

УДК 621.642

Методика подбора криогенных резервуаров для модернизации проектов малотоннажных судов

Л. В. ИВАНОВ¹, д-р техн. наук А. Ю. БАРАНОВ²,
канд. техн. наук Т. А. МАЛЫШЕВА¹, А. М. АНДРЕЕВ³

¹Университет ИТМО

²ООО «Научно производственное предприятие «КРИОН»

³НТЦ «СИНТЕЗ», АО «НИИЭФА»

E-mail: levladiv@mail.ru

В статье рассмотрены существующие корабельные системы продуктовых и топливных танков. При проектировании новых или реконструкции существующих танкеров для перевозки СПГ, необходимо решать задачу выбора типа криогенных резервуаров. Криогенные резервуары малого объема существенно отличаются от криогенных танков океанских танкеров, размерами, конструктивными решениями и режимом эксплуатации. Задача формирования парка речных и каботажных СПГ танкеров необычайно актуальна для Российской Федерации, в виду малой плотности населения, неразвитости дорожной сети и удаленности населенных пунктов от источников природного газа. Учитывая масштабы проблемы наиболее привлекательным с инвестиционной точки зрения вариантом производства таких судов, является модернизация выработавших свой ресурс нефтеналивных танкеров. При такой модернизации необходимо заменить продуктовые емкости для нефтепродуктов криогенными цистернами. Нужно максимально использовать грузоподъемность и объем трюмного пространство судна, а также обеспечить удовлетворительные показатели потерь СПГ от испарения.

Ключевые слова: CCS, LNT A-BOX, IHI SPB, LNG LPV, двудольные танки, мультидольные танки.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 03.02.2021, принята к печати 02.03.2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-40-45

Язык статьи — русский

Для цитирования:

Иванов Л. В., Баранов А. Ю., Малышева Т. А., Андреев А. М. Методика подбора криогенных резервуаров для модернизации проектов малотоннажных судов // Вестник Международной академии холода. 2021. № 1. С. 40–45. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-40-45

Selection of cryogenic tanks for modernization of small-scale LNG carriers

L. V. IVANOV¹, D. Sc. A. Yu. BARANOV², Ph. D. T. A. MALYSHEVA¹, A. M. ANDREEV³

¹ITMO University

²LLC «Research and Production Enterprise «KRION»

³STC «SINTEZ», JSC «NIEFA»

E-mail: levladiv@mail.ru

The article examines the existing ship systems of food and fuel tanks. When designing new or renovating existing LNG carriers, it is necessary to solve the problem of choosing the type of cryogenic tanks. Cryogenic tanks of small-scale volume differ significantly from cryogenic tanks of ocean tankers in size, design solutions and operating mode. The task of forming a fleet of inland and coastal LNG carriers is extremely relevant for the Russian Federation due to its low population density, underdeveloped road network, and the remoteness of settlements from natural gas sources. Taking into account the scale of the problem, the most attractive option for production of such vessels from an investment point of view is the modernization of out-of-date oil tankers. With such modernization, it is necessary to replace the product tanks for diesel fuel with cryogenic tanks. It is necessary to maximize the use of the cargo capacity and volume of the ship hold space as well as to ensure satisfactory rates of LNG losses from evaporation.

Keywords: CCS, LNT A-BOX, IHI SPB, LNG LPV, bilobe tanks, multilobe tanks.

Article info:

Received 03/02/2021, accepted 02/03/2021

DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-40-45

Article in Russian

For citation:

Ivanov L. V., Baranov A. Yu., Malysheva T. A., Andreev A. M. Selection of cryogenic tanks for modernization of small-scale LNG carriers. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2021. No 1. p. 40–45. DOI: 10.17586/1606-4313-2021-20-1-40-45

Введение

Сжиженный природный газ (СПГ) является экологичным и дешевым энергоносителем. Потребность населенных пунктов северных регионов России в энергоресурсах целесообразно покрывать, используя СПГ вместо традиционного дизельного топлива (ДТ). Учитывая особенности этих территорий, единственным рациональным способом транспортировки достаточных объемов СПГ является водный транспорт. Для транспортирования СПГ применяются различные системы судовых криогенных танков. В специфических российских условиях, где источник СПГ в северном регионе (терминал Сабетта или строящийся терминал Утренний) располагается в морском районе навигации, а потребители распределены по берегам Обской, Тазовской губы и крупных магистральных рек, для перевозки СПГ рационально использовать суда смешанного типа плавания («река-море»).

Однако разработка новых проектов малотоннажных специализированных танкеров-газовозов потребует больших затрат времени и денежных средств. Более удобным решением представляется использование уже выпущенных проектов корпусов нефтеналивных речных танкеров, которые могут быть модернизированы и адаптированы под транспортирование СПГ. Первоочередной задачей для такой модернизации является определение наиболее подходящего типа грузовых криогенных танков, которые будут установлены на модернизированном судне. Сходный подход был предложен в Норвегии для модернизации вспомогательных судов для использования в качестве СПГ бункеровщиков [1].

Существующие типы криогенных танков

Для морской крупнотоннажной транспортировки СПГ наибольшее распространение получили мембранные системы хранения. Это связано с их высокими к компактности и удельному весу системами хранения криопродукта. Наиболее часто используются, разработанные компанией GTT, системы Mark III и No96 [2]. Использование мембранной конструкции накладывает жесткие ограничения на условия их эксплуатации. При морской транспортировке, эти танки эксплуатируются только в заполненном, объем паровой части танка не более 10%, или практически пустом, объем паровой части танка более 90%, состоянии. Танкер полностью заполняется криогенной жидкостью в месте загрузки и полностью опорожняется от нее в месте выгрузки.

Для речной или каботажной перевозки СПГ такой режим эксплуатации, а следовательно и конструкция мембранных танкеров не подходят. Малотоннажные СПГ танкеры должны иметь возможность двигаться в условиях частичного заполнения судовых криогенных резервуаров, что позволит отгружать СПГ по маршруту движения судна. Эта логистическая концепция получила название «milk run» «принципом молоковоза» и применяется для доставки СПГ потребителям Индонезии [3].

Непригодность для такой транспортировки танков выполненных по мембранной технологии связана с тем, что движение судна вызывает слошинг, возникновение волн криопродукта внутри танка. Для тонкой мембраны динамические нагрузки вызванные слошингом губитель-

ны, поэтому мембранные хранилища защищают от разрушения технологически.

Компания GTT адаптировала систему хранения Mark III Flex под условия эксплуатации малотоннажных танкеров. Снижение вреда от слошинга достигается за счет увеличения плотности и армирования теплоизоляции [4].

Недостатком таких систем является то, что мембранные танки являются неотъемлемой частью корпуса. Это не позволяет встраивать их в уже существующие суда. По этой причине они не могут быть рассмотрены для возможного проекта модернизации речных танкеров для перевозки СПГ.

Для организации системы хранения криогенного груза на речных судах являются вкладные независимые танки. Кодекс перевозки сжиженных газов наливом (IGC) регламентирует три основных вида независимых танков: А, В и С [5].

Криогенные танки типа А представляют собой призматические резервуары с полным двойным барьером, они соответствуют установленным речным регистром методами расчета судовых конструкций [6]. Известны два варианта практической реализации криогенного танка типа А, это системы хранения LNT A-BOX и Torgu A-Tank.

Система LNT A-BOX в последние годы получила широкое распространение. Спущено на воду судно «Saga Dawn», на котором установлены танки этой системы [7]. Тепловая изоляция толщиной 350–400 мм нанесена на внешнюю поверхность вторичного (внешнего) барьера танка, т. е. находится в пространстве между бортом судна и вторым барьером. Средняя, ширина этого пространства 600 мм [8]–[9], поэтому нанесение изоляции не создает препятствий внешнему для обследования поверхности танка специалистами. Система хранения СПГ полностью вписана в габариты корпуса судна, которое имеет плоскую палубу. Динамические нагрузки, создаваемые СПГ, распределяются на первом герметичном барьере, и не воздействуют на тепловую изоляцию. Из-за этого в конструкции применена неармированная теплоизоляция с низкой плотностью и теплопроводностью. Заявленный коэффициент BOR (удельные потери криогенного груза от испаряемости) для этого судна составил 0,15% в сутки. Средний удельный вес системы хранения груза составляет от 90 кг/м³ для танков объемом 5000 м³ до 50 кг/м³ для танков объемом 20 тыс. м³. Допустимое внутреннее давление паров СПГ не более 0,4 МПа [10]. Танки типа А легко могут быть адаптированы к различным формам корпусов судов, поэтому уже разработаны и одобрены проекты судов станками такого типа это проекты «Wuhan Max» на 28,5 тыс. м³ СПГ и «Yichang Max» на 12 тыс. м³ СПГ [11].

Система Torgu A-Tank ориентирована на меньшие объемы перевозимого СПГ малотоннажными судами. Танки этой системы работают в дренажном режиме при атмосферном давлении [10], при условии, что весь образующийся отпарной газ отводится из танка. Призматический дизайн системы позволяет ей выступать над поверхностью палубы. В настоящее время строятся 2 самоходные бункеровочные баржи с малой осадкой, которые будут эксплуатировать на Балтике [12].

Танки типа В — независимые танки с частичным вторичным барьером, который выполнен в виде поддона,

способного удерживать СПГ в случае течи в первичном барьере.

Известным примером практического использования танков типа В являются сферические танки Moss, ими оборудовано судно «Sun Arrows» [13]. Объем СПГ транспортируемого этим судном составляет 19,5 тыс. м³. Существуют и другие концепты топливных и продуктовых танков типа В призматической формы: INI SPB, NLI TS-X, HiPIX.

Система INI SPB применяется в качестве топливных танков и продуктовых танков плавучих хранилищ СПГ. Подобной системой хранения был оснащен построенный в 1988 г. танкер «Kayoh Maru» [14]. Криогенные танки разделены внутренними переборками на 4 части, что ограничивает подвижность ассы криопродукта. Толщина тепловой изоляции танка составляет 250 мм. При этом коэффициент BOR составляет всего 0,08% в сутки, средний удельный вес танка 25 кг/м³ [15].

Танки типа NLI TS-X адаптированы под объем 900–30000 м³, поэтому заявленный коэффициент BOR у них составляет до 0,8% в сутки, а средний удельный вес составляет до 125 кг/м³. Конструкция рассчитана на транспортирование СПГ атмосферном давлении [16]. Разработан концепт баржи с использованием танков этого типа [17].

Система HiPIX предложена компанией Hyundai Heavy Industries для хранения топлива на вновь строящихся судах. Несмотря на одобрение осенью 2020 года [18] этой системы регистрационным обществом Lloyd's Register, не было спущено на воду ни одно судно с ее использованием.

Танки типа С представляют собой сосуды, рассчитанные на работу под внутренним давлением, поэтому наиболее часто используются для модернизации малотоннажных судов. По прочностным соображениям танки имеют стенки большой толщины, поэтому легко выдерживают динамические нагрузки создаваемые криогенной жидкостью. Танки типа С эксплуатируются при внутреннем давлении 0,3–1,5 МПа, в дренажном и бездренажном

режиме. Для тепловой изоляции применяется напыляемый пенополиуретан или даже вакуумная изоляция.

Существуют различные исполнения танков типа С, но наиболее распространены цилиндрические танки с полусферическими днищами, применение которых позволяет уменьшить вес конструкции. Средний удельный вес цилиндрических танков типа С составляет 73 кг/м³ [19].

Двудольные танки типа С представляют собой комбинацию двух цилиндрических танков. Средний удельный вес таких танков снижен до 55 кг/м³ [20]. Форма двудольных танков может варьироваться за счет изменения диаметров долей, а также расстояния удаления центров долей от линии симметрии. Разработана методика оптимизации формы двудольных танков увеличения степени использования трюмного пространства [21].

Концепт Warsila LNGPack использует вертикально расположенные смежные криорезервуары для их максимально компактного расположения. [22]. На рис. 1 изображен мультидольный танк [23].

Увеличение количества долей танка и изменение геометрии расположения долей позволяет вписать систему в любой корпус судна.

Существует техническое решение в виде призматических танков типа С — система LNG LPV (Lattice Pressure Vessel). Эта система использует ячеистые структуры, заключенные в призматический корпус, что позволяет эффективно встраивать танки в корпус судна. Ячеистая структура также позволяет эксплуатировать резервуар при высоком избыточном давлении паров СПГ до 2 МПа [24]. Однако из-за большого количества структурных перегородок внутри танка данные танки обладают высоким средним удельным весом 110 кг/м³, поэтому пока не нашли применения для транспортировки груза, а используются только в качестве баков для топлива [25].

Методика подбора типа криогенного танка

Методика выбора типа криогенного танка основана на использовании действующих правил DNVGL [26] и PPP [6].

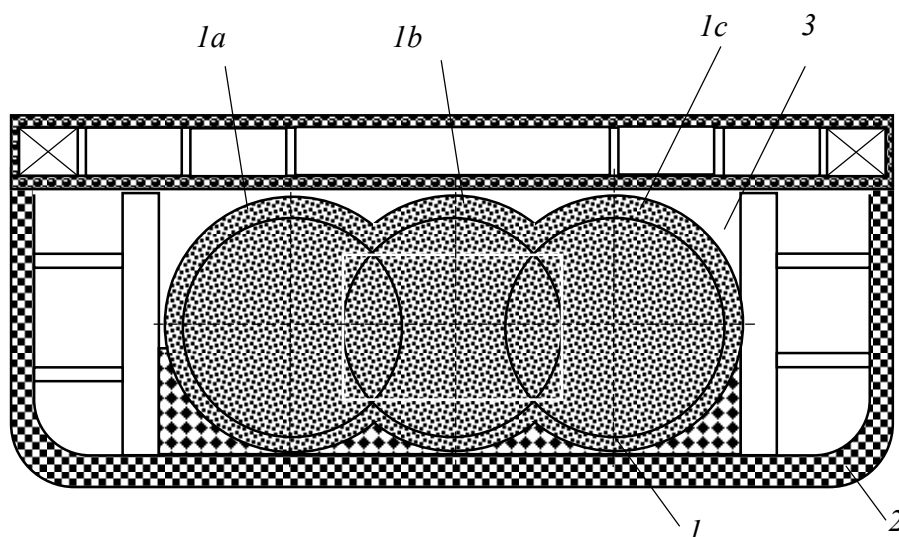


Рис. 1. Концепт мультидольного танка: 1а, 1б, 1с — доли танка; 1 — суппорт криогенного резервуара; 2 — корпус судна; 3 — трюмное пространство

Fig. 1. Multilobe tank: 1a, 1b, 1c — tank parts; 1 — cryogenic tank support system; 2 — ship hull; 3 — hold space

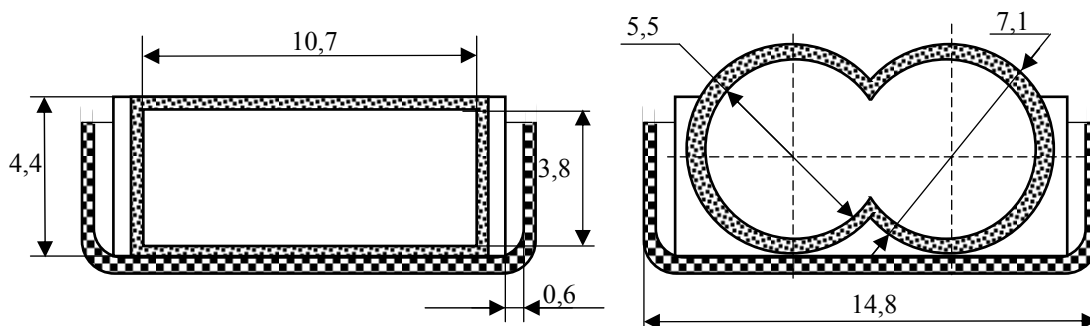


Рис. 2. Расположение танков
Рис. 2. Arrangement of the tanks

Схема расположения криогенных резервуаров в корпусе судна зависит от типа судна и геометрических параметров корпуса. Малотоннажные СПГ танкеры относятся к классу 2G.

Минимальное расстояние от наружной обшивки до поверхности изоляции криогенного танка определяется в зависимости от объема танка. Согласно DNVGL 4.1.1.1, это расстояние равняется $B/15$ или d (в зависимости от того, что меньше). B — ширина судна, d — защитное расстояние от наружной поверхности борта до металла танка.

- Для $V < 1000 \text{ м}^3$, расстояние d составляет $d=0,8 \text{ м}$;
- Для $1000 < V < 5000 \text{ м}^3$ — $d=0,75+0,2V/4000 \text{ м}$.

Максимальный объем одного танка для танкера 2G ограничен 3000 м^3 . Минимальное расстояние внутри корпуса между танками зависит от их формы. Для плоских поверхностей призматических танков расстояние составляет 600 мм . Для танков с покатой поверхностью — 380 мм . Трюмное пространство судна должно быть ограничено с обеих сторон коффердамами (узкими непроницаемыми для газов отсеками) толщиной не менее 600 мм .

Дискуссионным вопросом являются габаритные ограничения размеров танка в надпалубном пространстве. Так, в правилах PPP (часть IX, 1.2.1.6) указано, что грузовое пространство судна состоит из подпалубного и надпалубного пространства. Надпалубное пространство по высоте ограничено уровнем 3 м над поверхностью палубы. При этом, правило 6.3.10 не допускает призматическим танкам возвышаться над верхней палубой судна. В тоже время, в статье [26] указывается, что танк не должен выступать из подпалубного пространства судна более, чем наполовину.

Обобщая эти рекомендации можно вывести условие расположения танка над палубой: $h_n \leq 3$ или $h_n \leq D/2$, если $h_n \geq D/2$.

Здесь h_n — высота надпалубного пространства, м; h_n — высота подпалубного пространства, м.

Максимальная длина одного танка определяется по формуле:

$$l=loa \cdot 0,2,$$

где loa — максимальная длина судна, м.

Из анализа малотоннажного флота и существующих правил логично заключить, что техническое решение об установке призматических танков исходит из соотно-

шения между объемами подпалубного и надпалубного пространств.

Расчеты приводятся на примере модернизации танкера Ленанефть 621. Корпус судна имеет следующие параметры: ширина корпуса $14,8 \text{ м}$, высота борта $5,2 \text{ м}$, толщина двойного дна $0,8 \text{ м}$, толщина двойного борта $1,2 \text{ м}$, длина трюма 70 м .

Расположенные в этом корпусе призматические и двудольные танки типа С показаны на рис. 2.

Площадь поперечного сечения подпалубного пространства рассматриваемого судна составит:

$$S_n = b \cdot h_n; S_n = 54,6 \text{ м}^2,$$

где b — ширина трюмного пространства, м; h_n — высота подпалубного трюмного пространства, м.

Площадь надпалубного пространства:

$$S_n = b \cdot h_n; S_n = 37,2 \text{ м}^2,$$

где h_n — высота надпалубного трюмного пространства, м.

Доля площади сечения, пригодного для размещения систем хранения груза, приходящаяся на подпалубное пространство составляет $n_n=0,595$, соответственно доля надпалубного пространства $n_n=0,405$.

Для призматического танка коэффициент полезного использования пространства пригодного для размещения системы хранения составляет 45% , а для двудольного танка этот показатель достигает 65% .

Двудольный танк позволяет лучше использовать использования пространства пригодного для размещения системы хранения, за счет того вывода значительной части объема танков в надпалубное пространство. В случае модернизации судна Ленанефть 621 с установкой призматических танков расчетный объем перевозимого СПГ составляет 2540 м^3 . Для системы хранения составленной из двудольных танков этот объем возрастает до 3880 м^3 .

Для судов с другой формой корпуса доля надпалубного пространства будет меньше. Например для судна с шириной $b=30 \text{ м}$; высотой трюма — $h_n=10 \text{ м}$, доля подпалубного пространства возрастет до $n_n=0,77$, доля надпалубного пространства уменьшится до $n_n=0,23$. В результате коэффициент использования пространства призматическими танками составит 72% , для двудольных танков 60% .

На рис. 3 изображен график зависимости использования общего пространства от доли подпалубного пространства для призматических и двудольных танков.

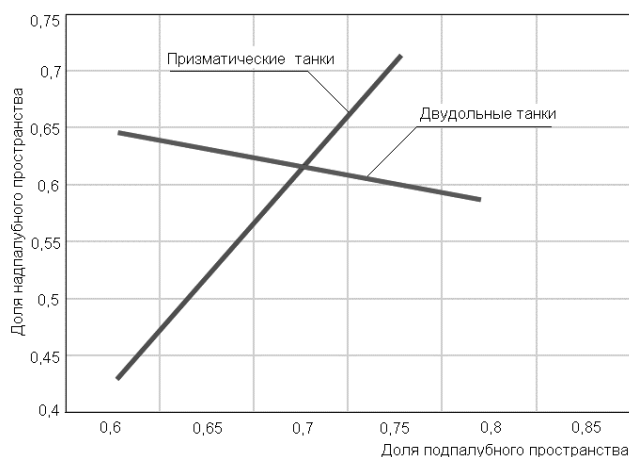


Рис. 3. Зависимость использования пространства от доли подпалубного пространства для танков различных типов

Fig. 3. Dependence of the space usage on the volume of underdeck space for various tanks

Для судов большого размера выгоднее использовать призматические танки. Значение доли подпалубного пространства, после которого становится выгоднее использование призматических танков, составляет 0,7.

Форма танка типа С зависит от ширины трюмного пространства. При условии, что габаритный диаметр танка вместе с теплоизоляцией составляет:

$$D=2r=h_n+h_{n_1}$$

Существует мнение, что оптимальное расстояние между центрами долей в двудольном танке варьируется от $0,35R$ до $0,75R$. Это соотношение получено из анализа напряжений, толщины стенок и стоимости сооружения танков подобной конструкции [21].

Тогда можно вывести зависимость формы танка типа С от ширины трюмного пространства:

- цилиндрические танки — $b < 1,35 (h_n + h_{n_1})$;
- двудольные танки — $1,35 (h_n + h_{n_1}) < b < 1,8 (h_n + h_{n_1})$;
- мультидольные танки — $b > 1,8 (h_n + h_{n_1})$.

После определения типа, формы, объема и количества танков на судне, может быть определен общий вес систем хранения груза.

Заключение

В результате проведенного исследования предложена методика выбора типа, формы и размеров криогенных танков для хранения СПГ при разработке проектов малотоннажных нефтеналивных судов. Данная методика позволяет определить наиболее подходящий тип и форму криогенных танков, по известным размерам трюма и корпуса судна. При доле подпалубного пространства в общем грузовом пространстве судна больше 0,7 более рационально использовать для модернизации призматические танки. При использовании танков типа С, форма и размеры хранилища определяется в зависимости от соотношения параметров высоты и ширины трюмного пространства.

Литература/References

1. John Snyder. Convert your existing OSV to a small-scale LNG bunker vessel. 2019. [Electronic resource]: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/convert-your-existing-osv-to-a-small-scale-lng-bunker-vessel-54037> (Date of request 19.11.2020)

2. GIIGNL. Annual Report. 2020. [Electronic resource]: https://giignl.org/sites/default/files/PUBLIC_AREA/Publications/giignl_-_2020_annual_report_-_04082020.pdf (Date of request 15.11.2020)

3. Muhammad Arif Budiyo, Agus Sunjianto Pamitran, Triana Yusman. Optimization of the Route of Distribution of LNG using small scale LNG carrier: A case study of a gas power plant in the Sumatra Region, Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2019, 9 (6), pp 179–187. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8103>

4. GTT. Membrane tanks on inland gas tankers. 2018. [Electronic resource]: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2018/dgwp15ac2/WP15-AC2-33-inf25e.pdf> (Date of request 15.11.2020)

5. IGC Code Int. Code for Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (MSC. 177 (79))

6. Российский речной регистр. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов (ПТНП). 2019. [Russian River Register-Rules for technical supervision of the construction of ships and the manufacture of materials and products for ships (PTNP). 2019. (in Russian)]

7. John Synder. Unique mid-scale LNG carrier lifts first cargo in Singapore. 2020. [Electronic resource]: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/unique-mid-scale-lng-carrier-lifts-first-cargo-in-singapore-59109> (Date of request 15.11.2020)

8. David Wu. LNT A-Box for Small & Mid scaled LNG Carriers. 2019. P. 46.

9. Simple containment solution diversifies market. 2019. [Electronic resource]: <https://intmarine.com/wp-content/uploads/2020/06/simple-containment-solutions-diversifies-market.pdf> (Date of request 15.11.2020)

10. LNT A-Box. General presentation. 2016. [Electronic resource]: <http://www.lngnewtech.com/images/documents/161021-LNT-General-presentation.pdf> (Date of request 15.11.2020)

11. IMO. Type A LNG containment system tank Torgy A-box. [Electronic resource]: https://www.torgy.no/component/k2/download/55_d40944607_c3de948a3e36_c46062beb72 (Date of request 15.11.2020)

12. Peter Pospiech. LNG Supply BV and Torgy LNG AS build self-propelled LNG bunker barges –2017. [Electronic resource]: <http://www.veus-shipping.com/2017/04/lng-supply-bv-and-torgy-lng-as-build-self-propelled-lng-bunker-barges/> (Date of request 15.11.2020)

13. Study on optimal use of small-scale shallow-draft LNG carriers and FSRUs in the APEX Region. *APEC Energy Working Group, Berkeley Resear Group, LLC*. 2020.

14. Japan's SPB containment system comes of age. 2017. [Electronic resource]: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/japans-spb-containment-system-comes-of-age-30031> (Date of request 15.11.2020);

15. Nagata Yoshinori, Tanoue Akira, Kida Takayouki, Kawai Takashi. IHI-SPB tank for LNG-fueled ship. *IHI Engineering Review*. 2015. Vol. 47. No 2. Pp. 15–21.

16. NLI LNG storage solution General Presentation. 2013. [Electronic resource]: http://mailing.ztw.pl/files/Baltexpo2013/prezentacje/15_ranes_nli_presentation_no2.pdf (Date of request 18.11.2020)

17. LNG Bunker Barge design. 2013. [Electronic resource]: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/lng-bunker-barge-design-40032> (Date of request 15.11.2020)

18. John Snyder. New gas containment tank gets «Digital Twin» ready AiP. 2020. [Electronic resource]: <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/new-gas-containment-tank-gets-lsquotdigital-twin-readyrquo-ai-pnbsp-60876> (Date of request 18.11.2020)
19. Баранов А. Ю., Иванов Л. В. Конструкционный анализ типов корпусов криогенных барж-резервуаров хранения СПГ // Морской Вестник. 2020. № 1 (73). С. 17–20. [Baranov A. Yu., Ivanov L. V. Structural analysis of hull types of cryogenic barges-LNG storage tanks. *Sea Bulletin*. 2020. No. 1 (73). pp. 17–20. (in Russian)]
20. Mathias Jansson. Innovations in large volume LNG fuel gas handling solutions. [Electronic resource]: <https://www.slideshare.net/MathiasJansson1/innovations-in-large-volume-lng-fuel-gas-handling-solutions> (Date of request 18.11.2020)
21. Mohammadreza Salarkia, Sa'ad Golabi, Behzad AmirSalari. Optimum Design of Liquefied Natural Gas Bi-lobe tanks using finite element, genetic algorithm and neural network. *J. Appl. Comput. Mech.*, 2020. 6 (4). DOI: 10.22055/JACM. 2019.14801
22. Lattice Pressure vessel brochure. 2017. [Electronic resource]: http://lattice.tjlink.co.kr/pdf/Lattice_Pressure_Vessel_Brochure_2017.pdf (Date of request 19.11.2020)
23. Patent — Tank arrangement Publication number — 20190078734. Warstila Finland OY (Vaasa), Inventor — Soren Karlsson F17C3/02 (20060101). [Electronic resource]: <https://patents.justia.com/patent/20190078734#description> (Date of request 19.11.2020)
24. Rhus Berry Asia Pacific: first LNG-fuelled ship with lattice pressure vessel tank now in service. 2019. [Electronic resource]: <https://www.bunkerspot.com/asia/48747-asia-pacific-first-lng-fuelled-ship-with-lattice-pressure-vessel-tank-now-in-service> (Date of request 19.11.2020)
25. DNVGL. Rules for classification. Ships. Part 5 Ship types, Chapter 7 Liquefied gas tankers. 2017.
26. Milan Kalajdzic, Darko Bobic. Unconventional inland LNG carrier design for the river Danube. *23th Symposium on Theory and Practice of Shipbuilding SORTA 2018*, 27–29 Sep 2018, Split, Croatia. [Electronic resource]: <https://www.researchgate.net/publication/336579736> (Date of request 23.11.2020).

Сведения об авторах

Иванов Лев Владимирович

Аспирант факультета энергетики и экотехнологий Университета ИТМО, 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9, levladiv@mail.ru

Баранов Александр Юрьевич

Д. т. н. профессор, руководитель департамента научных исследований ООО «Научно-производственное предприятие «КРИОН» 197375, Санкт-Петербург, Макулатурный проезд, 4, литер А, abaranov@itmo.ru

Малышева Татьяна Алексеевна

К. т. н. доцент, доцент факультета программной инженерии и компьютерной техники Университета ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский проспект, 49, tamalysheva@itmo.ru

Андреев Анатолий Михайлович

Инженер-исследователь 1 категории, лаборатория БЛ-2, отдел БИ-2, НТЦ «СИНТЕЗ», АО «НИИЭФА», 96641, Санкт-Петербург, пос. Металлострой, дорога на Металлострой, 3, andreev.tolia@gmail.com

Information about authors

Ivanov Lev V.

Graduate student of Faculty of Energy and Ecotechnology of ITMO University, 191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9, levladiv@mail.ru

Baranov Aleksandr Yu.

D. Sc., Professor, Head of R&D department of LLC «Research and Production Enterprise «KRION», Russia, 197375, St. Petersburg, Makulaturnyi passage, 4A, abaranov@itmo.ru

Malysheva Tatiana A.

Ph. D., Docent, Docent of the Faculty of Software Engineering and Computer Systems of ITMO University, 197101, St. Petersburg, Kronverkskiy prospect, 49, tamalysheva@itmo.ru

Andreev Anatoliy M.

Research engineer of the 1st category, BL-2 laboratories, BI-2 department, STC «SINTEZ», JSC «NIIIEFA», 96641, St. Petersburg, pos Metallostroy, road to Metallostroy, 3, Andreev.tolia@gmail.com

О Перечне рецензируемых научных изданий

В соответствии с приказом Минобрнауки России от 25 июля 2014 г., 1 декабря 2015 г. сформирован Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Вестник Международной академии холода включен в Перечень рецензируемых научных изданий (по состоянию на 01.03.2021 г.) под № 405.

Подробная информация о группах научных специальностей / научным специальностям и соответствующим им отраслям науки, по которым журнал включен в Перечень, на сайте ВАК в разделе «Документы»

https://vak.minobrnauki.gov.ru/documents#tab=_tab:editions~