

### Список литературы

1. ГОСТ 305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия» [Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200107826>.
2. ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации» [Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200007918>.
3. ГОСТ 22254-92 «Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре» [Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200007956>.
4. ГОСТ 20287-91 «Нефтепродукты. Методы определения температур текучести и застывания» [Электронный ресурс] <http://docs.cntd.ru/document/1200005428>.

### Сведения об авторе:

Орлова Алина Маратовна – магистрант, ТПУ, г.Томск.

УДК 629.555

<https://doi.org/10.26160/2618-8953-2019-2-52-55>

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ И РЕГАЗИФИКАЦИИ СПГ ДЛЯ КРИОГЕННЫХ БАРЖ

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

**Ключевые слова:** хранение СПГ, плавучее хранилище СПГ, CCS, танки типа С, IHI SPB, Floating Storage and Regasification Barge (FSRB), плавучая баржа хранения СПГ.

**Аннотация.** В тексте работы рассмотрены варианты исполнения системы хранения груза – CCS (Cargo containment system). CCS применяется на криогенных баржах хранения и регазификации СПГ для нужд автономной газификации прибрежных. Рассмотрены емкости (танки) типа А, различные варианты танков типа В, С и мембранные танки. Проанализированы действующие проекты плавучих хранилищ СПГ.

## ANALYSIS OF THE DESIGN OF LNG STORAGE AND REGASIFICATION SYSTEMS FOR CRYOGENIC BARGES

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

**Keywords:** LNG storage, LNG floating storage, CCS, Type C tanks, IHI SPB, Floating Storage and Regasification Barge (FSRB), LNG floating barge.

**Abstract.** The text of the work considers the options for the implementation of the cargo storage system - CCS (Cargo containment system). CCS is used on cryogenic barges for storage and regasification of LNG for the needs of autonomous coastal gasification. Tanks (tanks) of type A, various types of tanks of type B, C and membrane tanks are considered. The existing projects of floating LNG storage facilities are analyzed.

При рассмотрении проблемы автономной газификации отдаленных населенных пунктов встает вопрос о хранении топливного СПГ. Для населенных пунктов, находящихся на побережьях крупных сибирских рек или Северного Ледовитого океана, оптимальным решением является использование плавучих

барж хранения СПГ. Однако, если конструкция корпуса баржи по сравнению с ее исполнением для хранения и транспорта нефтепродуктов изменяется незначительно, то система хранения груза претерпевает существенные изменения.

Проекты плавучих хранилищ СПГ уже успешно применяются по всему миру. Они позволяют более гибко эксплуатировать порты, в которые из-за гидрологических условий не могут заходить газовозы с большими размерами и осадкой.

Все современные плавучие установки хранения и регазификации (Floating Storage and Regasification Unit, FSRU) рассчитаны на большой объем хранения СПГ – от 120 до 250 тыс. м<sup>3</sup> СПГ [1]. Однако для населенного пункта в северном регионе с населением порядка 1000 человек ориентировочное годовое потребление СПГ составляет 4000 тыс. м<sup>3</sup>/год. [2] Очевидно, что для хранения таких объемов существующие объемы не подходят. Установки FSRU чаще всего строятся на базе старых газовозов.

Уже реализован первый в мире проект по строительству криогенной баржи хранения и регазификации (Floating Storage and Regasification Barge, FSRB). Это баржа объемом 25 тыс. м<sup>3</sup>.

Существующие системы хранения груза – это различные модификации танков типа В, разнообразные мембранные танки, а также установленные на FSRB Exmar танки типа С.

Также существуют танки типа А, однако в настоящее время они применяются исключительно как топливные танки.

Танки типа В бывают двух основных типов: призматические танки IHI SPB и сферические танки Moss Rosenberg. Призматические танки нашли большое распространение на FSRU. Они очень эффективно используют трюмный объем судна. Также эти танки устойчивы к изменению уровня заполнения танка по причине небольшого вреда от слошинга. Сферические танки имеют максимальное соотношение площади танка к единице объема продукта, что позволяет максимально снизить теплопритоки из окружающей среды. Также шарообразная форма позволяет лучше распределять напряжения от теплового расширения танка.

Особенностью мембранных систем является максимально эффективное использование их трюмного объема. Суть таких систем состоит в том, что они являются неотъемлемой частью корпуса судна и передают нагрузки от корпуса судна через слой теплоизоляционных панелей и тонкую металлическую гибкую мембрану, выполненную из инвара или алюминиевых сплавов. Мембранные танки не требуют вторичного барьера, что значительно снижает металлоемкость конструкции. Однако мембранные танки не подходят для новых исследовательских проектов, поскольку эти емкости строятся совместно с корпусом судна.

Танки типа С являются независимыми и представляют собой резервуары, работающие под избыточным давлением до 0,6 МПа. Образующиеся от внешних теплопритоков отпарные газы не удаляются из танка. Это снижает затраты на потерю продукта во время транспортировки, однако значительно уменьшает

время хранения СПГ. Однако в условиях постоянного отбора СПГ на регазификацию количество паров не будет успевать накапливаться и поднимать давление до критической отметки. Танки типа С могут иметь цилиндрическую и двудольную формы.

Для выбора типа системы необходимо рассматривать уже существующие проекты нефтеналивных барж. Параметры рассматриваемых проектов представлены в таблице 1 [3]. Зависимость объема подводной части баржи от грузоподъемности приведена на рисунке 1.

Поскольку плотность СПГ значительно ниже плотности нефтепродуктов, суммарная нагрузка в системе от действия массы продукта будет меньше. Это позволит при модернизации установить оборудование для регазификации, а также теплоизоляцию системы.

Табл. 1. Параметры проектов нефтеналивных несамоходных барж

Тип баржи	Длина, м	Ширина, м	Осадка в загруженном состоянии	Максимальная грузоподъемность, т	Объем грузовых цистерн, м <sup>3</sup>
Проект 004ROB05 тип Палойл	93	16,7	3,4	3900	4620
Проект 1635 ТМ	73,2	11	3,2	2050	2562,5
Проект 16800НЗ	102,7	16,9	2,53	3000	3750
Проект 16806	125	16,7	3,7	4350	5437,5
Проект 2731	90,8	16,4	3,6	3700	4625
Проект 2734	108,32	16,86	3,1	5000	6250
Проект 276	77,8	15,24	0,3	1000	1250
Проект 459 Н	78,35	15,44	2,12	1850	2312,5
Проект 6.81212	38	8,1	1,02	200	250
Проект 81370	71,7	14,3	1,56	900	1125
Проект 81770	109,74	14,08	2,45	2700	3375
Проект 82230	110,9	20	2,6	4220	5275
Проект ROB20	118,79	22,8	2,75	6013	7516,25
Проект Р-27к	111,2	20,4	2,6	4587	5733,75
Проект Р-167	113,7	21,28	3,5	6250	7812,5
Проект Р-43	114,55	27,25	4	9200	11500

Отношение грузоподъемности к объему подводной части, т/м<sup>3</sup>

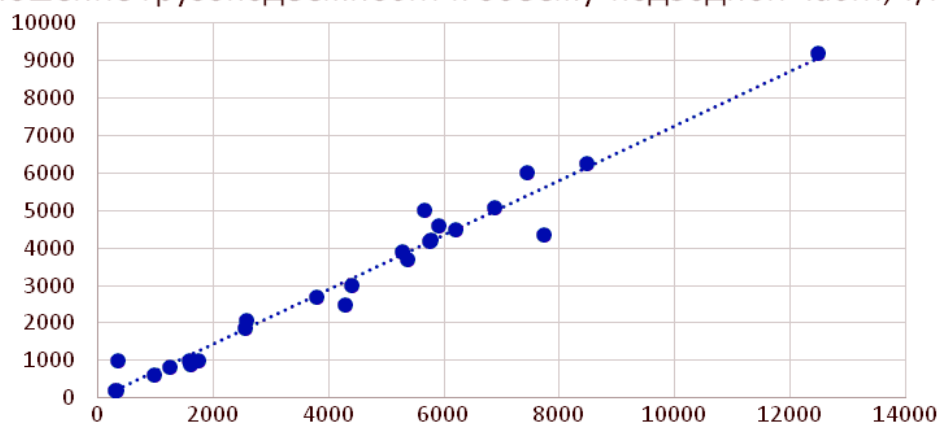


Рис. 1. Зависимость грузоподъемности от объема подводной части

При проекте модернизации с установкой призматических танков типа В суммарный объем транспортировки существенно не изменится. Большое количество корпусов различных типов позволит подобрать типовые решения для населенных пунктов с различным населением.

#### Список литературы

1. Brian Songhurst The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs) // The Oxford Institute For Energy Studies. – 2017, 52 p.
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. Несамходные наливные суда. URL: <https://fleetphoto.ru/projects/370/>

#### 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.

УДК 665:004.9

<https://doi.org/10.26160/2618-8953-2019-2-55-58>

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Рулева А.Ф., Черкасова Е.И.*

*Казанский национальный исследовательский технологический университет,  
г.Казань*

**Ключевые слова:** индустрия 4.0, цифровизация, большие данные, цифровой двойник, промышленный интернет вещей.

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос применения цифровых технологий в нефтегазовой отрасли и перехода к индустрии 4.0. В качестве примеров взяты такие технологии как промышленный интернет вещей, технология больших данных и технология «цифровой двойник».

## DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

*Ruleva A.F., Cherkasova E.I.*

*Kazan national research technological university, Kazan*

**Keywords:** industry 4.0, digitalization, big data, digital twin, industrial internet of things.

**Abstract.** The article discusses the use of digital technology in the oil and gas industry and the transition to industry 4.0. Examples include technologies such as the industrial Internet of things, big data technology and digital twin technology.

На данный момент во всем мире происходит цифровизация нефтеперерабатывающих производств. Согласно исследованию Accenture