

Е.А. Атабегова*, П.Г. Людковский, С.Н. Пуртов**

«Red Mountain Energy», ул. Автозаводская, 21/1, г. Москва, РФ, 115280

*e-mail: eatabegova@redmn.com

**e-mail: spurtov@redmn.com

СХЕМНЫЕ, КОНСТРУКТОРСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ СОЗДАНИИ ЭФФЕКТИВНЫХ СПГ-УСТАНОВОК

Сжиженный природный газ (СПГ) является универсальным энергоносителем нынешнего века. Для его производства, в большинстве случаев, нужны малотоннажные СПГ-установки. Их можно создавать на газораспределительных станциях либо с применением внешних холодопроизводящих азотных, а также метановых циклов. Рассматриваются схемы СПГ-установок и характеристики используемого в них эффективного оборудования.

Ключевые слова: Сжиженный природный газ (СПГ). Ожижение. Компрессор. Детандер. Пластинчато-ребристый теплообменник. Азот. Метан. Эффективность. Надёжность.

E.A. Atabegova, P.G. Lyudkovskiy, S.N. Purto

SCHEME DESIGN AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS USED IN SETTING UP EFFECTIVE LNG PLANTS

Liquefied natural gas (LNG) is an universal energy carrier of the present century. For its production, in most cases, require small capacity LNG plant. They can be created on the gas distribution stations, or with using external produces cold nitrogen and methane cycles. There are looking schemes of LNG plants and the characteristics energy-efficient equipment used in these.

Keywords: Liquefied natural gas(LNG). Liquefaction. Compressor. Expander. Plate-fin heat exchanger. Nitrogen. Methane. Efficiency. Reliability.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время заметна тенденция перехода от нефти и продуктов её разделения к природному газу. В результате доля применения природного газа в мировой энергетике достигла 30 %. Природный газ является самым чистым ископаемым топливом, при сжигании которого образуется меньше вредных выбросов в атмосферу, чем при сжигании нефти или угля. Согласно последним оценкам, мир располагает запасами природного газа, которые достигают 400 трлн. м³, в том числе доказанные — 170 трлн. м³.

Громадные разведанные и разработанные запасы природного газа и уникальные физико-химические свойства сжиженного природного газа (СПГ), а также сравнительно низкая его стоимость и значительные экологические преимущества в сравнении с традиционными видами топлив, делают СПГ универсальным горючим и энергоносителем XXI-го века, а проблему его широкого производства и использования — одной из приоритетных национальных задач России [1].

Россия обладает самыми крупными (28 % мировых) промышленными запасами углеводородных газов и занимает лидирующее положение в мире по их

добыче и экспорту. Россия эксплуатирует самую большую в мире систему магистральных трубопроводов протяжённостью более 220 тыс. км.

Проблемы газификации небольших населённых пунктов, удалённых от магистральных трубопроводов, могут быть решены с помощью СПГ, в частности для замены мазута как топлива для небольших котельных. Наличие разветвлённой системы газопроводов и газораспределительных станций позволяет построить на них ожижители, производящие СПГ за счёт разности давления в магистральном трубопроводе и в газораспределительной сети среднего давления.

Компания «Red Mountain Energy» — это динамичная, успешно развивающаяся команда энергичных профессионалов. На протяжении последних 10 лет нами успешно перенимается опыт наших иностранных партнёров и проводится адаптация новейших мировых технологий к нуждам нефтегазовой промышленности России, стран СНГ и других развивающихся рынков. Помогая нашим клиентам модернизировать существующие технологии и внедрять новые, тем самым вносим свой вклад в повышение качества выпускаемой отечественной продукции и производительности труда, снижение себестоимости производства,

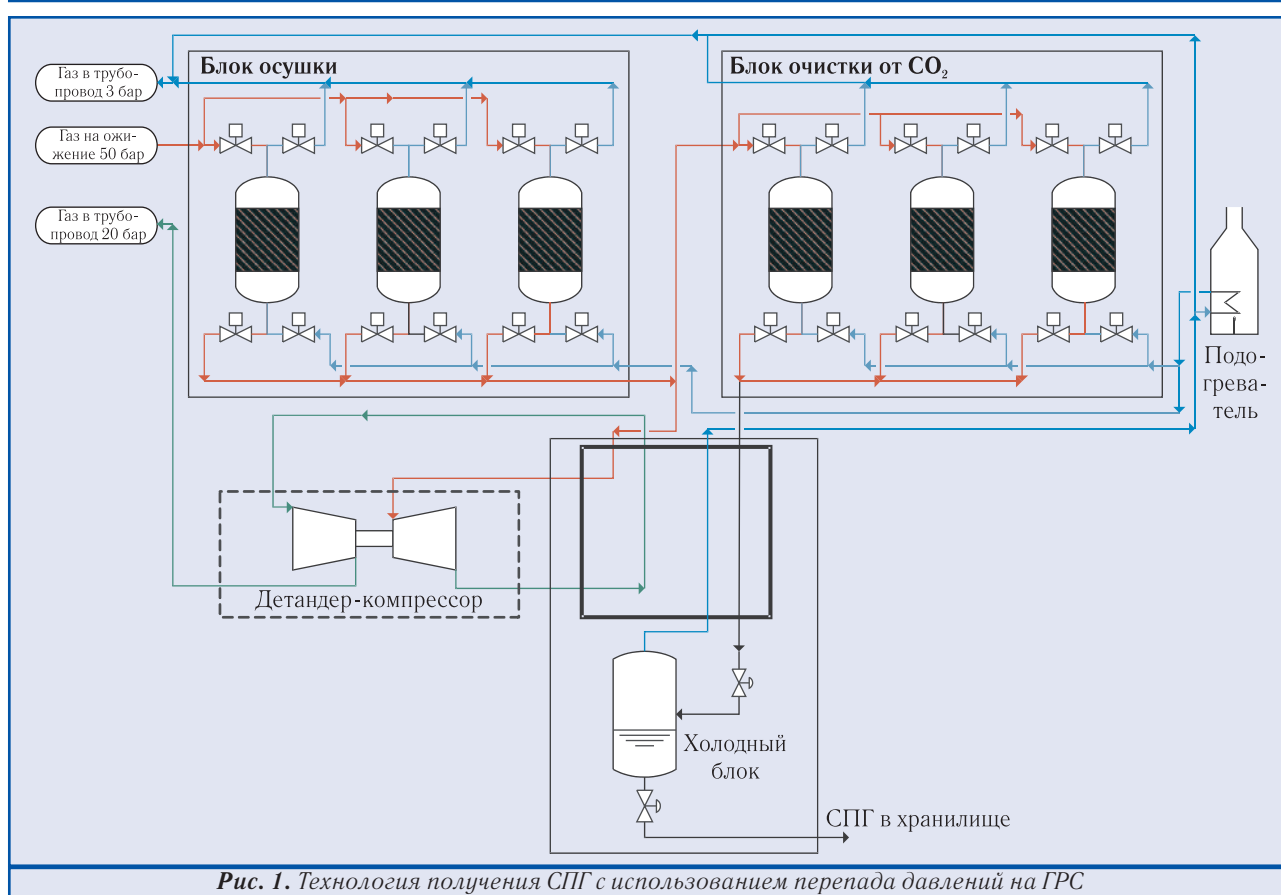


Рис. 1. Технология получения СПГ с использованием перепада давлений на ГРС

улучшение экологической обстановки. Приоритетными направлениями работы для нас являются переработка природного и попутного газа, компримирование и очистка газов и воздуха, добыча метана из угольных пластов.

С момента основания компании к сфере нашей деятельности относятся сложные и особо сложные проекты. Наши клиентов обеспечиваем не только оборудованием, которое специально разрабатывается для решения поставленных задач, но и полным комплектом необходимой документации, грамотным сопровождением проекта от начала и до конца, качественным сервисом, моментальной реакцией на любые запросы. Компания уже реализовала и реализует в настоящее время крупные проекты в различных отраслях промышленности. В частности, это задачи по сжатию широкого спектра газовых сред: воздуха, азота, кислорода, природного и попутного нефтяного газа, топливного, углеводородного, водородсодержащего газа и других. В течение многих лет мы работаем с нефтехимическими и нефтеперерабатывающими предприятиями, стремясь к одной общей цели — реализовать новейшие технологии и повысить эффективность производства.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СПГ-ПРОИЗВОДСТВ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Сжижение и использование сжиженного природного газа развивается по двум направлениям: крупнотоннажное и малотоннажное производство. Крупно-

тоннажное производство предполагает сжижение природного газа непосредственно в районе добычи и доставку его потребителям морским транспортом для последующей реализации с целью обеспечения стратегических интересов государства. При малотоннажном производстве сжижение газа ведётся на локальных установках, расположенных около газопроводов (производительность установок 0,5-3 т/ч), а доставка — потребителям в радиусе до 200 км. При этом СПГ, как правило, используется в качестве газомоторного топлива или замещает традиционные виды топлива на предприятиях с энергоёмкой технологией [2].

Компания предлагает следующие технологические решения для создания СПГ-производств малой производительности:

1. С использованием перепада давлений на газораспределительных станциях (ГРС).
2. С азотным детандерным циклом.
3. С метановым детандерным циклом.

2.1. Получение СПГ с использованием перепада давлений на ГРС

Принципиальная схема СПГ-установки, в которой применяется имеющийся перепад давлений на ГРС, показана на рис. 1.

Природный газ (см. рис. 1) при давлении 50 бар проходит блок осушки, где осуществляется его очистка от влаги и углеводородов C_{6+} с использованием 3-х адсорберов. Далее осушенный газ разделяется на два потока, один из которых направляется на адсорбционную очистку от CO_2 . Другой — на расширение газа в детандере, после которого он охлаждает

поток очищенного и осушенного газа в теплообменном аппарате, а затем дожимается до 20 бар в детандер-компрессорном агрегате и выводится из установки. Ожижаемый поток газа проходит через дроссельный вентиль и поступает в сепаратор. Из сепаратора паровая фаза идёт на регенерацию адсорберов, а жидкая, представляющая собой СПГ, выводится из установки.

Основными особенностями технологического оборудования являются: детандер-компрессорный агрегат, работающий на метане; холодный блок с теплоизоляцией перлитом; огневая печь для подогрева регенерирующего газа, а так же система хранения СПГ из вертикальных сосудов с вакуумной изоляцией (фото 2).



Фото 2. СПГ-установка с использованием перепада давлений на ГРС

Сжижение природного газа на ГРС за счёт перепада давления между магистральным и газораспределительном трубопроводами представляется наиболее перспективной технологией малотоннажного производства СПГ. Преимуществами являются: отсутствие затрат энергии на сжатие газа — использование перепада давлений, а так же снижение стоимости оборудования. Однако при реализации этой технологии возникают следующие проблемы:

- широкий диапазон давлений в магистральном газопроводе на различных газораспределительных станциях (2-7 МПа);
- существенное снижение давления в зимний период (с 3,5 до 1,7 МПа);
- необходимость осушки и очистки газа от высококипящих компонентов, в первую очередь, от диоксида углерода [3].

2.2. Производство СПГ с использованием азотного цикла низкого давления

На рис. 3 представлена технология сжижения природного газа, основанная на азотном цикле низкого давления.

Природный газ поступает в блок очистки и осушки, где происходит очистка всего потока газа от влаги и CO_2 с использованием 3-ёх адсорберов. Далее осушенный и очищенный газ охлаждается в теплообменном аппарате циркулирующем азотом. Через сепаратор выводятся тяжёлые углеводороды C_{5+} . Паровая фаза из сепаратора направляется в теплообменник, в котором доохлаждается и конденсируется. Полученный СПГ выводится из установки.

Необходимый для производства СПГ холод выра-

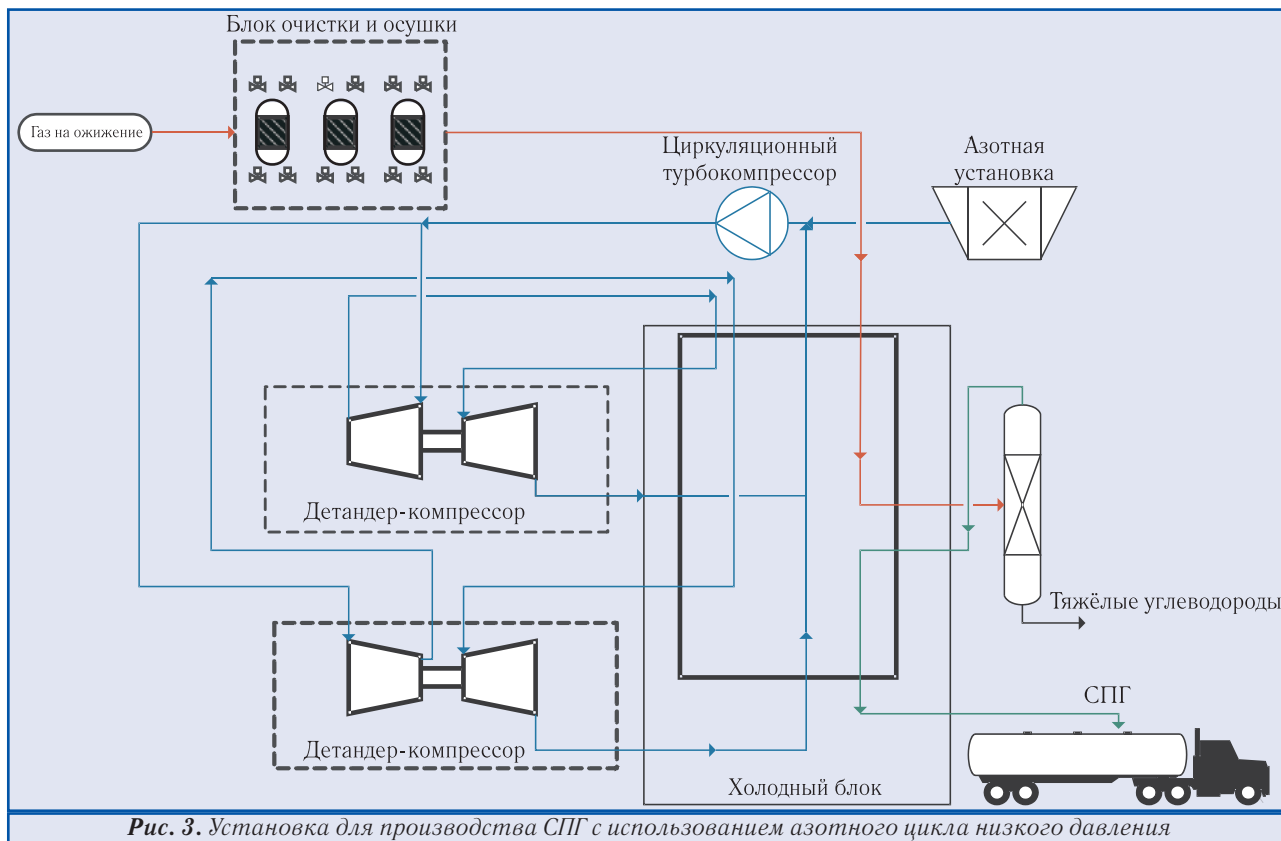


Рис. 3. Установка для производства СПГ с использованием азотного цикла низкого давления

бывается в азотном цикле. Для его реализации полученный в установке разделения воздуха азот сжимается циркуляционным турбокомпрессором. Далее он разделяется на два потока, каждый из которых поступает в ступень детандер-компрессорного агрегата. Каждая ступень работает на разных температурных уровнях. Поток азота дожимается в детандер-компрессорном агрегате и попадает в теплообменный аппарат, где охлаждается обратным потоком азота низкого давления, затем расширяется в детандере. И далее подаётся на вход в турбокомпрессор.

Основное технологическое оборудование установки по получению СПГ с использованием азотного цикла низкого давления: азотный детандер-компрессорный агрегат; холодный блок с теплоизоляцией перлитом; пластинчато-ребристый теплообменник; центробежный компрессор с электроприводом. Данная технология применяется при наличии дешевой электроэнергии (включая стоимость подключения).

Преимуществами технологии получения СПГ с использованием азотного цикла низкого давления являются:

- применение центробежного турбокомпрессора для сжатия циркулирующего азота;
- применение стандартных технических решений, используемых в установках разделения воздуха и ожижителях азота;
- малое количество пожароопасных веществ в установке.

К недостаткам данной технологии можно отнести необходимость применения электрического привода для турбокомпрессора.

2.3. Ожижение природного газа с использованием метанового цикла

Эта технология применяется при отсутствии электроэнергии и наличии дешёвого газа, в непосредственной близости от мест добычи газа. К её достоинствам можно отнести: применение поршневых компрессоров с газопоршневым приводом, минимальные затраты на электроэнергию и возможность применения метановых детандер-компрессорных агрегатов, широко используемых в установках переработки попутного нефтяного (ПНГ) и природного газа с извлечением этана и более тяжёлых углеводородов. Основным недостатком технологии получения СПГ на базе метанового цикла является более высокая стоимость криогенного оборудования по сравнению с установками с азотным циклом. Поэтому данное оборудование может быть рекомендовано для создания СПГ-установок сравнительно большой производительности.

Отметим, что особенности СПГ-установок малой производительности — низкая доля энергетических затрат в конечной стоимости СПГ; высокая доля капитальных затрат, не зависящих от типа криогенного цикла, в стоимости завода; необходимость

обеспечения минимальных сроков ввода в эксплуатацию; высокая надёжность; применение апробированных проверенных решений. Для установок малой производительности удельные затраты энергии на ожижение не являются основным фактором при выборе оборудования завода

Снижение сроков строительства завода СПГ обеспечиваются применением апробированных решений, модульно-контейнерной поставки, минимизации сроков проведения монтажа и пуско-наладочных работ.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ КОМПАНИИ «RED MOUNTAIN ENERGY» ДЛЯ ЗАВОДОВ СПГ

Технические решения и оборудование, применяемые при ожижении природного газа, заимствованы из отрасли подготовки и переработки природного и попутного нефтяного газов (компримирование газа, осушка, очистка) или из криогенной техники (турбодетандеры, пластинчато-ребристые теплообменники, принципы теплоизоляции оборудования). На рис. 4 показано оборудование, предлагаемое нами для заводов СПГ: компрессорное оборудование; оборудование для очистки и осушки газа; паяные пластинчато-ребристые теплообменники; турбодетандеры; криогенные ёмкости.

3.1. Поршневые компрессоры

Компания комплектует свои установки газовыми поршневыми компрессорами производства американских компаний «Cameron Compression Systems» [4] и «Ariel» [5]. Модельный ряд первой из указанных компаний включает как отдельные компрессоры, которые могут быть укомплектованы электрическим или газопоршневым приводом (модельный ряд «Superlog», мощность которых составляет от 110 до 6000 кВт), так и интегрированные мотор-компрессоры «Ajax®» с мощностью от 110 до 600 кВт. В номенклатуру компании «Ariel» входят поршневые оппозитные компрессоры с агрегатной мощностью от 35 до 8000 кВт.

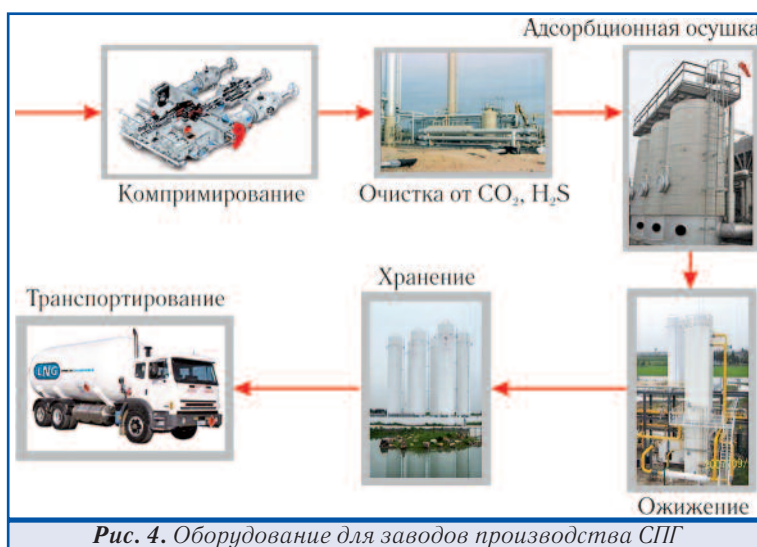
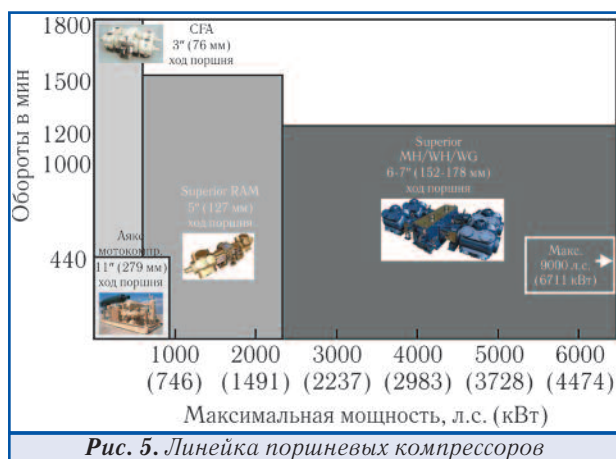


Рис. 4. Оборудование для заводов производства СПГ

На рис. 5 приведена линейка поршневых компрессоров компании «Cametop».



Интегрированный мотор-компрессор «Ajax®» обладает единым коленвалом для цилиндров компрессора (рабочей части) и двигателя (силовой части). Мотор-компрессоры «Ajax®» выпускаются с 1958 г., на данный момент в мире их установлено более 10 тыс. шт.

Надёжная и компактная конструкция в совокупности с газовым двухтактным приводом делают данные компрессоры идеальными также для использования их в полевых условиях.

Поршневые компрессоры «Ajax®» отличаются следующими преимуществами:

- интегрированная конструкция (объединение двигателя и компрессора на одном коленчатом валу) исключает потери в зубчатых передачах, ремнях и муфтах, что обеспечивает высокую эффективность компримирования;

- затраты на периодическое техническое обслуживание ниже на 35 %, чем у конкурирующих изделий;

- двухтактный двигатель для привода компрессора может использовать в качестве топлива «жирный» газ (C₁-C₃ в любых концентрациях), низкокалорийный (с большим содержанием CO₂ и N₂) и серосодержащий газ (с содержанием H₂S до 3 %).

Мотор-компрессор «Ajax®» поставляется полностью смонтированным на единой стальной раме, что облегчает монтаж/демонтаж и делает его привлекательным при использовании на месторождениях со значительным изменением объёмов ПНГ. Такой компрессор подходит для эксплуатации в полевых условиях на отдалённых промыслах без инфраструктуры: для его работы не требуется наличия электричества и воды для охлаждения; управление компрессора пригодна для применения в неблагоприятных условиях.

Для установок с электроприводом и для больших мощностей сжатия фирма «Cametop» предлагает оппозитные поршневые компрессоры «Superior®». Они сконструированы с учётом компактности, повышенной прочности и гибкости всей линии. Адаптируемые по размерам несущие рамы и взаимозаменяемые цилиндры позволяют быстро создавать спецификации

компрессоров «Superior®» под изменившиеся полевые условия. Для газопоршневого привода компрессора «Superior®», в отличие от описанного выше компрессора «Ajax®», требуется подготовленный топливный газ.

Компания «Ariel» производит компрессоры на давления нагнетания до 538 бар с широким диапазоном производительностей. Компания не имеет фиксированной номенклатуры компрессоров. Их производят для любых заданных заказчиком условий из серийно выпускаемых компонентов. Для больших мощностей сжатия компания предлагает поршневой компрессор «Ariel JGD» (фото 6) — компактный унифицированный высоконадёжный высокоэффективный агрегат. Исполнение данной модели — блочно-рамное. Вспомогательные системы и оборудование и электродвигатель также монтируются на раме, что позволяет экономить на фундаментных работах, облегчать монтаж и обеспечивать максимально удобный доступ для обслуживания компрессора.



Укажем основные области применения компрессорного оборудования: добыча газа и нефти; промышленный сбор (сжатие) природного и попутного нефтяного газов; метан угольных пластов (специализированное применение с очень низким давлением всасывания, а именно 0-1,5 бар); обратная закачка в пласт с высоким давлением до 345 бар; переработка газов в технологических процессах нефтехимии.

3.2. Оборудование для очистки и осушки газа

Компания комплектует свои установки блоками осушки и очистки газа, которые могут быть основаны на любой из применяющихся технологий, подбирая наиболее оптимальный для заказчика вариант. Изготовители оборудования — ведущие специализированные компании, обладающие обширным опытом в разработке того или иного вида оборудования.

3.3. Пластинчато-ребристые теплообменники

При проектировании заводов по переработке газа криогенным способом компания использует теплообменники, изготавливаемые «Chart Energy & Chemicals» [6].

Теплообменники характеризуются успешным послужным списком выполнения наиболее сложных задач, выдвигаемых мировой индустрией. «Chart» уже более 60 лет производит, разрабатывает и поставляет тысячи теплообменников.

Пластинчато-ребристые паяные теплообменники (ПРТ) позволяют снизить капитальные затраты, а также затраты на монтаж и эксплуатацию.

Перечислим преимущества ПРТ по сравнению с кожухотрубными теплообменниками: при одинаковых габаритах площадь теплообмена больше в 6-10 раз; начальная стоимость снижена на 25-50 %; эффективность теплообмена больше в 10-20 раз; обеспечивают недорекуперацию до 1 °С; снижение массы может достигать 95 %; через теплообменник может проходить более 10 потоков.

Снижение затрат на монтаж и эксплуатацию ПРТ приводит к уменьшению занимаемых площадей на объекте, снижению компрессорных мощностей, снижению стоимости работ при теплоизоляции, затрат на обслуживание и перевозку.

Высокая эффективность ПРТ при низких температурах обеспечивается более эффективным теплообменом за счёт конструкции, выполненной полностью из алюминия; идеальной приспособленностью для низкотемпературных и криогенных установок с температурами до -269 °С и давлениями до 160 бар (изб.).

Каждый ПРТ изготавливается индивидуально путём сборки ребристых гофрированных слоёв, перемежаемых разделительными пластинами, и загерметизированных по краям боковыми и концевыми брусками (рис. 7).

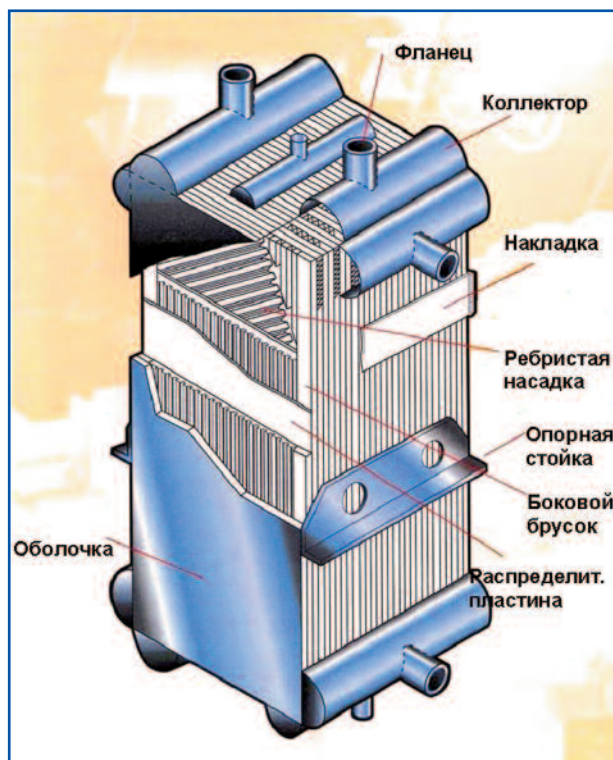


Рис. 7. Конструкция пластинчато-ребристого теплообменника

Теплообменный пакет ПРТ спаивается в вакуумной печи, в результате чего получается цельный и жёсткий теплообменный блок. Чтобы закончить сборку аппарата, к нему припаиваются коллекторы и суппорты.

Представление об областях применения пластинчато-ребристых теплообменников даёт таблица.

3.4. Турбодетандеры

«Maif Trench Company» (США) [7] — многолетний партнёр группы компаний «Red Mountain Energy», занимающий лидирующую позицию на мировом рынке турбодетандеров для углеводородов (доля рынка на данный момент — 75 %). Сосредоточившись на разработке и производстве турбодетандеров только для углеводородов, компания предлагает заказчикам исключительное оборудование, которое имеет минимальную стоимость, включающую техническое обслуживание, покупку запасных частей в течение всего срока службы и даже упущенную выгоду из-за простоя на ремонт. Компания «Maif-Trench» предлагает два вида турбодетандеров по отводу внешней работы: детандер-компрессоры и детандер-генераторы.

Детандер-генераторы (фото 8) используются для получения электроэнергии в основном на ГРС, а также могут быть применены там в составе ожижителей природного газа.



Фото 8. Детандер-генератор

Перечислим основные преимущества детандер-компрессоров перед детандер-генераторами: возможность непосредственного преобразования работы детандера в работу компрессора; снижение затрат на дожатие; производство большего количества холода; простота конструкции (отсутствие редуктора).

Турбодетандерная система состоит из одной рамы, турбодетандера и компрессорной части, рабочее колесо которой смонтировано на одном валу с колесом турбодетандера. Детандер-компрессоры (рис. 9) состоят из трёх основных секций: секция детандера с входными и выходными фланцами; сборка вращения или центральная секция; секция компрессора с входными и выходными фланцами.

Работа в турбодетандерах создаётся в результате взаимодействия потока газа с кольцевыми лопаточными решётками, т.е. системами лопастей, расположенных вокруг оси вращения. Основное назначение вращающихся лопаточных решеток состоит в изменении энергетического уровня рабочей среды, что достигается изменением момента количества движения

Области применения пластинчато-ребристых теплообменников

Область применения	Среда	Диапазон температур, °С	Диапазон давлений, бар (изб.)
Производство технических газов: – разделение воздуха – ожижение	Кислород Азот Аргон Редкие газы Диоксид углерода	от 65 до –200	от 1 до 60
Переработка природного газа: – получение этана – установки по удалению азота – СПБТ – извлечение гелия	Метан Этан Пропан Бутан Пентан Азот Гелий Водород Гексан Диоксид углерода	от 100 до –130	от 15 до 100
Сжиженный природный газ	СПГ Многокомпонентные хладагенты	от 65 до –200	от 5 до 75
Нефтепереработка и нефтехимия: – этилен – аммиак – получение водорода	Этилен Пропилен Этан Пропан Аммиак Диоксид углерода Водород	от 120 до –200	от 1 до 100
Холодильные установки: – каскадные – сжижение	Гелий Фреоны Пропан Этилен Пропилен Азот Водород Многокомпонентные хладагенты	от 100 до –269	от 15 до 45

аппарат (сопловый аппарат) и вращающееся рабочее колесо.

Рабочий процесс в ступени турбодетандера протекает следующим образом: сжатый газ с небольшой скоростью подводится к направляющему аппарату, в котором скорость потока значительно увеличивается с соответствующим понижением давления и энтальпии. Затем газ проходит по межлопаточным каналам рабочего колеса, передавая с помощью лопаток свою энергию на вал машины. Расширенный и охлаждённый газ выводится из машины и направляется к потребителю холода. Механическая энергия с вала машины тоже должна быть отведена и полезно использована.

протекающего газа. Возникающий при этом момент сил, действующий на лопатки вращающейся решётки, определяет передаваемую внешним телам работу, называемую технической.

Таким образом, направляющий аппарат служит для полного или частичного преобразования потенциальной энергии сжатого газа в кинетическую, а рабочее колесо — для преобразования энергии газа (в общем случае и потенциальной, и кинетической) в механическую работу, передаваемую внешним телам [8].

Турбодетандеры «Mafi Trench Company» в нефтегазовой отрасли применяются для: поддержания точки росы газа; сжижения природного газа; извлечения этана, а также азота при переработке газа с высоким его содержанием.

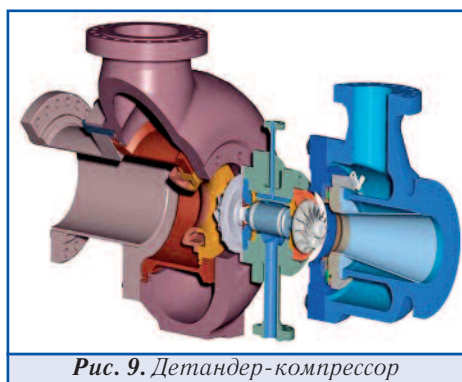


Рис. 9. Детандер-компрессор

3.5. Криогенные ёмкости

Компания «Red Mountain Energy» предлагает следующие ёмкости для транспортирования и хранения сжиженных криогенных продуктов производства фирмы «Suzhou Oxygen Plant Co., LTD»: стационарные криогенные резервуары; транспортные цистерны; транспортные цистерны-полуприцепы; транспортные контейнеры.

Компания «Red Mountain Energy» предоставляет

Ступень турбодетандера образует два основных рабочих элемента — неподвижный направляющий

полный цикл работ — от разработки проекта до монтажа, а также поставляет полный набор оборудования, применяемого для получения СПГ.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В России и странах СНГ растёт интерес к производству СПГ. В связи с этим ощущается потребность в малотоннажных СПГ-установках.

Такие установки, обладающие высокой эффективностью и надёжностью, может разрабатывать и изготавливать компания «Red Mountain Energy». Она располагает многолетним опытом; имеет подтверждённые практикой схемные, конструкторские и технологические решения, используемые в ходе их создания.

В СПГ-установках применяется оборудование, производимое известными фирмами. Компания может создавать установки с учётом конкретных технических заданий и пожеланий заказчиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бармин И.В., Кунис И.Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра/ Под ред. А.М. Архарова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 256 с.
2. Федотов Г.Б. Экспериментальные испытания газотепловозов на КПП/СПГ// «Универсальное топливо XXI века» Вторая Международная конференция по СПГ. — Санкт-Петербург, 2002. — С. 158-167.
3. Горбачёв С.П. Оценка эффективности производства СПГ на газораспределительных станциях// Технические газы. — 2005. — № 5. — С. 35-40.
4. www.c-a-m.com
5. www.arielcorp.com
6. www.chart-ec.com
7. www.mafi-trench.com
8. Елифанова В.И. Низкотемпературные радиальные турбодетандеры. Учебник для вузов. Изд. 2-е переработанное и дополненное. — М.: «Машиностроение», 1974. — 448 с.



**ХИМИЧЕСКОЕ
И НЕФТЕГАЗОВОЕ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

Научно-технический и производственный журнал
Журнал издаётся с 1932 г.

Переиздается в США под названием
CHEMICAL AND PETROLEUM ENGINEERING



Распространяется по подписке
в России, странах СНГ, Европы,
Азии и Америки.
Индекс по каталогу Роспечати — 71042.
Индекс по объединённому каталогу
«Пресса России» — 38589.
Подписку на журнал можно оформить
также непосредственно в редакции.

**Публикация статей и рекламы
в нашем журнале
будет содействовать успеху
Вашего предприятия!**

Среди подписчиков журнала — предприятия, научно-исследовательские, конструкторские и проектные организации машиностроения, химической, нефтегазовой и нефтеперерабатывающей промышленности, многие высшие учебные заведения, отраслевые и территориальные библиотеки.

ТЕМАТИКА ЖУРНАЛА:

- исследования, расчеты, технология изготовления и опыт эксплуатации всех видов химического и нефтегазового оборудования, криогенной, холодильной и вакуумной техники, компрессоров, насосов и трубопроводной арматуры;
- промышленная экология;
- материаловедение и защита оборудования от коррозии;
- безопасность, диагностика, ремонт;
- сертификация и стандартизация.

ISSN 0023-1126



**ХИМИЧЕСКОЕ 7/2010
И НЕФТЕГАЗОВОЕ
МАШИНОСТРОЕНИЕ**

Содержание: **В.И. Елифанова** - Низкотемпературные радиальные турбодетандеры. **С.П. Горбачёв** - Оценка эффективности производства СПГ на газораспределительных станциях. **Г.Б. Федотов** - Экспериментальные испытания газотепловозов на КПП/СПГ.

Тел./факс: +7 (499) 267-07-64
E-mail: himnef@msuie.ru
http://himnef.ru
Адрес редакции: МГУИЭ,
ул. Старая Басманная, 21/4,
Москва, РФ, 105066