



Экономическая лаборатория
Александра Климентьева



СПРАВОЧНИК НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

ТОМ 1 КНИГА 2

«МАЛОТОННАЖНЫЙ СПГ. ДРОССЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНЫЙ ЦИКЛ»

обновление 02 сентября 2024 года

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ	7
SWOT-АНАЛИЗ.....	8
АО «КРИОГЕНМАШ»	9
ОПИСАНИЕ КОМПАНИИ	9
ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ	10
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА	11
РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ	13
ООО НПК «НТЛ»	14
ОПИСАНИЕ КОМПАНИИ	14
ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ	15
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА	16
РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ	17
ООО «ШЕЛЬФ»	18
ОПИСАНИЕ КОМПАНИИ	18
ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ	19
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА	20
РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ	21

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

РИСУНОК 1: РОЛЬ ДРОССЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СЖИЖЕНИЯ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ МТСПГ ..5	
РИСУНОК 2: УСТАНОВЛЕННЫЕ МОЩНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ МТСПГ ЗАВОДОВ ПО РАЗРАБОТЧИКАМ ДРОССЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	6
РИСУНОК 3: TS ДИАГРАММА ИДЕАЛЬНОГО ДРОССЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНОГО ЦИКЛА	7
РИСУНОК 4: ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА АО «КРИОГЕНМАШ»	11
РИСУНОК 5: ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ООО НПК «НТЛ»	16
РИСУНОК 6: ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ООО «ШЕЛЬФ»	20

СПИСОК ТАБЛИЦ

ТАБЛИЦА 1: ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ АО «КРИОГЕНМАШ»	10
ТАБЛИЦА 2: ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ АО «КРИОГЕНМАШ»	10
ТАБЛИЦА 3: ПРОЕКТЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ АО «КРИОГЕНМАШ»	13
ТАБЛИЦА 4: ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ ООО НПК «НТЛ»	15
ТАБЛИЦА 5: ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ООО НПК «НТЛ»	15
ТАБЛИЦА 6: ПРОЕКТЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ ООО НПК «НТЛ»	17
ТАБЛИЦА 7: ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ ООО «ШЕЛЬФ»	19
ТАБЛИЦА 8: ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ООО «ШЕЛЬФ»	19
ТАБЛИЦА 9: ПРОЕКТЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ ООО «ШЕЛЬФ»	21

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АГНКС	автомобильная газонаполнительная компрессорная станция
АЗС	автозаправочная станция
ВРУ	воздухоразделительная установка
ГМТ	газомоторное топливо
ГПЗ	газоперерабатывающий завод
ЕСГ	единая система газоснабжения
ЖКХ	жилищно-коммунальное хозяйство
КПГ	сжиженный природный газ
криоАЗС	криогенная автозаправочная станция
МТСПГ	малотоннажный СПГ
КСПГ	комплекс по производству СПГ
НДТ	наилучшие доступные технологии
СПГ	сжиженный природный газ
СТСПГ	среднетоннажный СПГ

Проект Экономической лаборатории Александра Климентьева
Информационный партнер: телеграм-канал «Молекулы Добра»
Подготовлено в сотрудничестве с Национальной ассоциацией СПГ

<https://ак-лаб.рф/>
<https://t.me/molecooly>
<https://nassng.ru/>

КОМПАНИИ И ОРГАНИЗАЦИИ, УПОМЯНУТЫЕ В СПРАВОЧНИКЕ

В настоящем НДТ описание технологических решений приведены в алфавитном порядке по компаниям.



 143907, Московская область,
г. Балашиха, пр. Ленина, д. 67

 +7 (495) 505 93 33
 root@cryogenmash.ru



 Свердловская область,
г. Верхняя Салда, ул. Ленина, д.29

 +7 (34345) 5-12-85
 ntl@npk-ntl.ru



 346512, Ростовская область,
г. Шахты, ул. Наклонная 5В

 +7(960) 447-61-28
 shelftrk@mail.ru

ДРОССЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНЫЙ ЦИКЛ СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Дроссельно-эжекторный цикл – технология производства СПГ за счет расширения сырьевого потока, находящегося под давлением, с применением специальных устройств эжекторов и дросселей, расположенных последовательно.

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЧЕМПИОН»



«УГАСАЮЩАЯ ЗВЕЗДА»



«ЦЕНТРЫ РОСТА»



КЛЮЧЕВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- подготовка и очистка сырьевого потока
- компрессорное оборудование для сжатия сырьевого потока
- предварительное охлаждение с использованием холодильной машины
- дроссельно-эжекторный блок
- витые теплообменники

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ

- малая мощность
- быстрый срок изготовления оборудования
- большое количество предложений на внутреннем рынке
- продолжительная история эксплуатации
- появление на рынке «национальных чемпионов»
- возможность реализации проектов единичной мощностью от 0,3 до 6 т/ч
- производство «теплого СПГ» (температура выше минус 159 °С)

ЦИФРЫ

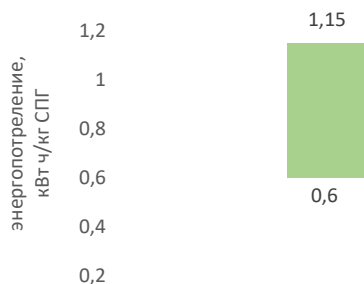
17 УСТАНОВОК ПРОИЗВОДСТВА СПГ

162 ТЫС Т УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ

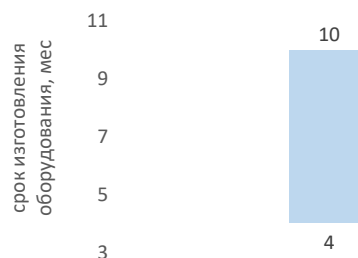
46 % НА РЫНКЕ МТСПГ ПРОЕКТОВ

6 РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ С СОБСТВЕННОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА



СРОК ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ

- рост единичной мощности до 6 т/ч
- повышение энергоэффективности
- снижение удельных капитальных затрат, в т.ч. за счет тиражирования

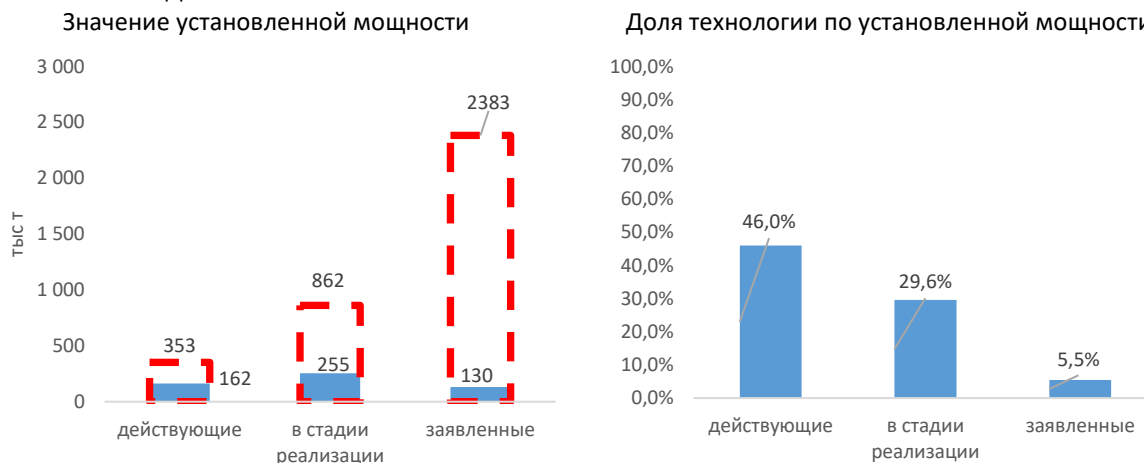
ВВЕДЕНИЕ

Дроссельно-эжекторный цикл является наиболее распространенной технологией производства СПГ в настоящее время. По состоянию на 01 августа 2024 года в стране введено в эксплуатацию 24 завода МТСПГ общей установленной мощностью 353 тыс т. По дроссельно-эжекторному циклу построено 17 установок. Наиболее распространенная единичная мощность составляет 1,5 т/ч (12,5 тыс т/год). Но технология достаточно широко используется на проектах меньшей мощности – на 9 проектах МТСПГ установленная мощность составляет менее 1,5 т/ч.

Популярность технологии обеспечивает относительная легкость ее разработки и внедрения, наличие широкого выбора потенциальных поставщиков оборудования.

Общая установленная мощность установок по дроссельному циклу на действующих проектах составляет 162 тыс т, что обеспечивает долю технологии на российском рынке в 46 %.

РИСУНОК 1: РОЛЬ ДРОССЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СЖИЖЕНИЯ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ МТСПГ



Источник информации:

#СПГкарта, оценки Экономическая лаборатория АлександрА Климентьева

На проектах в стадии реализации, несмотря на рост общей установленной мощности до 255 тыс т, доля дроссельно-эжекторных решений снижается до 29,6 %.

В перспективных проектах установленная мощность достигает 130 тыс т, а доля технологии падает до 5,5 %.

Таким образом, следует сделать вывод, что преимущества технологии обеспечивают достаточно устойчивый долгосрочный спрос на дроссельно-эжекторные решения. Однако при этом общий рост российского МТСПГ рынка и выбор большинства владельцев проектов в отношении других технологий сжижения приводят к падению доли на рынке, а ограниченные ожидания по перспективной установленной мощности приведут к росту конкуренции между поставщиками технологических решений.

Барьер единичной мощности дроссельно-эжекторной технологии в настоящее время составляет 1,5 – 3 т/ч, что приводит к тому, что на более производительных проектах выбор делается в пользу технологий смешового и азотного хладагентов.

Большое количество реализованных проектов, эволюционное развитие рынка МТСПГ позволили появиться на национальном рынке технологическому лидеру – компании ООО НПК «НТЛ».

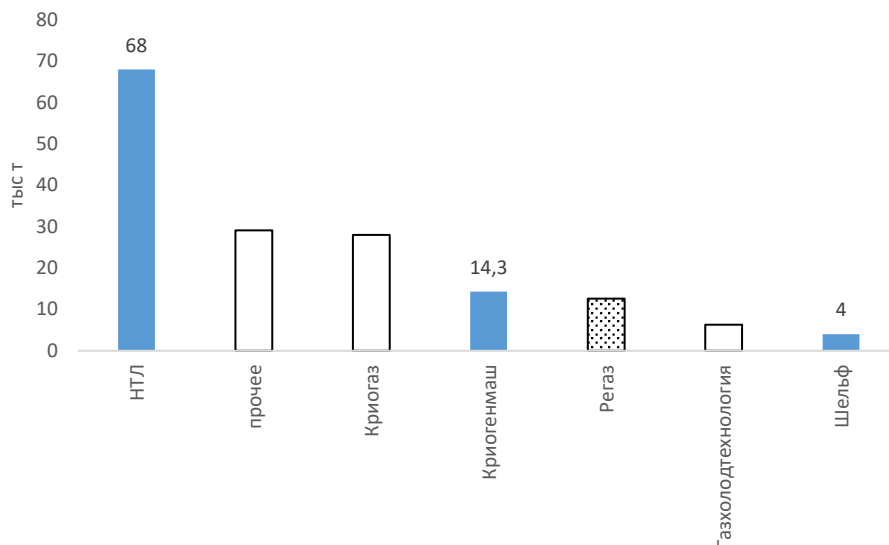
Технологические решения и оборудование этой компании использовано на 9 проектах, установленная мощность производств достигает 68 тыс т, что обеспечивает долю компании в сегменте в 48 %.

При анализе была выделена категория «прочее» в отношении производств, построенных до 2014 года, где достоверно сложно определить разработчика технологии.

Компания «Криогаз» на двух своих проектах использует дроссельно-эжекторный цикл собственной технологической разработки. Но компания приняла стратегическое решение не развивать направление и сделать ставку на технологию смешового хладагента.

На анонсированном в августе 2024 года проекте на Кузбассе «Криогаз» построит сразу 6 линий мощностью 2 т/ч на смешовом хладагенте.

РИСУНОК 2: УСТАНОВЛЕННЫЕ МОЩНОСТИ ДЕЙСТВУЮЩИХ МТСПГ ЗАВОДОВ ПО РАЗРАБОТЧИКАМ ДРОССЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ



сплошная заливка по компаниям, участвовавшим в составлении справочника НДТ
«Регаз» - не является российским разработчиком дроссельно-эжекторной технологии сжижения

Источник информации:
#СПГкарта, оценки Экономическая лаборатория Александра Климентьева

С существенным запозданием на российский рынок выходят компании АО «Криогенмаш» и ООО НПК «Шельф».

Хотя АО «Криогенмаш» имеет обширный опыт поставок в КНР - в период с 2006 по 2018 гг. было поставлено 23 ожижителя производительностью от 0,3 до 3 т/ч -, но в сегменте действующих производств на российском рынке у компании пока только один реализованный проект. У ООО НПК «Шельф» также один реализованный проект. Но у компании «Криогенмаш» в стадии реализации находятся три проекта, заказчиками выступают «НОВАТЭК», «Газпром СПГ технологии» и частный заказчик.

В портфеле ООО НПК «Шельф» есть два проекта от частных заказчиков.

Перспективы и направления развития технологии

Несмотря на высокую популярность дроссельно-эжекторного цикла в настоящее время, рост единичной производительности проектов МТСПГ, использующих смесевые и азотные циклы, приводит к снижению доли технологии на рынке реализуемых и перспективных проектов.

Однако российские компании, развивающие дроссельные технологии, планируют побороться за рынок. Все компании из настоящей редакции справочника НДТ декларируют возможность реализации дроссельно-эжекторных установок установленной мощностью до 6 т/ч.

В этом диапазоне производительности лучшее дроссельно-эжекторное решение демонстрирует показатели энергоэффективности, сопоставимые с более сложными технологиями сжижения.

Данная единичная мощность является верхним пределом масштабирования технологии.

Для установок большей производительности целесообразно использовать более сложные технологии смесового цикла и азотного хладагента. В исключительных случаях возможно применение детандерных технологий.

ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ

На малотоннажных СПГ заводах используются два принципиально различные технологические решения: «технология открытого цикла» и «технология цикла расширения хладагента».

Технология открытого цикла предполагает использование давления подаваемого газа в качестве источника энергии для его охлаждения. Газ, находящийся под высоким давлением, пропускается через дроссели, эжекторы, турбины, расширяется, охлаждается, и на выходе из системы часть потока переходит в жидкое агрегатное состояние.

Технология цикла расширения хладагента (азот, многокомпонентная смесь) построена на циркуляции хладагента в замкнутом контуре, содержащем компрессоры и турбины. Хладагент охлаждается и подается в теплообменный аппарат, в который также подается сырьевой газ. Происходит процесс теплообмена, метан охлаждается и сжижается, а хладагент наоборот подогревается и возвращается на повторное охлаждение.

Дроссельно-эжекторный цикл относится к технологиям открытого цикла сжижения. Коэффициент ожижения за один проход достигает 50 %. Оставшийся газ может быть направлен потребителю газа с низким давлением или возвращен на вход в установку для обеспечения полного ожижения сырьевого потока.

На упрощенной TS диаграмме производства сжиженного природного газа схема сжижения по дроссельно-эжекторному циклу происходит по следующему пути:

- 1 – 1' – 2 изотермическое сжатие природного газа
2 – 3' – 3 расширение природного газа через дроссельно-эжекторные устройства

РИСУНОК 3: TS ДИАГРАММА ИДЕАЛЬНОГО ДРОСДЕЛЬНО-ЭЖЕКТОРНОГО ЦИКЛА



стрелками обозначено направление процесса

Источник информации:
Экономическая лаборатория АлександрА КлиментьевА

Все установки по дроссельно-эжекторному циклу в России настроены на полное ожижение сырьевого газа без выдачи природного газа низкого давления потребителю с возвратом несжиженного потока на повторное ожижение.

Необходимость многократного сжатия сырьевого газа обуславливает использование достаточно мощного компрессорного оборудования.

Производство «теплого» СПГ, находящегося под давлением, позволяет снизить энергетические затраты дроссельно-эжекторного цикла. На начальном этапе производства СПГ установки с применением дросселей устанавливались на ГРС, чтобы получить возможность использования энергии газа под давлением магистрального газопровода. Однако выигрыши от подобного решения не оказались достаточно устойчивыми и в настоящее время установки производства СПГ в режиме ГРС действуют только с использованием детандерного цикла сжижения.

SWOT-АНАЛИЗ

Сильные стороны

- высокий уровень локализации производства оборудования в Российской Федерации;
- наличие нескольких российских технологических команд и возможность выбора между поставщиками;
- большой опыт внедрения на производствах различной мощности и в различных климатических условиях;
- возможность быстрого запуска и остановки производства;
- широкий диапазон загрузки установленных мощностей;
- конкурентоспособность лучших технологий по энергоэффективности с более сложными технологиями;
- короткий срок изготовления и поставки оборудования.

Слабые стороны

- как правило, отсутствие возможности производства «холодного СПГ» и производство СПГ только под давлением;

Возможности

- снижение удельных энергетических затрат;
- сокращение удельных капитальных затрат за счет тиражирования проектов;
- увеличение единичной мощности до целевого уровня в 6 т/ч.

Угрозы

- настороженность инвесторов в связи с заблуждением о производстве некачественного СПГ и повышенными энергетическими затратами.
- невозможность поставки «теплого СПГ» в возможные СПГ хабы с изотермическими резервуарами хранения;
- сокращение выбора поставщиков компрессорного оборудования.

АО «КРИОГЕНМАШ»

ОПИСАНИЕ КОМПАНИИ



143907, Московская область,
г. Балашиха, пр. Ленина, д. 67

+7 (495) 505 93 33
root@cryogenmash.ru

АО «Криогенмаш» выпускает различные виды оборудования для производства, транспортирования и хранения технических газов. Предприятие изготовило и поставило в 30 стран мира более 600 криогенных воздухоразделительных установок, более 2000 крупных систем хранения и газификации криопродуктов, более 200 мембранных газоразделительных установок, 28 реализованных блоков и установок ожижения по циклу высокого давления природного газа с дроссельно-эжекторной ступенью (23 блока ожижения – в Китае, 4 установки – в России) и 1 установка с азотным турбодетандерным циклом (в России).

АО «Криогенмаш» выполняло работы по наукоемкому оборудованию, включая системы термостатирования и заправки жидкими криопродуктами на космодромах РФ и за рубежом, крупномасштабные гелиевые системы, установки разделения редких газов, оборудование для среднетоннажных заводов СПГ.

Предприятие выполняет проектирование, конструирование, изготовление оборудования, организует строительно-монтажные и пуско-наладочные работы, обучение персонала и другие виды работ.

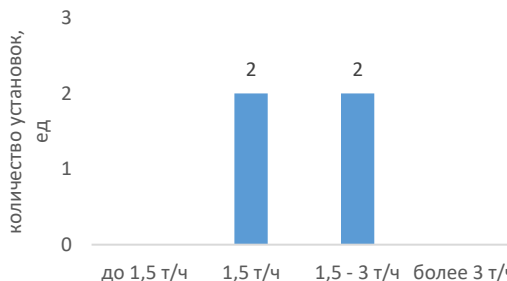
АО «Криогенмаш» осуществляет гарантийное и послегарантийное (сервисное) обслуживание, обеспечение потребителей запасными частями, мониторинг состояния кислородных производств, проведение технологического и технического обследования систем и установок, технического освидетельствования оборудования с целью продления назначенного срока службы, проведение пусконаладочных работ, консультационные услуги в области создания и эксплуатации воздухоразделительных производств.

ЭКСПРЕСС КАРТА

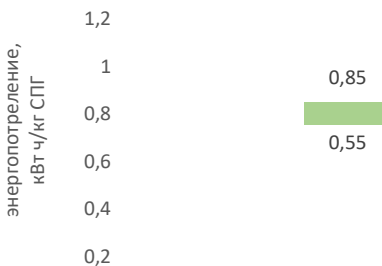
несколько реализованных проектов в разных регионах и различных климатических зонах

количество проектов по единичной мощности

ОПЫТ РАБОТЫ



ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ



ОБОРУДОВАНИЕ РОССИЙСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА

в реестр не включено оборудование компании по
Постановлению Правительства РФ № 719

КЛИЕНТЫ

ООО «ТопГаз»
ООО «Газпром СПГ технологии»
ООО «НОВАТЭК-СПГ топливо Кашира»
ООО «НОВАТЭК-СПГ топливо Тольятти»

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ

Технологии дроссельно-эжекторного цикла АО «Криогенмаш» покрывают диапазон единичной мощности до 3 т/ч. Строительство комплекса мощностью 6 т/ч может быть обеспечено путем строительства нескольких линий.

ТАБЛИЦА 1: ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ АО «КРИОГЕНМАШ»

Единичная мощность	до 1 тонны	1,5 тонны	3 тонны	6 тонн*
реализованная технология	+	+	+	-
разработана документация	+	+	+	+
получен патент	+	+	+	+

* - 2 линии по 3 т/ч

Источник информации:

АО «Криогенмаш»

АО «Криогенмаш» имеет в портфеле две технологии дроссельно-эжекторного цикла АО «Криогенмаш»:

Вариант 1 защищен патентом RU2355959C1;

Вариант 2, по которому с 2021 года реализуются УСПГ, был защищен патентом RU2256130C2.

Производственные возможности компании обеспечивают собственное производство ключевых блоков: блоков осушки, криогенной арматуры, теплообменников, сепараторов, эжекторов, АСУТП, систем хранения и выдачи СПГ для строительства установок сжижения природного газа.

ТАБЛИЦА 2: ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ АО «КРИОГЕНМАШ»

	Технология / Тип оборудования	Поставщик
Подготовка газа		
демеркуризация		внешняя закупка
H2S		внешняя закупка
CO2		АО «Криогенмаш» / внешняя закупка
N2		АО «Криогенмаш»
Осушка газа		АО «Криогенмаш»
Дроссельно-эжекторный блок		АО «Криогенмаш»
Теплообменники		АО «Криогенмаш»
Системы хранения		АО «Криогенмаш»
Блоки удаления тяжелых углеводородов		АО «Криогенмаш»
Компрессорное оборудование		внешняя закупка
Криогенная арматура		АО «Криогенмаш» / внешняя закупка
АСУТП		АО «Криогенмаш» / внешняя закупка
Коэффициент ожижения за один цикл, %	34-41	-
Энергопотребление, кВт ч/кг	0,55-0,85 ¹	-
Средний срок изготовления оборудования, мес.	8	-

Источник информации:

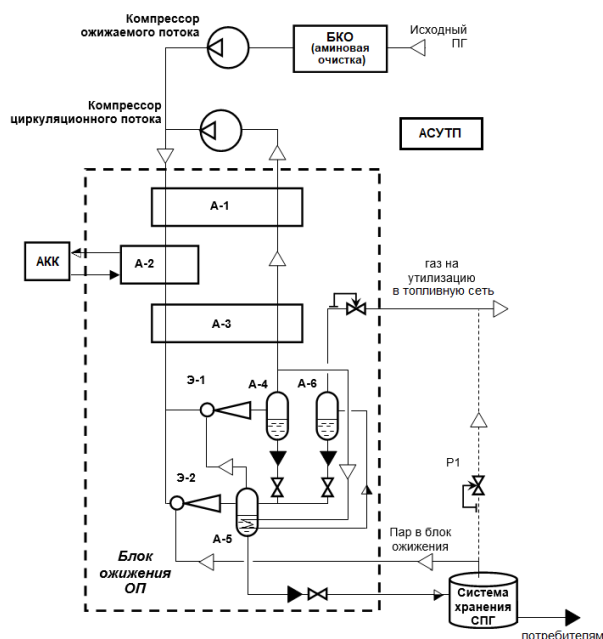
АО «Криогенмаш»

¹ в зависимости от состава и давления исходного природного газа и требуемого давления СПГ.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

РИСУНОК 4: ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА АО «КРИОГЕНМАШ»

ВАРИАНТ 1



АКК агрегат компрессорно-конденсаторный
АСУТП автоматизированная система управления технологическим процессом
БКО блок комплексной очистки и осушки
ОП блок ожижения (ожижитель природного газа)
СХП система хранения и выдачи СПГ
ПГ природный газ

Источник информации:

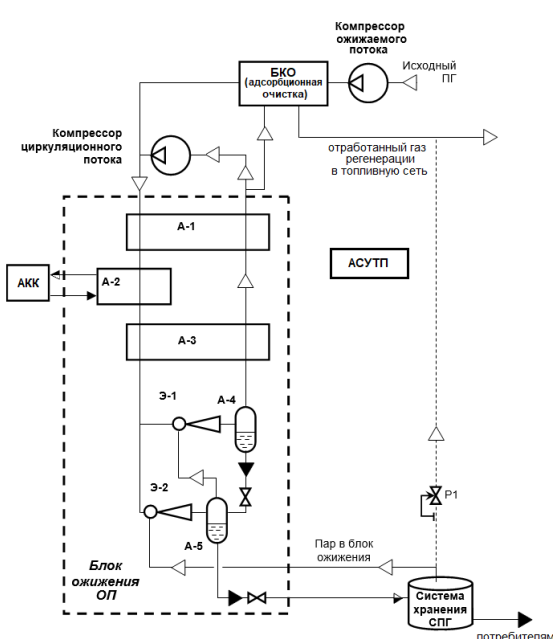
АО «Криогенмаш»

Исходный природный газ (ПГ) направляют в блок комплексной очистки (аминовая) и осушки (БКО), в котором из ПГ удаляют CO_2 , H_2S и влагу. Затем ПГ сжимают в компрессоре ожижаемого потока до давления 20 МПа, смешивают с газом после циркуляционного компрессора и направляют в блок ожижения ОП.

Блок ожижения имеет блочно-модульное исполнение и включают в себя витые теплообменные аппараты, сепараторы, эжекторы, трубопроводную обвязку из нержавеющей стали, арматуру и контрольно-измерительные приборы. Оборудование блока ожижения размещено на раме с учетом устойчивости и равномерности распределения нагрузки на фундамент. Для теплоизоляции аппаратов и холодных трубопроводов применяется теплоизоляционный материал из вспененного каучука. Для защиты теплоизоляции от механических повреждений все низкотемпературные аппараты и трубопроводы заключаются в кожух из алюминиевой ленты.

В блоке ожижения природный газ высокого давления (прямой поток) последовательно охлаждают в теплообменниках А-1, А-2 и А-3, затем разделяют на две части и направляют на расширение в эжекторы Э-1 и Э-2. Образовавшуюся после

ВАРИАНТ 2



Исходный природный газ (ПГ) направляют в компрессор ожижаемого потока, в котором повышают давление ПГ до ~20 МПа, затем ПГ направляют в адсорбционный блок комплексной очистки и осушки (БКО), в котором из ПГ удаляют CO_2 , H_2S и влагу. Очищенный и осушенный в БКО ПГ смешивают с газом после циркуляционного компрессора и образовавшийся прямой поток ПГ направляют в блок ожижения (ОП).

Блок ожижения имеет блочно-модульное исполнение и включают в себя витые теплообменные аппараты, сепараторы, эжекторы, трубопроводную обвязку из нержавеющей стали, арматуру и контрольно-измерительные приборы. Оборудование блока ожижения размещено на раме с учетом устойчивости и равномерности распределения нагрузки на фундамент. Для теплоизоляции аппаратов и холодных трубопроводов применяется теплоизоляционный материал из вспененного каучука. Для защиты теплоизоляции от механических повреждений все низкотемпературные аппараты и трубопроводы заключаются в кожух из алюминиевой ленты.

В блоке ожижения природный газ высокого давления (прямой поток) последовательно охлаждают в теплообменниках А-1, А-2 и А-3, затем

ВАРИАНТ 1

расширения в эжекторе Э-1 парожидкостную смесь направляют в сепаратор А-4. Жидкость из сепаратора А-4 дросселируют, смешивают с потоком после эжектора Э-2 и направляют в сепаратор А-5. Жидкость из сепаратора А-5 дросселируют и направляют в систему хранения. Пар из системы хранения возвращают в блок ожижения и направляют на вход пассивного потока эжектора Э-2. Пар из сепаратора А-5 направляют на вход пассивного потока эжектора Э-1. Пар из сепаратора А-4 разделяют на два потока: большую часть в качестве обратного потока направляют в теплообменники А-3 и А-1 для рекуперации холода. После рекуперации холода обратный поток из блока ожижения направляют в циркуляционный компрессор, в котором повышают давление газа до 20 МПа. После циркуляционного компрессора газ (циркуляционный поток) смешивают с охлаждаемым потоком и опять направляют в блок ожижения.

Меньшую часть потока пара из сепаратора А-4 направляют в конденсатор, расположенный в жидкостной части сепаратора А-5. Образовавшуюся после конденсатора парожидкостную смесь направляют в сепаратор А-6. Жидкость из сепаратора А-6 дросселируют и направляют в сепаратор А-5, паровую фазу из сепаратора А-6, обогащенную азотом, водородом и гелием, выводят из блока ожижения на утилизацию в топливную сеть.

Для предварительного охлаждения прямого потока в блоке ожижения используют агрегат компрессорно-конденсаторный (АКК), который подает жидкий хладагент в теплообменник А-2. Парожидкостной поток хладагента из А-2 возвращают в АКК.

При возникновении увеличенного потока паров из системы хранения (например, при захолаживании резервуаров транспортных цистерн) избыточные пары направляются на утилизацию в топливную сеть через регулятор поддержания давления Р-1 в системе хранения.

ВАРИАНТ 2

разделяют на две части и направляют на расширение в эжекторы Э-1 и Э-2.

Образовавшуюся после расширения в эжекторе Э-1 парожидкостную смесь направляют в сепаратор А-4. Жидкость из сепаратора А-4 дросселируют, смешивают с парожидкостным потоком из эжектора Э-2 и направляют в сепаратор А-5. Жидкость из сепаратора А-5 дросселируют и направляют в СХП. Пар из СХП возвращают в блок ожижения и направляют на вход пассивного потока эжектора Э-2. Пар из сепаратора А-5 направляют на вход пассивного потока эжектора Э-1. Пар из сепаратора А-4 (обратный поток) направляют в теплообменники А-3 и А-1 для рекуперации холода. После рекуперации холода обратный поток, выходящий из блока ожижения, разделяют на две части: большую часть обратного потока направляют в циркуляционный компрессор, в котором повышают давление газа до ~20 МПа, затем смешивают с потоком после БКО и образовавшийся прямой поток направляют в блок ожижения.

Меньшую часть обратного потока направляют на регенерацию адсорберов БКО, отработанный газ регенерации направляют в топливную сеть.

Для предварительного охлаждения прямого потока в блоке ожижения используют агрегат компрессорно-конденсаторный (АКК), который подает жидкий хладагент в теплообменник А-2. Парожидкостной поток хладагента из А-2 возвращают в АКК.

При возникновении увеличенного потока паров из системы хранения (например, при захолаживании резервуаров транспортных цистерн) избыточные пары направляются на утилизацию в топливную сеть через регулятор поддержания давления Р-1 в системе хранения.

РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ

ТАБЛИЦА 3: ПРОЕКТЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ АО «КРИОГЕНМАШ»

Реализованные проекты	Год реализации	Заказчик	Мощность, т/ч
Блок ожижения ОП-1,5	2006	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	1,5
Блок ожижения ОП-1,5	2007	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	1,5
Блок ожижения ОП-1,5	2008	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	1,5
Блок ожижения ОП-1,5	2009	Sichuan Suoyo Gas Co., Ltd	1,5
Блок ожижения ОП-1,0	2009	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	1,0
Блок ожижения ОП-2,5 2 шт.	2010	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	5 (2x2,5)
Блок ожижения ОП-1,5 2 шт.	2010	Natural Gas Company Huabang Co., Ltd.	3 (2x1,5)
Блок ожижения ОП-3,0 3 шт.	2011	Chongqing Huarui Petroleum & Chemical Stock Co., Ltd	9 (3x3,0)
Блок ожижения ОП-1,5	2012	Sichuan Hongda Oil And Natural Gas Co., Ltd	1,5
Блок ожижения ОП-3,0	2013	Shandong Xingbang Industrial Equipment Co., Ltd	3,0
Блок ожижения ОП-1,5	2013	Chongqing Qianyan Oil And Gas Project Designing Co., Ltd.	1,5
Блок ожижения ОП-3,0	2013	Chongqing Qianyan Oil And Gas Project Designing Co., Ltd.	3,0
Блок ожижения ОП-1,5	2013	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	1,5
Блок ожижения ОП-1,0	2013	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	1,0
Блок ожижения ОП-0,3	2013	Ningbo Baosi Energy Equipment	0,3
Блок ожижения ОП-1,5	2014	Chongqing Endurance Industry Stock Co., Ltd	1,5
Блок ожижения ОП-2,5	2015	XIUSHAN XIAN YIXING TRADE CO.	2,5
Блок ожижения ОП-3,0	2015	Chongqing Qianyan Oil And Gas Project Designing Co., Ltd.	3,0
Блок осушки ПГ (КСПГ-4,0)	2017	ООО «Криогаз-Псков»	4,0
Блок ожижения ОП-3,0	2018	Chongqing Qianyan Oil And Gas Project Designing Co., Ltd.	3,0
Выполнение проектно-изыскательских работ и комплектная поставка оборудования КСПГ-1,5	2022	ООО «ТопГаз»	1,5
Комплект оборудования установки УСПГ-1,5	2024	ООО «Газпром СПГ технологии»	1,5
Комплект оборудования установки УСПГ-1,7	2024	ООО «НОВАТЭК-СПГ топливо Кашира»	1,7
Комплект оборудования установки УСПГ-1,7	2024	ООО «НОВАТЭК-СПГ топливо Тольятти»	1,7

Источник информации:
 АО «Криогенмаш»

ООО НПК «НТЛ»

ОПИСАНИЕ КОМПАНИИ



Свердловская область,
г. Верхняя Салда, ул. Ленина, д.29

+7 (34345) 5-12-85
ntl@npk-ntl.ru

Предприятие ООО Научно-производственная компания «НТЛ» находится в г. Верхняя Салда Свердловской области, в научно-промышленном сердце страны, по соседству с ведущими предприятиями ВПК и тяжелой промышленности. Промышленные традиции региона позволили компании получить доступ к лучшему инженерному и технологическому опыту этих отраслей.

Компания основана в 1994 году. К серийно изготавливаемому оборудованию относятся установки для одоризации газа, приборы КИП и противоаварийная арматура. Это оборудование постоянно совершенствуется и, наряду с турбодетандерами, системами автоматики и безопасности, серийно выпускается и применяется на магистральных газопроводах, газораспределительных станциях, автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях.

Расчёт, конструирование и изготовление криогенного оборудования для СПГ стало уже традиционным направлением бизнеса в компании. В зависимости от задач клиента, специалисты ООО НПК «НТЛ» изготавливают комплексы по сжижению природного газа, системы приема, хранения и регазификации и выдачи СПГ. На основе оборудования ООО НПК «НТЛ» запущены в эксплуатацию объекты в различных регионах страны.

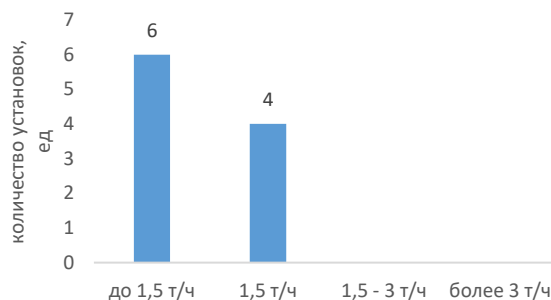
На предприятии действуют 3 цеха (механический, сборочный и покрасочный), 4 участка аргонно-дуговой и черной сварки, участок КИПиА и испытаний. Парк оборудования состоит из современного оборудования и высокоточных станков с ЧПУ. Площадь производственных участков превышает 1000 м². Инженеры компании регулярно вовлечены в НИОКР и разрабатывают уникальное стендовое и специальное оборудование для предприятий металлургической и газовой отрасли.

ЭКСПРЕСС КАРТА

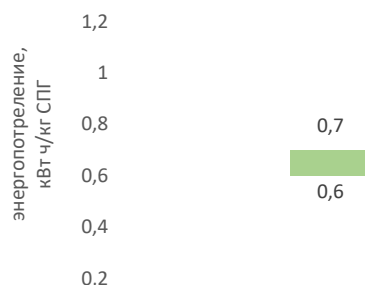
множество реализованных проектов в разных регионах и различных климатических зонах

количество проектов по единичной мощности

ОПЫТ РАБОТЫ



ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ



ОБОРУДОВАНИЕ РОССИЙСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Категория «Оборудование» по Постановлению Правительства РФ № 719
«КСПГ производительностью 1500 кг/ч»

КЛИЕНТЫ

ООО «Газпром СПГ технологии»
частные инвесторы
ОАО «УГМК»
ООО «Газпром гелий сервис»
ООО «Газпром ГМТ»

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ

Технологии дроссельно-эжекторного цикла ООО НПК «НТЛ» покрывают диапазон единичной мощности до 1,5 т/ч. Строительство комплекса большей мощностью может быть обеспечено путем строительства нескольких линий.

ТАБЛИЦА 4: ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ ООО НПК «НТЛ»

Единичная мощность	до 1 тонны	1,5 тонны	3 тонны	6 тонн
реализованная технология	+	+	-	-
разработана документация	+	+	+	+
получен патент	+	+	+	+

Источник информации:
 ООО НПК «НТЛ»

Технология дроссельно-эжекторного цикла ООО НПК «НТЛ» защищена патентом RU2808708.

Производственные возможности компании обеспечивают собственное производство ключевых блоков подготовки газа, криогенной арматуры, теплообменников и АСУ ТП для строительства установки сжижения газа.

ТАБЛИЦА 5: ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ООО НПК «НТЛ»

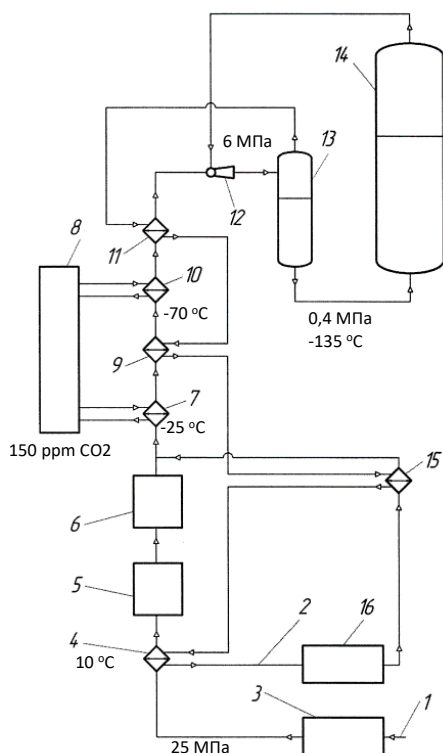
	Технология / Тип оборудования	Поставщик
Подготовка газа		ООО НПК «НТЛ»
демеркуризация	-	
H ₂ S	-	
CO ₂	+	
N ₂	+	
Осушка газа	+	ООО «СЕРВИС»
Дроссельно-эжекторный блок	+	ООО НПК «НТЛ»
Теплообменники	+	ООО НПК «НТЛ»
Компрессорное оборудование	+	ООО «ВОЛЬТА ГАЗ»
Криогенная арматура	+	ООО НПК «НТЛ»
АСУ ТП	+	ООО НПК «НТЛ»
Коэффициент ожижения за один цикл, %	50	
Энергопотребление, кВт ч/кг	0,6-0,7	
Средний срок изготовления оборудования, мес.	10	

Источник информации:
 ООО НПК «НТЛ»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Установка сжижения природного газа содержит подающую магистраль 1 и возвратную магистраль 2. На подающей магистрали 1 размещены компрессор исходного газа 3, первый противоточный теплообменник 4, блок осушки 5, блок очистки 6, теплообменник-испаритель 7 первого контура холодильной машины 8, второй противоточный теплообменник 9, теплообменник-испаритель 10 второго контура холодильной машины 8, третий противоточный теплообменник 11, дроссельно-эжекторный узел 12, сепаратор 13, криогенный резервуар хранения 14. На возвратной магистрали 2 размещены третий противоточный теплообменник 11, второй противоточный теплообменник 9, четвертый противоточный теплообменник 15 и первый противоточный теплообменник 4, а также компрессор очищенного газа 16.

РИСУНОК 5: ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ООО НПК «НТЛ»



Компонент	Исходный поток	СПГ
метан	97,0 %	98,0 %
этан	0,3 %	1,1 %
пропан	0,01 %	0,25 %
норм-бутан	0,04 %	0,04 %
норм-пентан	0,04 %	0 %
гексаны	0 %	0 %
CO ₂	0 %	0,01 %
азот	2,5 %	0,82 %
кислород	0,03 %	0,01 %
водород/гелий	0,03 %	0 %

Источник информации:
ООО НПК «НТЛ»

Природный газ подается из газопровода по подающей магистрали, компримируется в компрессоре исходного газа и формирует первичный прямой поток установки сжижения. Полученный газ высокого давления предварительно охлаждается в первом противоточном теплообменнике, осушается в блоке осушки и поступает в блок очистки. В блоке очистки процесс протекает при низкой температуре и высоком давлении, что позволяет добиться высокой степени очистки при малом количестве адсорбента. Осушенный и очищенный прямой поток газа поступает в теплообменник-испаритель первого контура холодильной машины, которая обеспечивает поступление дополнительного внешнего охлаждения. Далее прямой поток поступает последовательно во второй и третий противоточные теплообменники, между которыми установлен теплообменник-испаритель второго контура холодильной машины, обеспечивающий последовательное охлаждение прямого потока. Затем прямой поток поступает в дроссельно-эжекторный узел, где за счет понижения давления в эжекторе происходит основное охлаждение прямого потока. Применение эжектора позволяет поддерживать давление СПГ в криогенном резервуаре хранения, используя энергию потока для совершения работы. На выходе из дроссельно-эжекторного узла газ прямого потока переходит в двухфазное состояние с количеством жидкой фазы до 50% и поступает в сепаратор. В сепараторе происходит разделение двухфазного потока на жидкую и паровую фазы СПГ. Жидкая фаза поступает в криогенный резервуар хранения, откуда отгружается потребителю. Паровая фаза формирует низкотемпературный обратный поток, состоящий из очищенного газа с минимальным количеством примесей. По возвратной магистрали обратный поток последовательно проходит через межтрубное пространство третьего, второго, четвертого и первого противоточных теплообменников, отдав в процессе рекуперации свой холод прямому потоку. После этого обратный поток подают на компрессор очищенного газа, не смешиваясь с исходным газом. Далее обратный поток компримируют, подают в четвертый

противоточный теплообменник для охлаждения и минимизации разницы температур перед смешением с прямым потоком и, минуя блок очистки и блок осушки, для которых он является балластным потоком, смешивают с газом прямого потока в смесителе, расположенном на входе теплообменника-испарителя первой контура холодильной машины, с дальнейшим вовлечением очищенного и осушенного обратного потока в процесс сжижения газа.

РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ

ТАБЛИЦА 6: ПРОЕКТЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ ООО НПК «НТЛ»

Реализованные проекты	Год реализации	Заказчик	Мощность, т/ч
Комплекс сжижения природного газа Первоуральск Место расположения: АГНКС г. Первоуральск	2011	ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»	0,7
Мобильный комплекс сжижения природного газа Место расположения: АГНКС г. Невьянск	2014	ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»	0,3
Комплекс сжижения природного газа Якутск, 1-я очередь Место расположения: ж/д станция Нижний-Бестях	2017	ООО «СПГ» г. Якутск	0,8
Комплекс сжижения природного газа Южно-Сахалинск, 1-я очередь Место расположения: г. Южно-Сахалинск	2018	ООО ПСК «Сахалин»	1,5
Комплекс сжижения природного газа «Криоблок» Место расположения: г. Москва, п. развилка АГНКС №1, МГПЗ.	2019	ООО «Газпром газомоторное топливо»	0,6
Комплекс сжижения природного газа Якутск, 2-я очередь Место расположения: ж/д станция Нижний-Бестях	2019	ООО «СПГ» г. Якутск	1,0
Комплекс сжижения природного газа Челябинск Место расположения: г. Челябинск	2020	АО «РМК»	1,5
Комплекс сжижения природного газа Владивосток Место расположения: г. Владивосток	2021	ООО «Газпром Гелий Сервис»	0,4
Комплекс сжижения природного газа Амурский Место расположения: г. Свободный Амурской области	2023	ООО «Газпром Гелий Сервис»	1,5
Комплекс сжижения природного газа Аметист-СПГ Место расположения: г. Верхняя Салда Свердловской области	2024	ООО НПК «НТЛ»	1,5

Источник информации:
ООО НПК «НТЛ»

ООО «ШЕЛЬФ»

ОПИСАНИЕ КОМПАНИИ



346512, Ростовская область,
г. Шахты, ул. Наклонная 5В

+7(960) 447-61-28
shelftrk@mail.ru

С 1999 года группа компании «Шельф» занимается производством оборудования для АЗС, АГЗС, АГНКС, нефтебаз и баз хранения сжиженного газа. На предприятиях компании «Шельф» выпускается более 120 моделей раздаточных колонок для бензина, дизельного топлива, керосина, пропан-бутана, природного газа, водорода, охлаждающих и омывающих жидкостей.

Группа компаний «Шельф» может поставлять решения для производства и реализации СПГ. Компания локализовала производство практически всех компонентов на собственных мощностях.

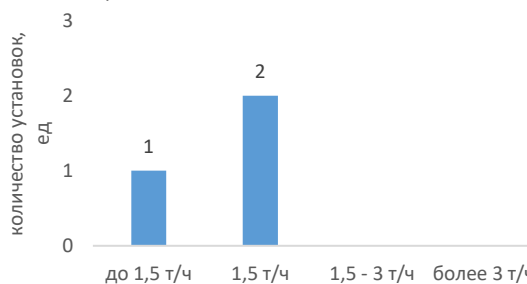
На сегодняшний день компания освоила серийное производство систем подготовки газа, компрессоров для работы в составе заводов сжижения, спиральновитых теплообменников, блоков сжижения, вертикальных и горизонтальных емкостей для хранения СПГ, центробежных и поршневых криогенных насосов, колонок для отпуска СПГ, кориолисовых измерителей массы, автоматики всех типов для нормального функционирования объектов.

ЭКСПРЕСС КАРТА

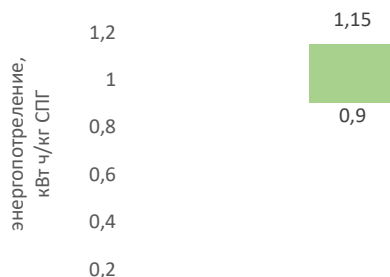
единственный реализованный проект на мультитопливной АЗС

количество проектов по единичной мощности

ОПЫТ РАБОТЫ



ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ



ОБОРУДОВАНИЕ РОССИЙСКОГО
ПРОИЗВОДСТВА

Категория «Оборудование» по Постановлению Правительства РФ № 719
«Насосы криогенные центробежные»
«Аппараты теплообменные с витыми трубами»
«Блоки подготовки газа с регенерацией»
«Система осушки газа»
«Газосборники»
«Осушители адсорбционные»
«Компрессорные блоки»

КЛИЕНТЫ

ООО «Донметан»
ООО «Управление АЗС»
ООО «Партнер-Газ»

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ

Технологии дроссельно-эжекторного цикла ООО НПК «Шельф» покрывают диапазон единичной мощности до 1,5 т/ч. Строительство комплекса большей мощностью может быть обеспечено путем строительства нескольких линий.

ТАБЛИЦА 7: ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНОЛОГИИ ООО «ШЕЛЬФ»

Единичная мощность	До 1 тонны	1,5 тонны	3 тонны	6 тонн
реализованная технология	+	+/-	-	-
разработана документация	-	-	-	-
получен патент	-	-	-	-

Источник информации:
 ООО «Шельф»

Производственные возможности компании обеспечивают собственное производство ключевых блоков подготовки, осушки газа, теплообменников, компрессорного оборудования и АСУ ТП для строительства установки сжижения газа.

ТАБЛИЦА 8: ПРОИЗВОДИТЕЛИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ ООО «ШЕЛЬФ»

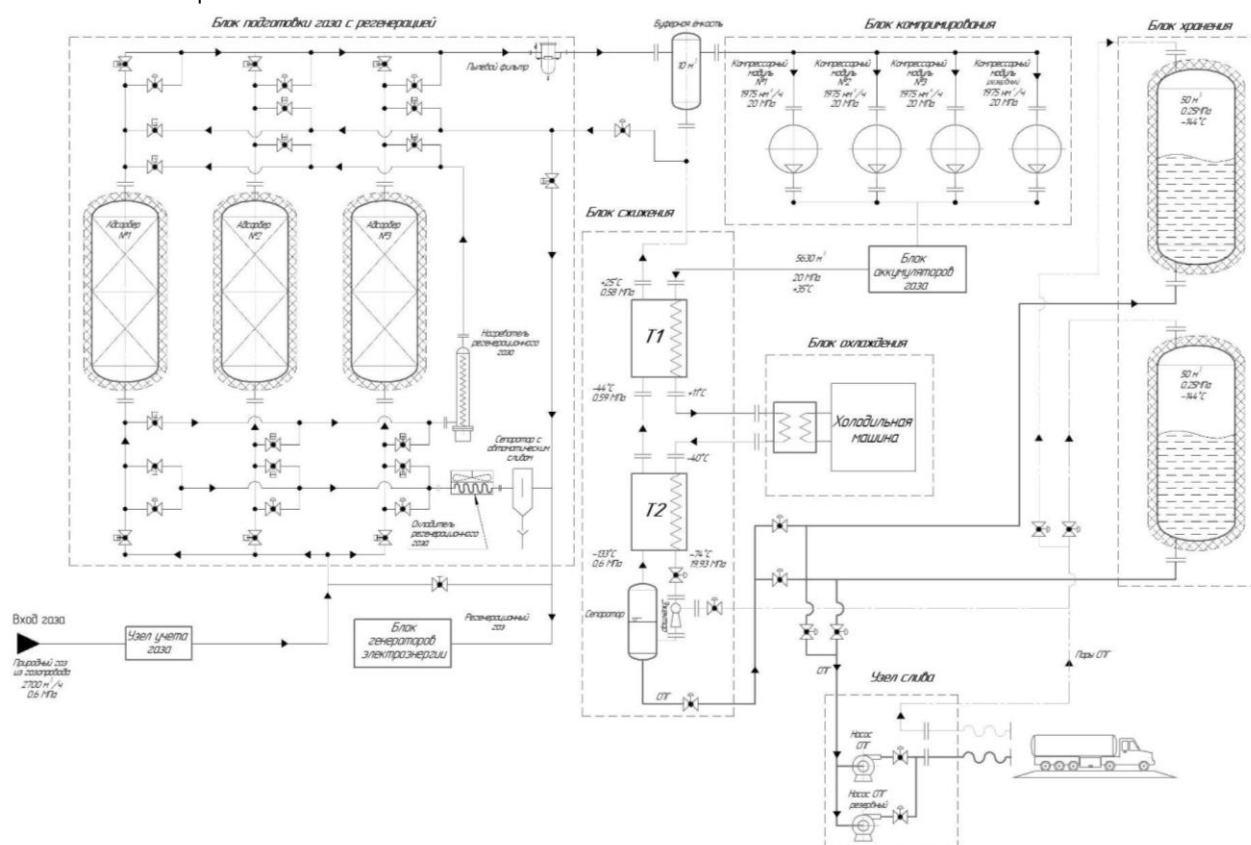
	Технология / Тип оборудования	Поставщик
Подготовка газа	адсорбция	ООО «НПК НИКА»
демеркуризация	адсорбция	ООО «НПК НИКА»
H ₂ S	адсорбция	ООО «НПК НИКА»
CO ₂	адсорбция	ООО «НПК НИКА»
N ₂	в разработке	ООО «НПК НИКА»
Осушка газа	адсорбция	ООО «НПК НИКА»
Дроссельно-эжекторный блок	регулируемый эжектор	ООО «НПК НИКА»
Теплообменники	спирально-витые	ООО «НПК НИКА»
Компрессорное оборудование	поршневые компрессоры	ООО «НПК НИКА»
Криогенная арматура	запорная, регулирующая, предохранительная	Китай
АСУ ТП	распределенная	ООО НПК «ШЕЛЬФ»
Коэффициент ожижения за 1 цикл, %	33-40	
Энергопотребление, кВт ч/кг	0,9-1,15	
Средний срок изготовления оборудования, мес.	4-6	

Источник информации:
 ООО «Шельф»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Природный газ из газопровода под давлением 0,6 МПа², пройдя коммерческий учет, попадает в блок подготовки. Блок подготовки газа с регенерацией состоит из трех адсорберов, заполненных цеолитами NaX, в которых происходит адсорбция из газа H₂O, CO₂ и сероводорода до необходимых технологических значений. После заполнения адсорбента извлекаемыми компонентами адсорбер переходит в режим регенерации. Для регенерации адсорбента используется часть очищенного газа, который предварительно нагревается до 250 °С в электрическом нагревателе и, проходя через адсорбер в обратном направлении относительно потока в режиме адсорбции, постепенно очищает его от H₂O, CO₂ и сероводорода. Горячий регенерационный газ, выходящий из адсорбера, проходит через охладитель, в котором из-за перепада температуры конденсируется влага, и далее в сепараторе происходит отделение капельной влаги с растворенными в ней примесями от регенерационного газа. Очищенный регенерационный газ идет в блок генераторов электроэнергии.

РИСУНОК 6: ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ООО «ШЕЛЬФ»



Источник информации:
ООО «Шельф»

После очистки и осушки газ в блоке компримирования, состоящем из трех компрессорных модулей, сжимается до 20 МПа, далее газ проходит фильтрацию от возможного попадания масла и направляется в блок аккумуляторов газа для гашения пульсации от работы компрессоров, после чего газ высокого давления поступает в блок сжижения (прямой поток), где, пройдя узел технологического замера расхода газа прямого потока, поступает в теплообменник T1. В этом теплообменнике газ прямого потока охлаждается газом обратного потока до температуры близкой к +10 °С и поступает в блок охлаждения, где в теплообменнике-испарителе холодильной машины охлаждается фреоном примерно до -40 °С. В теплообменнике T2 газ прямого потока дополнительно охлаждается газом обратного потока до температуры -74 °С. Дальнейшее понижение температуры газа прямого потока происходит в эжекторе за счет понижения давления с 20 МПа до 0,6 МПа. На этом этапе газ переходит в парожидкостное состояние и попадает в сепаратор. В сепараторе паровая фаза СПГ отделяется от жидкой фазы СПГ и формирует «обратный поток», который пройдя межтрубное пространство теплообменников T2, T1 отдает в процессе рекуперации свой «холод» прямому потоку и, пройдя узел технологического замера расхода газа обратного потока, возвращается в блок компримирования через буферную емкость, после чего цикл повторяется.

² давление может быть от 0,2 до 1,2 МПа

СПГ из сепаратора попадает в узел приема-выдачи и далее накапливается в блоке хранения с избыточным давлением 0,25 МПа и температурой -144°C^3 , состоящем из двух технологических резервуаров накопителей (давление в резервуарах поддерживается за счет работы эжектора). Резервуары оборудованы блоком повышения давления. Из блока хранения, через узел приема-выдачи, СПГ поступает в криогенный насос затем в узел слива СПГ. Узел слива обеспечивает стыковку систем комплекса с транспортной емкостью. Стыковка осуществляется металлорукавами.

Для безопасной эксплуатации в состав технологического оборудования входит азотный блок получения газообразного азота. Азотный блок обеспечивает выработку и хранение газообразного азота для использования в технологической системе, в качестве рабочего тела дистанционно управляемой арматуры, а также обеспечивает продувки газовых магистралей и «отогрев» криогенного оборудования.

РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ

ТАБЛИЦА 9:ПРОЕКТЫ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ ООО «ШЕЛЬФ»

Реализованные проекты	Год реализации	Заказчик	Мощность, т/ч
проект 1	2023	ООО «Донметан»	0,5
проект 2	2024	ООО «Управление АЗС»	1,5
проект 3	2024	ООО «Партнер-Газ»	

Источник информации:
 ООО «Шельф»

³ возможно получение СПГ с температурой -161°C