов: 1 — перекачивающий центробежный насос; 2 — поршневой насос высокого давления; 3 — верхний залив криопродукта; 4 — вертикальный резервуар; 5 — линия подачи в насос; 6 — линия нагнетания; 7 — «холодный» возврат в резервуар

ния, соответствующая давлению в приёмном резервуаре. Следовательно, при подаче продукта в верхнюю точку создаются условия для конденсации пара или, по крайней мере, понижения давления в паровом пространстве резервуара. Заметим, что для преодоления давления в приёмном резервуаре при дозаправке необходимо применять перекачивающий насос. И ещё, перед дозаправкой появляется возможность продувки и охлаждения заправочной коммуникации и насоса «обратным ходом» из приёмного сосуда пара, который уже не имеет товарного качества. Последнее особенно важно, когда необходимо избежать загрязнения подаваемого продукта.

Показанная на рис. 2 схема, укомплектованная перекачивающим насосом, вертикальным сосудом и поршневым насосом высокого давления позволяет сократить потери сырья до 5 % и трудозатраты — на 20 %. Современные перекачивающие насосы компании «Cryostar» [2] при использовании в приведённых технологиях должны иметь производительность от 20 до 3000 л/мин и обеспечивать напор до 30 бар. А поршневые насосы высокого давления той же фирмы соответственно — от 3 до 1200

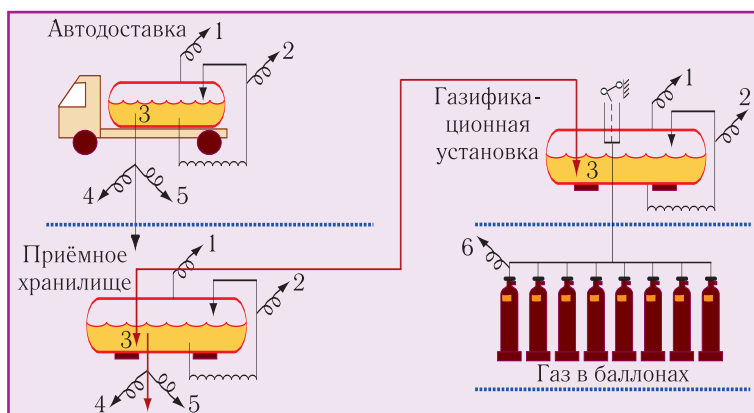


Рис. 1. Традиционная схема доставки и переработки жидких криопродуктов, которой свойственны потери: 1 — от испаряемости при транспортировке и хранении продуктов; 2 — из-за необходимости подъёма давления в цистерне при опорожнении; 3 — наличия «несливаемого» остатка; 4 — из-за испарения в металлорукавах при переливе; 5 — в связи с остатком продукта при окончании перелива в металлорукаве; 6 — при наполнении баллонов (продувки, полоскания)

л/мин и до 690 бар. Таким образом, можно с помощью указанных насосов перекрыть практически весь диапазон параметров.

Приходится признать, что обсуждаемая технологическая схема нуждается в привлечении серьёзных инвестиций, так как она почти полностью комплектуется импортным оборудованием. Однако наш опыт показывает, что инвестиционная нагрузка может быть существенно снижена с одновременным достижением ощутимого эффекта. Нами был приобретён насос высокого давления компании «Cryostar» модели A-SDPD, который был соединён с широко используемым отечественным резервуаром РЦВ-63. У него имеется нижний слив. Для «холодного» возврата был использован трубопровод верхнего залива. Заправка резервуаров в начале осуществлялась из ёмкостей ЦТК-8. Схему использовали для газификации жидкого аргона. Затраты на модернизацию с учётом приобретения насоса составили около 1,5 млн. руб. Объём переработки составил около 1400 т/год жидкого аргона. В результате потери сырья сократились с 25 до 11 %, что позволило за период с декабря 2006 г. по август 2009 г. сэкономить 420 т аргона или 7,14 млн. руб. в денежном выражении, т.е. за это время затраты на переоборудование окупались почти 5 раз. Кроме того, были снижены транспортные расходы почти на 100 тыс. руб. Эффекты от снижения трудозатрат и экономии электроэнергии не оценивались. Аналогичная схема используется нами и для газификации азота (фото 3).



Фото 3. Резервуар РЦВ-40, оснащённый поршневым насосом высокого давления компании «Cryostar»

Указанные схемы и оборудование, в том числе и нашего производства, начинают внедряться в практическую деятельность. Характерным примером образ-

цового хозяйства в России может служить ОАО «Завод Уралтехгаз», использующий все компоненты современных технологий (фото 4): автозаправщики, оснащённые перекачивающими насосами; вертикальные криогенные резервуары; поршневые насосы высокого давления [3]. Венцом совершенства на этом предприятии является автоматизированная система управления наполнением баллонов не только чистыми газами, но и многокомпонентными их смесями.



Фото 4. Общий вид наполнительного отделения ОАО «Завод Уралтехгаз» (г. Екатеринбург)

Некоторые компании приступили к изготовлению эффективного оборудования для использования в технологиях «жидкий криопродукт — газ». Так, в августе 2009 г. ООО «НТК Криогенная техника» выпустила криогенную компактную систему для газификации азота (фото 5). При этом в качестве питающей ёмкости был использован резервуар «ТРЖК-3». Система укомплектована двумя насосами модели A-MRP-40/50 [2], обеспечивающими давление до 420 бар и расход 24,6 л/мин.



Фото 5. Заводские испытания установки для газификации азота

3. ДОСТАВКА КРИОПРОДУКТОВ

Выше упоминалось, что для преодоления повышенных (более 2,5 бар) давлений в заправляемых резервуарах, — а они применяются весьма широко, — необходимо использовать перекачивающие насосы.



Фото 6. Криогенные полуприцепы производства компаний: а — ОАО «Криогенмаш» (объём 25 м³); б — ООО «НТК Криогенная техника» (объём 16 м³)

До недавнего времени, а кое-где и сейчас, из-за отсутствия таких насосов прибегали к простому способу: давление в приёмном сосуде сбрасывалось до величины, необходимой для заправки «передавливанием». В этой связи заметим, что в последние 2-3 года ОАО «Криогенмаш» (фото 6,а) и ООО «НТК Криогенная техника» (фото 6,б) разработали и стали поставлять на рынок криогенные полуприцепы, оснащённые насосами модели GBS-155/4,5 производства компании «Cryostar» [2]. Ёмкости полуприцепов — 16 и 25 м³, а преодолеваемое давление — до 25 бар. Нужно отметить, что предельный груз автопоезда по дорогам России установлен нормативом на уровне 38 т. Как известно, плотность перевозимых жидких криопродуктов изменяется от 0,42 т/м³ для СПГ и до 1,4 т/м³ для аргона. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе автозаправщика. Поясним это примером: цистерна ёмкостью 16 м³ сможет перевезти 22 т жидкого аргона и только 12,5 т жидкого азота; а цистерна 25 м³ — 20 т жидкого азота и столько же жидкого аргона. Это количество жидкого аргона займёт всего 14,4 м³ в цистерне объёмом 25 м³. Поэтому аргон выгоднее перевозить полуприцепом с ёмкостью 16 м³, в которой его с учётом норматива будет 22 т.

4. О ВЫБОРЕ ПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО НАСОСА

Широта параметров и разнообразие конструкций насосов компании «Cryostar» позволяют делать их обоснованный выбор. Например, ООО «НТК Криогенная техника» так поступает при разработке 25-тонного полуприцепа для перевозки жидкого азота. В соответствии с техническими требованиями при его заправке жидким продуктом не надо преодолевать высокое давление. Поэтому полуприцеп комплектуется насосом модели VS 3×2×7. Он обеспечивает перепад

давления около 7 бар при расходе 700 л/мин. При этом мощность электродвигателя — всего 5 кВт по сравнению с 22 кВт у насоса GBS. Насос VS 3×2×7 называется ампульным или погружным, так как вся механическая часть его находится в перекачиваемом продукте, а сам насос имеет жёсткий и прочный герметичный корпус. Такое конструктивное решение привело к отказу от каких-либо сальников, включая торцевой, что существенно увеличило его надёжность и ресурс. Заметим, что роль смазки подшипников играет перекачиваемый продукт. Из-за того, что обмотка мотора находится в непосредственном контакте с продуктом, этот насос не может перекачивать кислород, что является, пожалуй, единственным его недостатком.

Другим примером практического разнообразия и технологической гибкости нужно считать модель насоса CSH-280/5, которая была разработана для случаев, когда отсутствует электричество. Приводом насоса является гидромотор, который в свою очередь приводится от раздаточной коробки автомобиля. Комплектация таким насосом (расход — 700 л/мин и давление — до 35 бар) полуприцепа позволит решить серьёзные проблемы в обеспечении криопродуктами слабоосвоенных территорий Сибири, Дальнего Востока и т.п.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие рыночных отношений в России и вхождение в мировую экономическую систему позволили, соединяя свои традиционные технологии с импортным высокотехнологическим оборудованием, проводить последовательную модернизацию криогенных систем и производств технических газов. Этот процесс сдерживается недостатком инвестиционной инициативы и средств. В то же время, большим препятствием привлечения в наши технологии насосов компании «Cryostar» является отсутствие возможности получения качественного технического обслуживания, непременно исполнения гарантийных обязательств, консультаций, обеспечения запасными частями и т.д. Поэтому в настоящее время представители компаний «Cryostar» и ООО «НИИ КМ» ведут переговоры о создании специального сервисного центра в Москве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка потерь криогенных продуктов разделения воздуха при их транспортировании, хранении и переработке// **И.В. Левин, А.Е. Угроватов, В.Н. Уткин и др.**// Технические газы. — 2006. — № 6. — С. 59-62.
2. **Уткин В.Н.** Высокоэффективные насосы для технологий производства и использования технических газов// Технические газы. — 2007. — № 4. — С. 65-69.
3. **Дабахов С.И., Завадских Р.М.** Опыт реконструкции наполнительного отделения// Технические газы. — 2008. — № 6. — С. 52-55.