

УДК 621.59(075.8)

М.А. Кузнецов*, **Ю.В. Ластовский**

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

*e-mail: kuznetsov@cryogenmash.ru

М.А. Машканцев

ЗАО «КриоГаз», а/я 215, г. Санкт-Петербург, РФ, 196128

В.А. Поляков

ООО «ИЦ «Альтерэн», пр. Ударников, 20, г. Санкт-Петербург, РФ, 195279

КРИОГЕННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПГ

Сжиженный природный газ (СПГ) является удобным для поставки и хранения криогенным энергоносителем. С его использованием можно создавать эффективно действующие СПГ-комплексы для электро- и теплоснабжения автономных объектов небольшой мощности. Такой комплекс должен включать в себя у потребителя хранилище СПГ, транспортные средства его доставки, оборудование для газификации СПГ и его использования. Приведена характеристика криогенного комплекса для хранения и газификации СПГ с целью снабжения газовым топливом когенерационных установок с электрической мощностью 5,6 МВт и тепловой — более 6 МВт. Комплекс создан на базе криогенных систем хранения БСХП-63/0,7, резервуаров РЦВ-63/0,7, атмосферных испарителей, комплекта дополнительного оборудования. Построенный СПГ-комплекс обеспечил работу терминала отгрузки нефтепродуктов в порту Приморск (Ленинградская область).

Ключевые слова: Природный газ. Сжиженный природный газ. Система приёма, хранения и регазификации.

М.А. Kuznetsov, Yu.V. Lastovsky, M.A. Mashkantsev, V.A. Polyakov

CRYOGENIC COMPLEX FOR ACCUMULATION, STORAGE AND TECHNOLOGICAL USE OF LNG

Liquefied natural gas (LNG) is convenient for delivery and storage by cryogenic energy carrier. With its use is possible to create an effectively working LNG-complexes for electro- and heat supplies of independent objects by small capacity. Such complex should include the storehouse of LNG, vehicles of its delivery, the equipment for gasification LNG and its uses. The characteristic of cryogenic complex for storage and gasifications of LNG is resulted with the purpose of supply by gas fuel of cogeneration plants with electric capacity 5,6 MW and thermal more than 6 MW. The complex is created on the basis of cryogenic systems of storage BCSS-63/0,7, tanks RCV-63/0,7, atmospheric evaporators, the complete set of the additional equipment. The constructed LNG-complex has ensured the functioning of the shipment terminal of oil products in port Primorsk (Leningrad region).

Keywords: Natural gas. Liquefied natural gas. System of reception, storage and regasification.

1. ВВЕДЕНИЕ

Криогенные системы и низкотемпературные технологии в настоящее время широко используются во многих отраслях промышленности развитых стран. Это ставит задачу создания и постоянного совершенствования большого количества криогенного оборудования для транспортирования, длительного хранения, газификации и выдачи криопродуктов различным потребителям.

Для России и ряда других стран актуальна и имеет большие перспективы организация производства сжиженного природного газа (СПГ) и внедрения различных СПГ-технологий.

2. ОСВОЕНИЕ СПГ-ТЕХНОЛОГИЙ

Внедрение эффективных СПГ-технологий позволяет:

- Обеспечить газификацию небольших населён-

ных пунктов и предприятий, в том числе объектов миниэнергетики (автономных теплоэлектростанций, котельных и т.п.).

- Создать запасы резервного топлива в виде СПГ для регулирования газопотребления.
- Осуществить перевод автомобильного, железнодорожного, речного, авиационного транспорта на компримированный или сжиженный природный газ для замены традиционных нефтяных топлив.

Существующая технология газификации с использованием сети газовых магистралей практически исключает из этого процесса целые районы с мелкими населенными пунктами, фермерскими хозяйствами, коттеджными поселками, пансионатами, отдельными объектами промышленности, малыми предприятиями и т.д. СПГ как способ эффективной доставки природного газа позволяет успешно решать проблему обеспечения указанных объектов, а также промышленных предприятий, не имеющих централизованного газоснабжения, бытовым газом, теплоснабжением и электроснабжением посредством установки автономных теплоэлектростанций.

В России СПГ-технологии начали применяться в последние 10-15 лет, хотя опытно-конструкторские и технологические разработки активно велись на нашем и в ряде других предприятий с 70-х годов прошлого века. При избытке топливных ресурсов казалось, что нет необходимости внедрять относительно сложные криогенные технологии получения, хранения, транспортирования и регазификации СПГ. Однако сегодня в России начинают по достоинству оценивать перспективы массового производства и использования СПГ как на уровне стратегических государственных проектов, так и в секторе малого и среднего бизнеса, в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

В тех случаях, когда строительство газопровода оказывается нерентабельным или невозможным, использование СПГ позволяет оптимально решать локальные проблемы теплоснабжения и газообеспечения промышленных производств, жилых комплексов, спортивных, развлекательных и иных объектов, находящихся в удалении от действующих трубопроводных систем инженерного газообеспечения.

Имеется тенденция к дальнейшему повышению тарифов на электричество и тепло с доведением их значений к 2010 г. до уровня мировых цен, т.е. увеличению отпускной цены в 2-3 раза. При этом темпы роста цен на топливо, в том числе и на природный газ, по прогнозам ожидаются значительно ниже, чем на тепловую и электрическую энергию.

Альтернативным выходом из создавшегося положения является сооружение автономных объектов тепло-электроснабжения небольшой мощности. Имеющийся опыт показывает, что при использовании достижений миниэнергетики такие объекты окажутся дешевле, чем централизованные. Это определяется тем, что объекты миниэнергетики располагаются в непосредственной близости от потребителей, поэтому снижаются затраты и потери при транспортировании тепловой и электрической энергии. В настоящее время выпускаются автоматизированные котельные, размещенные в контейнерах, которые практически не требуют большого объема монтажных работ и затрат на обслуживание. Для получения электроэнергии и одновременно тепла для отопления и горячего водоснабжения выпускаются эффективные когенерационные установки, работающие на газе. Тепловую энергию в них получают за счёт утилизации тепла газопоршневого двигателя и выхлопных газов [1].

Естественно, что широкомасштабное использова-

Технические характеристики системы хранения и газификации СПГ

Наименование показателя	Значение показателя	
	Основное хранилище	Резервное хранилище
Рабочий продукт	СПГ по ТУ 51-03-03-85	
Вместимость, м ³	132,6	198,9
Количество, шт.:		
– резервуаров РЦВ-63/0,7	2	3
– БСХП-63/0,7		
Типы резервуаров	цилиндрические вертикальные	
Рабочее давление резервуара, МПа	0,7	0,7
Масса хранимого СПГ с плотностью 430 кг/м ³ , кг	47200	70800
Объем хранимого газа, нм ³ /ч	66500	99800
Интенсивность испарения, % в сутки, не более	0,11	0,11
Тип изоляции	многослойная экранно-вакуумная	
Объемная производительность газифицируемого СПГ, нм ³ /ч, не менее	1000	
Давление ПГ, выдаваемого потребителю, МПа	0,2...0,6	
Температура ПГ, выдаваемого потребителю, °С, не менее	10	
Тип испарителя наддува и газификации СПГ	атмосферный	
Количество испарителей газификации СПГ	2 секции по 7 шт.	
Тип теплообменника — подогревателя газа	электрический	
Назначенный срок службы, лет	20	
Тип арматуры обвязки оборудования	ручная	

ние СПГ требует решения многих специфических задач, связанных с созданием инфраструктуры и её главных составляющих: производство, транспортирование, использование. Такой комплекс включает в себя установку ожижения, базовое хранилище СПГ на заводе, хранилище у потребителя, транспортные средства доставки потребителю, средства газификации на объекте потребителя и системы использования газобразного метана.



Фото 1. Системы хранения и газификации СПГ типа СПХР-3-63/0,7-660

В Ленинградской области, где производство и реализация СПГ получили наибольшее развитие, и СПГ стало коммерческим продуктом, СПГ-технологии применяются у его различных потребителей. На фото 1 приведён общий вид системы хранения и газификации СПГ типа СПХР-3-63/0,7-660, построенной для комплексного обеспечения электрической и тепловой энергией спортивно-оздоровительного комплекса «ИГО-РА» в Ленинградской обл. [2]. Это первый в России СПГ-комплекс вместимостью 198,6 м³ и производительностью по газифицированному газу 660 нм³/ч. Он создан совместным трудом специалистов ЗАО «Крионорд», ЗАО «Криогаз» и ОАО «Криогенмаш».

3. КРИОГЕННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ, ХРАНЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПГ

Рассмотрим основные показатели другого более мощного криогенного СПГ-комплекса, с помощью которого решена проблема энергоснабжения порта г. Приморска Ленинградской области.

При проектировании экспортного морского терминала по отгрузке светлых нефтепродуктов в этом порту было предусмотрено строительство перекачивающей станции с мощными электрическими насосами. С её помощью можно было нефтепродукты из хранилищ подавать в морские танкеры. Для этого требовалось подключить энергоёмкий объект, нуждающийся в токе напряжением 10 кВ, к высоковольтной линии. Это вызвало непреодолимые трудности. И тогда было принято решение об альтернативном энергоснабжении терминала отгрузки нефтепродуктов [3].

В 2006 г. был разработан проект энергокомплекса на СПГ с полной утилизацией тепла на основе газопоршневых агрегатов компании «GE Jenbacher». Их электрическая мощность составляет 5,6 МВт, а тепловая — более 6 МВт. Для гарантированного снабжения электроэнергией терминала была разработана система приёма, хранения и регазификации СПГ (СПХР СПГ), предназначенная обеспечить газопоршневые электростанции газовым топливом.

Возможности системы позволяют хранить и выдавать СПГ в качестве как основного топлива (две БСХП-63/0,7), так и резервного (три резервуара РЦВ-63/0,7). Суммарная вместимость системы хранения СПГ составляет 331,5 м³ (118 т СПГ)



Фото 2. Система хранения СПГ с испарителями ИА-65



Фото 3. Монтаж резервуаров РЦВ-63/0,7



Фото 4. Криогенный СПГ-комплекс терминала порта Приморск

Проект, поставка оборудования, строительство,

монтаж и пусконаладочные работы выполнялись ООО ИЦ «Альтерэн» и ЗАО «Криогаз». Основное криогенное оборудование для хранения и газификации СПГ, которое характеризует приведённая таблица, поставило ОАО «Криогенмаш».

СПХР СПГ предназначена для обеспечения потребителя природным газом, газифицированным из сжиженного, и поддержания параметров выдаваемого природного газа в заданных пределах по давлению и температуре. В состав системы приёма, хранения и регазификации энергокомплекса, кроме указанного в

таблице, входят: заправочная колонка; комплект криогенных трубопроводов и арматуры; комплект газовых трубопроводов и арматуры; электрические подогреватели газа; газорегулирующий пункт; коммерческие узлы учёта расхода газа; система контроля параметров.

Система СПХР СПГ размещается на открытой площадке. Её работа организуется следующим образом. Из автомобильной транспортной цистерны через заправочную колонку по криогенному трубопроводу СПГ за счёт перепада давлений подаётся в БСХП и РЦВ. СПГ из резервуаров БСХП-63/0,7 под давлением 0,4-0,6 МПа поступает в секцию

испарителей-подогревателей (одна — рабочая, вторая — на отогреве), где испаряется и подогревается за счёт тепла окружающей среды. Затем ПГ направляется в коллектор потребителя с расходом до 1000 $\text{нм}^3/\text{ч}$ и давлением 0,4-0,6 МПа. Переключение секций испарителей-подогревателей производится вручную в соответствии с регламентом эксплуатации.

Для выдачи СПГ из трёх резервуаров РЦВ-63/0,7 применено специальное техническое решение. Оно позволяет использовать только один атмосферный испаритель наддува типа ИА-65 для газификации потока СПГ, выдаваемого из резервуаров. Такая технология наддува обеспечивает выдачу природного газа при заданном рабочем давлении.

При необходимости (в холодное время года) температура природного газа дополнительно повышается в теплообменниках-подогревателях. Температура газа на выходе из них поддерживается автоматически. Далее, подготовленный газ по внутренней трубопроводной сети подводится к газопотребляющему оборудованию. Представление об общем виде СПГ-комплекса и этапах монтажа оборудования дают фото 2-4.

Оборудование криогенного комплекса располагается на открытой бетонированной площадке.

4. ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СПГ-КОМПЛЕКСОВ

Для комплектации криогенных комплексов хранения и газификации нашим предприятием изготавливаются горизонтальные и вертикальные компактные системы хранения (БСХП) вместимостью от 5 до 100 м^3 , а также криогенные резервуары

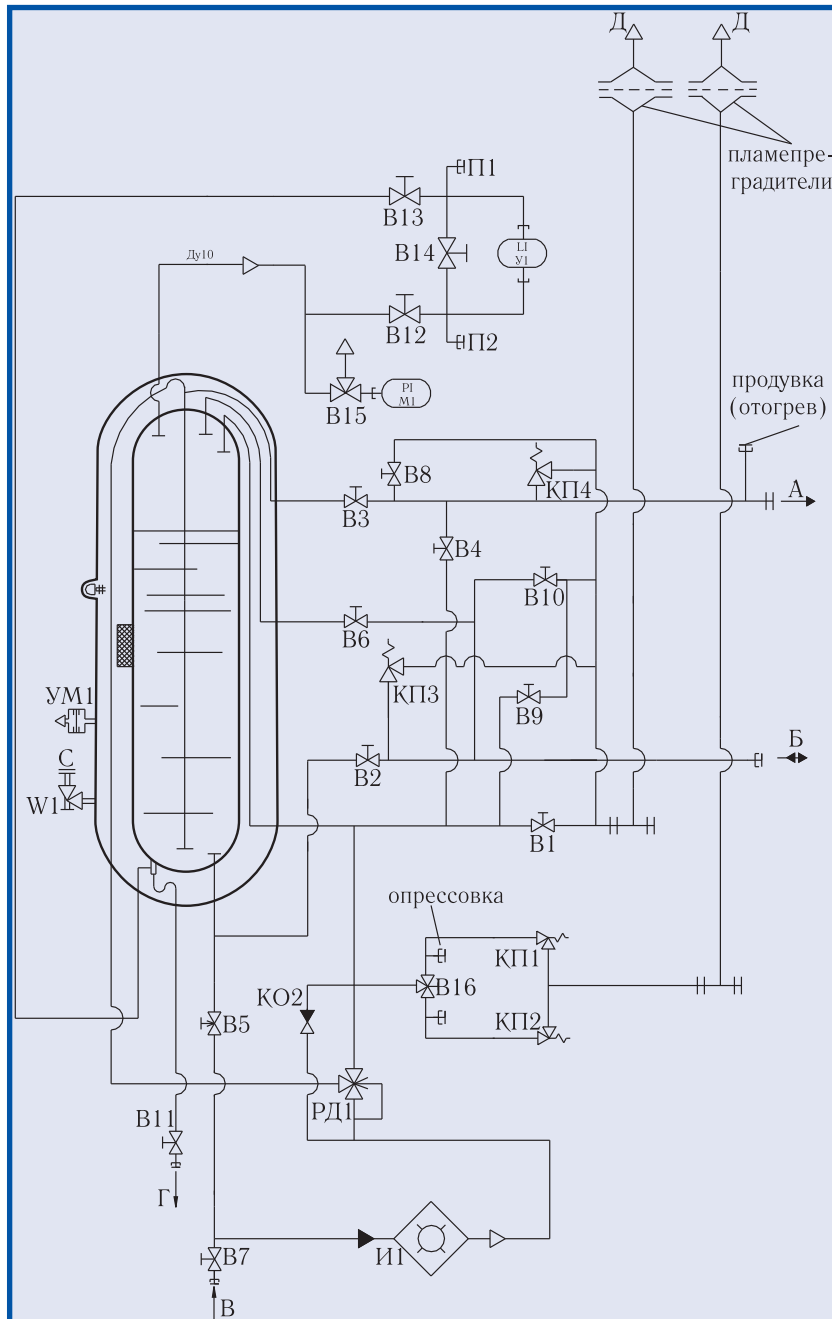


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема БСХП: В1, ..., В16 — вентили; КП1, ..., КП4 — предохранительные клапаны; РД1 — регулятор давления; КО2 — клапан обратный; У1 — показывающий урвнеммер (дифманометр); М1 — показывающий манометр; И1 — испаритель наддува; W1 — вакуумный клапан; А, Б, В, Г, Д — патрубки трубопроводов; П1, П2 — штуцеры для дистанционного контроля уровня и давления

от 5 до 250 м³ [1,4]. Системы хранения и выдачи СПГ любого объёма создаются нами на основе серийно выпускаемых БСХП и резервуаров.

Компактные системы хранения созданы на базе криогенных резервуаров: вертикальных с объёмами 5, 10, 25, 63 м³ и горизонтальных с объёмами 50, 100 м³. БСХП состоят из криогенного резервуара, арматурного шкафа с запорной, регулирующей, предохранительной арматурой и приборами контроля параметров, испарителя наддува (выполнен из алюминиевого профиля) и трубопроводов обвязки этого оборудования. Испаритель наддува предназначен для газификации потока СПГ, выдаваемого из резервуара.

ОАО «Криогенмаш» традиционно изготавливает БСХП и криогенные резервуары с высокоэффективной экранно-вакуумной тепловой изоляцией. Пространство между внутренним сосудом и кожухом перед отправкой БСХП заказчику вакуумируется. Весь ряд компактных систем хранения и резервуаров поставляется в состоянии полной заводской готовности.

По своему схемному решению БСХП (см. рис. 5) выполняет автоматическое с помощью регулятора поддержание давления на выходе из резервуара, что обеспечивает постоянство давления продукта в газообразном или жидком состоянии с гарантированной точностью в пределах создаваемых расходов. Принципиально важным схемным решением можно считать возможность дозаправки резервуара жидким метаном без сброса давления и без прекращения его выдачи потребителю. Реализация такой технологической операции осуществляется при одновременной подаче жидкого метана вниз резервуара и в паровую зону, обеспечивая тем самым поддержание постоянного давления заправки.



Фото 6. Компактная система хранения БСХ-25/0,6

Система укомплектована также необходимыми средствами контроля и управления технологическими процессами, а также оборудованием предварительной подготовки резервуара и его коммуникаций методом продувки или полоскания газообразным азотом. Она оснащена предохранительными устройствами, обеспечивающими безопасную эксплуатацию, трубопроводами организованного газосброса с пламепреградителями. Имеется возможность подключения приборов дистанционного контроля уровня продукта и давления в резервуаре. Система обеспечена приборами визуаль-

ного контроля давления и уровня СПГ в резервуаре, не требующими источников энергии. Внешний вид БСХ с испарителем наддува показан на фото 6.

Продукционный испаритель ИА-65 (см. фото 2) предназначен для газификации жидких криогенных продуктов с использованием тепла окружающего воздуха. Испаритель представляет собой каркасную конструкцию на базе прокатно-сварных панелей (теплообменников). Панели сколлектированы конструктивно в два блока. В одном происходит испарение жидкого криопродукта, в другом — осуществляется подогрев газа до температуры, близкой к температуре атмосферного воздуха. Панели объединены входным и выходным коллекторами. Поверхность теплообмена испарителя — 65 м². Соединение испарителя с трубопроводами обвязки — под приварку или фланцевое.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате совместной работы ООО ИЦ «Альтерэн», ЗАО «Криогаз» и ОАО «Криогенмаш» с применением СПГ-технологий решена проблема энергообеспечения терминала отгрузки нефтепродуктов в порту Приморск. В 2007 г. разработан и успешно внедрён энергокомплекс с системой приёма, хранения и регазификации СПГ, который вырабатывает на основе газопоршневых агрегатов компании «GE Jenbacher» 5,6 МВт электрической и более 6 МВт тепловой мощности.

Наблюдаемое сейчас развитие теплоэнергетики позволяет надеяться, что в России и других странах в ближайшие годы СПГ займёт, с учётом его доступной стоимости и экологической чистоты, достойную нишу среди других видов топлива. Для внедрения систем хранения и газификации СПГ существуют проверенные проектные решения, создано эффективное отечественное оборудование. Для реализации проектов «под ключ» имеются специализированные организации и необходимые технические возможности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Децентрализованное энергоснабжение с использованием сжиженного природного газа/ А.П. Иньков, Б.А. Скородумов, Р.В. Дарбинян и др.// АВОК. — 2003. — № 2. — С. 64-70.
2. Лёд и пламень от ЗАО «Крионорд»// Промышленно-строительное обозрение. — 2006. — № 91// www.spbpromstroy.ru/91/50.php
3. Альтернатива от «Альтерэн». Решение проблем энергоснабжения порта Приморск// Промышленно-строительное обозрение. — 2006. — № 86// www.stroygorhoz.ru/86/86.php
4. Системы хранения и газификации сжиженного природного газа/ А.М. Домашенко, М.А. Кузнецов, А.Г. Лапшин и др.// Информационный бюллетень НГА. — 2006. — № 3(24). — С. 17-19.