

УДК 621.59; 621.642.03; 661.9; 665.727

Универсальный контейнер с системой реконденсации для транспортировки СПГ

*Сушенцева А.В., студент
кафедры «Холодильная, криогенная техника,
системы кондиционирования и жизнеобеспечения»
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: Лавров Н.А., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
crio@power.bmstu.ru*

1. Введение

На пороге XXI века природный газ (*Natural Gas*) выходит на лидирующие позиции среди энергоносителей в энергетике развитых стран. Так же природный газ имеет широкое применение в химической промышленности, получении технических газов.

Газообразный природный газ горюч. Он, как правило, содержит до 98 % метана, но эта цифра может меняться в зависимости от месторождения. Для транспортировки природный газ в газообразном состоянии оказался неудобен, поскольку занимает значительный объем. Прекрасной альтернативой в этом отношении стал *сжиженный природный газ*, сокр. *СПГ* (*Liquefied Natural Gas*, сокр. *LNG*). СПГ не горюч, не токсичен, не вызывает коррозии, а главное его объем в 600 раз меньше чем в газообразном состоянии, что делает его транспортировку, несомненно, наиболее выгодной. Более того, сжиженный природный газ представляет собой безопасный, экологически чистый вид топлива с высокими энергетическими характеристиками и октановым числом. Цена СПГ по стоимости у потребителя ниже цены сжиженного нефтяного газа, мазута и тем более дизельного топлива [7]. Но, в то же время, СПГ может существовать при температурах, не превышающих температуру кипения природного газа (111 К), то есть СПГ является криогенной жидкостью.

Применяют СПГ для покрытия «пикового» газопотребления, а также в качестве топлива на морском, железнодорожном, автомобильном транспорте, в авиации, ракетно-космической технике, а также для газификации удаленных населенных пунктов [1].

Большинство потребителей газового топлива (Франция, Германия, Япония, Великобритания, Южная Корея, Китай, Индия) не имеют в непосредственной близости

<http://sntbul.bmstu.ru/doc/587194.html>

месторождений природного газа, что придает особое значение системам транспортировки СПГ. Это же иллюстрирует рис. 1 [4].

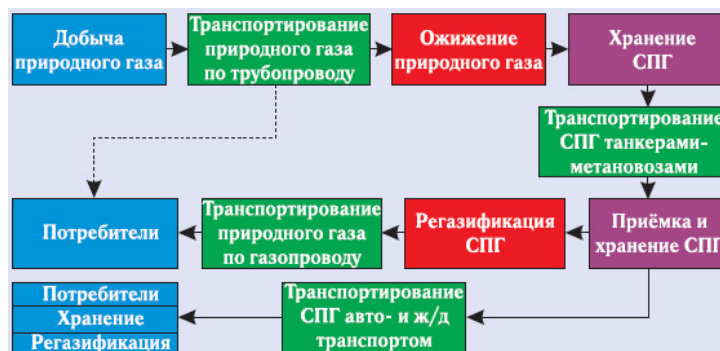


Рис. 1. Блок-схема крупнотоннажного комплекса для производства и доставки СПГ потребителям

2. Системы транспортировки СПГ

Транспортировку СПГ осуществляют в криогенных резервуарах. Как правило, это цилиндрические резервуары (вертикальные или горизонтальные) объемом до 250 м^3 и сферические – объемом до 1440 м^3 . Конструкции выполнены двухстенными (резервуар в резервуаре) с экранно-вакуумной или порошково-вакуумной изоляцией. Такие резервуары изготавливаются из качественных сталей (внутренний сосуд выполняется из нержавеющей стали) или алюминия. Для перевозки относительно больших объемов СПГ (от сотен до тысяч кубометров) наиболее оптимальными оказались изотермические резервуары с невакуумной, порошковой изоляцией с поддувом азота для исключения попадания влаги [1]. Перевозка СПГ может осуществляться различными видами транспорта.

По морю СПГ перевозится на специальных судах *метановозах* или на т.н. *СПГ-танкерах*. Типовой метановоз может перевозить до 155 тыс. м^3 . Транспортировка осуществляется при атмосферном давлении и температуре 111 К в изотермических резервуарах.

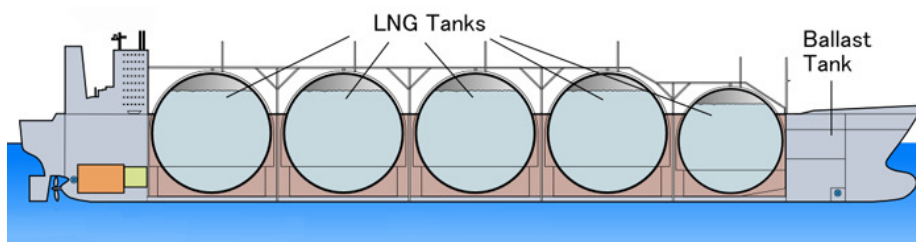


Рис. 2. Метановоз типа Moss

Отличительной особенностью метановозов типа Moss (рис. 2) являются самонесущие резервуары сферической формы, которые, как правило, изготавливаются из алюминия и крепятся к корпусу судна при помощи манжета по линии экватора резервуара.

По железной дороге СПГ перевозят в специальных *железнодорожных цистернах*. Такая цистерна представляет собой цилиндрический горизонтальный криогенный резервуар с порошково-вакуумной изоляцией на 26,6 т СПГ (рис. 3).



Рис. 3. Железнодорожная цистерна 15-147У

Внутренний сосуд выполнен из алюминиевого сплава АМГ-5, наружный кожух – из углеродистой стали 09Г2 [1].

Возможны перевозки СПГ автомобильным транспортом в *автоцистернах-полуприцепах* несущего типа (рис. 4). При разработке конструкции емкостей необходимо было учесть ряд условий, например, уложиться в рамки установленных габаритов для прицепа с тягачом. В связи с этим максимальная длина автомобиля с прицепом должна была составлять не более 12,2 м, ширина – 2,44 м.



Рис. 4. Автоцистерна СПГ

С того времени, как были установлены ограничения в весе и габаритах автоцистерн для перевозки жидких газов, предпочтение стали получать цистерны с повышенным

рабочим давлением, более 0,28 МПа. Применение их дало возможность производить слив жидкого газа без использования специальных откачивающих насосов или теплообменной аппаратуры[7].

Также получили свое распространение т.н. универсальные контейнеры или контейнер-цистерны (*Tank container*) (рис. 5).



Рис. 5. Контейнер-цистерна

Контейнер-цистерны состоят из двух основных элементов — цистерны и каркаса (рамы). Они адаптированы для перевозки тремя видами транспорта: водным, железнодорожным и автомобильным.

3. Перевозка СПГ в универсальных контейнерах с реконденсаторами

Представляется возможной перевозка СПГ в среднетоннажных универсальных унифицированных контейнерах, выполненных по ГОСТ 18477-79 (рис. 6).

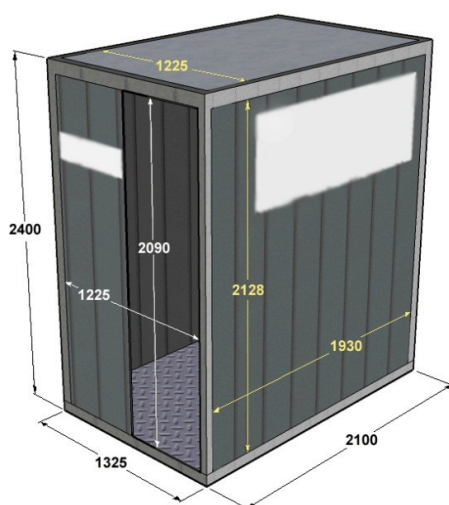


Рис. 6. Универсальный унифицированный контейнер УУК-3

В качестве системы реконденсации паров СПГ предлагается взять систему, работающую по циклу простого дросселирования.

5. Обзор холодильных установок для реконденсации СПГ

Для реконденсации паров СПГ применяют газовые холодильные машины, работающие по обратному циклу Стирлинга, например, ХГМ-11М или ХГМ-15 [1]. Небольшие установки целесообразно делать по циклу Линде. Более крупные установки выполняются по циклу Брайтона, как например, установка реконденсации паров СПГ «EcoRel», разработанная компанией «Cryostar SA» (рис. 8) [6].

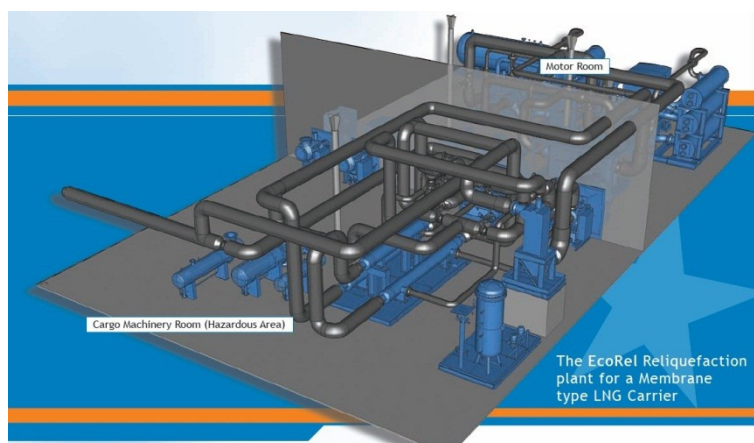


Рис. 8. Установка реконденсации паров СПГ «EcoRel»

В настоящее время наиболее распространены установки, работающие по циклу Брайтона, так В.С. Вовк и др. приводят следующую схему системы обратной конденсации паров СПГ (рис. 9) [3].

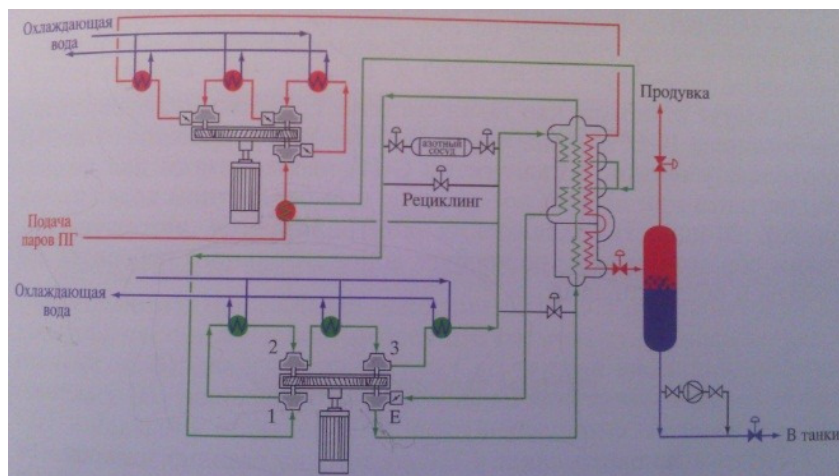


Рис. 9. Схема системы обратной конденсации паров СПГ

6. Заключение

В настоящее время большинство перевозок СПГ осуществляется в достаточно больших объемах (от сотен до сотен тысяч кубометров). Это неудобно и дорого для малых потребителей. В то время как развитие среднетоннажных систем транспортировки СПГ позволит значительно увеличить рынок его сбыта.

Техника в XXI веке развивается под эгидой энергосбережения, и сбрасывать пары СПГ на факел – очень расточительно. Поэтому целесообразно применять и развивать системы реконденсации паров СПГ.

Список литературы

1. Бармин И.В., Кунис И.Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра / Под ред. А.М. Архарова М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 256 с.
2. Криогенные системы: Учебник для студентов вузов по специальности «Техника и физика низких температур»: В 2 т. Т. 1. Основы теории и расчета / А.М. Архаров [и др.] М.: Машиностроение, 1996. 576 с.
3. Крупномасштабное производство сжиженного природного газа / В.С. Вовк [и др.] М.: Недра, 2011. 243 с.
4. Лавренченко Г.К., Швеи С.Г. Особенности эффективного машинного оборудования установок ожижения и реконденсации природного газа // Технические газы. 2010. №3. С. 39-47.
5. Cryostar LNG Transport & Terminals Shipboard Reliquefaction Plant for LNG Carriers «EcoRel»: <http://www.cryostar.com/web/lng-tanker-carrier-terminal-plant.php> (дата обращения: 15.04.2013г.).
6. Материалы сайта «LNGas.ru Сжиженный природный газ»: <http://www.lngas.ru> (дата обращения: 15.04.2013г.).