

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ ИСПОЛНЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ХРАНЕНИЯ СПГ ДЛЯ НУЖД АВТОНОМНОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ПРИБРЕЖНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Иванов Л.В., Анохин А.В., Зайцев А.В.
Университет ИТМО, г.Санкт-Петербург

Ключевые слова: автономная газификация СПГ, танки типа С, плоскодонные хранилища СПГ, бункеровка СПГ.

Аннотация. В работе рассматриваются варианты исполнения хранилищ сжиженного природного газа (СПГ) для нужд автономной газификации отдаленных населенных пунктов, находящихся на побережьях. Оцениваются традиционные портовые плоскодонные хранилища, надземные резервуары в различных исполнениях, а также плавучие хранилища. Приведен перечень концептов плавучих хранилищ и из них выбран оптимальный вариант.

ANALYSIS OF THE DESIGN OPTIONS FOR LNG STORAGE TANKS FOR THE NEEDS OF AUTONOMOUS GASIFICATION OF COASTAL SETTLEMENTS

Ivanov L.V., Anokhin A.V., Zaitsev A.V.
ITMO University, Saint-Petersburg

Keywords: autonomous LNG gasification, type C tanks, flat-bottomed LNG storages, LNG bunkering.

Abstract. The paper considers options for the performance of liquefied natural gas (LNG) storages for the needs of autonomous gasification of remote settlements located on the coasts. Traditional port flat-bottomed storage facilities, overhead tanks in various designs, as well as floating storage facilities are evaluated. A list of floating storage concepts is given and the best option is selected from them.

В России существует проблема низкой газификации отдаленных районов. Они находятся далеко от основных магистральных газопроводов и технической возможности для строительства газопровода–отвода нет. Для решения проблемы доступа газа для населения в таких населенных пунктах применяется автономная газификация. Традиционным вариантом для автономной газификации является доставка СПГ для потребления населением. СПГ доставляется автотранспортом. Однако такой вариант транспортировки становится невозможен в случае отсутствия транспортной инфраструктуры. При этом в России совершенно не применяется водный транспорт для транспортировки СПГ. Существующая система доставки топлива в северные регионы, так называемый «северный завоз», невыгодна в силу больших транспортных издержек, поскольку минимум половину времени наливное судно идет порожнем. Кроме того, даже при реализуемости транспорта СПГ по магистральным рекам, таким как Енисей, Обь, Лена и их крупным притокам (Иртыш, Алдан и т.д.) встает вопрос о хранении доставленного топливного СПГ.

Основные типы резервуаров СПГ:
– подземные;

- плоскодонные;
- цилиндрические горизонтальные;
- цилиндрические вертикальные;
- надземные сферические.

Существующие традиционные портовые хранилища ориентированы на хранение больших объемов СПГ. В портах применяются плоскодонные резервуары, с толстыми бетонными стенками, требующие минимальную обваловку. Также применяются подземные хранилища. Для рассматриваемой задачи подобные решения не подходят по причине необходимых земельных работ по подготовке площадки.

Рационально будет рассматривать возможность унификации конструкций резервуаров СПГ с различными объемами для упрощения проектной работы. Подземные и плоскодонные хранилища являются уникальными сооружениями и не подходят по этому критерию.

Остальные типы: горизонтальные и вертикальные цилиндрические резервуары, а также сферические – являются надземными и следовательно не требуют сложной подготовки строительной площадки. У всех этих резервуаров применяется вакуумно-перлитная изоляция. Подобные танки работают при рабочем давлении до 0,6 МПа. Образующийся отпарной газ не удаляется из танка, поэтому не требуется дополнительного компрессора для отведения продукта.

Сферические резервуары отличаются лучшим соотношением площади поверхности к единице объема хранимого СПГ. Это значительно снижает процент образующегося отпарного газа в день (Boil-offrate, BOR). При низком показателе BOR СПГ может дольше храниться в резервуаре без выпуска в атмосферу части газа, когда его давление подходит к отметке 0,6 МПа. Однако этот критерий не является критическим для задачи автономной газификации, поскольку при постоянном отборе газа из резервуара давление не будет доходить до этой условной точки. Главным же недостатком сферических резервуаров является сложность их постройки и последующей эксплуатации. В условиях отсутствия инфраструктуры в отдаленных населенных пунктах строительство подобных резервуаров может быть нерентабельным.

Средний размер вертикальных танков составляет порядка 300 м³. Главным преимуществом таких резервуаров является небольшая необходимая площадь для их размещения. В населенном пункте, находящемся в северном регионе, с населением порядка 1000 человек ориентировочный расход СПГ для использования как топлива в котельных, производства электричества и бытового потребления – 1600 т/год [2], что соответствует приблизительно 4 тыс. м³ СПГ. Поэтому таких резервуаров потребуется значительное количество, что сильно снизит выгоду от установки. Зависимость от объема и количества танков представлена на рисунке 1 [3].

Очевидно, что использование вертикальных резервуаров неэффективно. Цилиндрические же резервуары могут быть размером до 1200 м³. Они требуют большую площадку, чем вертикальные, однако суммарный экономический эффект от них выше.

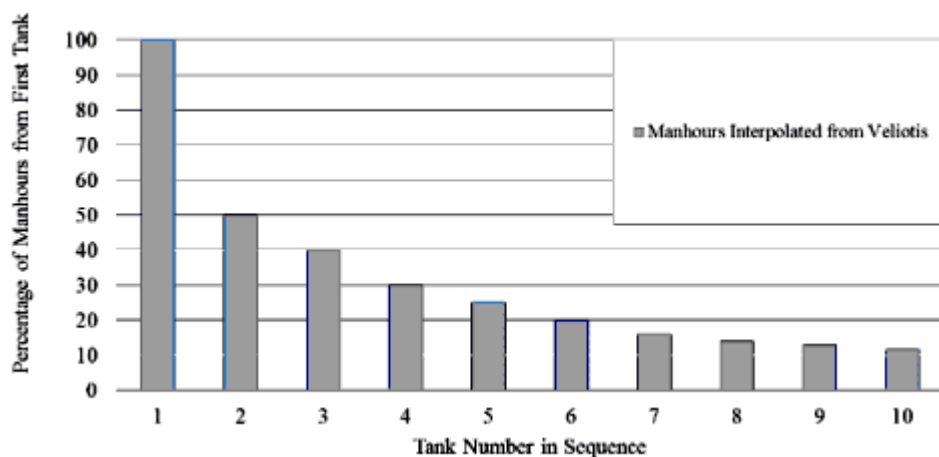


Рис. 1. Зависимость экономической выгоды от количества резервуаров

Также альтернативным вариантом является использование криогенных барж хранения и регазификации. Использование плавучих хранилищ является наиболее гибким решением, поскольку их конструкция не зависит от места их использования и они могут быть отбуксированы уже в полностью готовом к эксплуатации виде. Также такие хранилища не требуют затрат на подготовку рабочей площадки.

Существует несколько концептов исполнения подобной схемы хранения и регазификации:

- судно, транспортирующее СПГ, непосредственно подсоединяется бункеровочным трубопроводом к резервуарам, находящимся на берегу;
- баржа хранения пришвартовывается к берегу, вынесенному пирсу или причалу;
- баржа, установленная в мокром доке и подсоединяемая бункеровочным трубопроводом к судну;
- плавучая баржа, соединяемая гибким плавучим шлангом с заправочным судном и трубопроводом, подающим газифицированный СПГ на берег.

Оптимальным концептом является плавучая баржа, поскольку она не зависит от рельефа и подготовленности берега. Эта схема изображена на рисунке 2.



Рис. 2. Концепт плавучей баржи хранения

Максимальный объем газа, хранимый на подобной барже, зависит от ее размеров. Современные типы баржи для СПГ вмещают в себя объемы от 6 до 25 тыс. м³. Главным недостатком подобных барж является тот факт, что гидрологические условия могут не позволить их размещение в определенных местах рек или прибрежных зон.

Резюмируя все вышеописанные данные, можно сделать вывод о том, что для населенных пунктов с небольшим населением рационально использовать схему с прямым подсоединением бункеровочных трубопроводов от транспортирующего СПГ судна к горизонтальным танкам. Для более крупных населенных пунктов следует использовать плавучие криогенные баржи хранения и регазификации, от которых к берегу будет проложен газопровод, подающий газ для населения.

Список литературы

1. Small- and medium-scale LNG terminals. Warsila. 2018 URL: https://www.wartsila.com/docs/default-source/Power-Plants-documents/lng/small-and-medium-scale-lng-terminals_wartsila.pdf?sfvrsn=2.
2. Иванов Л. В. Анохин А.В. Баранов И. В. Миронова Д. Ю. Исследование механизмов повышения экономической эффективности транспортировки топливных ресурсов // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2019. – №4(39).
3. Gas and LNG Storage. The Future of Modular LNG Tanks. Arup. 2018 URL: http://www.arup.com/future-of-lng_arup_april17.
4. Warsila. Floating storage and regasification barges. 2017 URL: <https://www.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/lng/floating-storage-and-regasification-barges-2017.pdf>.

Сведения об авторах:

Иванов Лев Владимирович – студент магистратуры Университета ИТМО, г.Санкт-Петербург;

Анохин Андрей Владимирович – студент магистратуры Университета ИТМО, г.Санкт-Петербург;

Зайцев Андрей Викторович – к.т.н., доцент Университета ИТМО, г.Санкт-Петербург.