

Использование судостроительных технологических решений в контейнерной температурной логистике

Application of shipbuilding technological solutions in container temperature logistics

doi 10.26310/2071-3010.2020.256.2.013



Л. Э. Мамедова,
к. э. н., доцент, зав. кафедрой
✉ maleyla@yandex.ru

L. E. Mamedova,
PhD, associate professor, head of the department



М. Е. Гоголюхина,
к. э. н., доцент
✉ m.gogolukhina@mail.ru

M. E. Gogolukhina,
PhD, associate professor



С. С. Марченко,
к. э. н., доцент
✉ march-serr@yandex.ru

S. S. Marchenko,
PhD, associate professor

Кафедра управления судостроительным производством, Санкт-Петербургский государственный морской технический университет

Department of management of shipbuilding production, Saint-Petersburg state marine technical university

Основной тенденцией мирового рынка газа в последнее десятилетие является активный рост как объемов газодобычи, так и соответствующих объемов международной логистики. Транспортировка газа в сжиженной форме (СПГ) становится серьезным конкурентом традиционным трубопроводам. Интересным как с технической, так и с экономической точки зрения решением является перевозка газа в специализированных инновационных танк-контейнерах. Их мембранная конструкция в сочетании с инновационным экономнолегированным алюминий-скандиевым материалом позволяет решить большинство проблем, связанных с эксплуатацией аналогичных емкостей традиционной конструкции: высокий вес, ограниченный срок эксплуатации, недостаточная надежность танка, необходимая для перевозки опасных, легковоспламеняемых грузов. С точки зрения экономического эффекта, наиболее интересно снижение веса и значительное увеличение операционного периода инновационного танк-контейнера. В рамках исследования было проведено сравнение использования традиционной и инновационной конструкции танк-контейнера при транспортировке автомобильным и железнодорожным транспортом. Инновационные мембранные алюминий-скандиевые танк-контейнеры оказались привлекательными с инвестиционной точки зрения в связи с более низкими операционными издержками и более низкими нормативами амортизационных отчислений. Запуск производства таких танк-контейнеров может быть осуществлен с минимальными стартовыми затратами в том числе на судостроительных предприятиях, которые знакомы с технологией постройки газозовов. Последнее позволит не только диверсифицировать деятельность судостроительного предприятия, но и повысить уровень загрузки их производственных мощностей.

One of the main tendencies of the world gas market during the last ten years is the constant growth of gas extraction as well as corresponding volume of international gas trade. Traditional pipelines become less interesting form of gas transportation in comparison to some innovational solutions. Liquid low temperature form of gas (LNG) transportation becomes an interesting variant of gas logistics both from technical and economic points of view. The membrane construction manufactured from innovational low scandium containing aluminum alloy allows solving the majority of problems connected with operation of analog traditional tanks: high construction weight, limited lifespan, not enough durability necessary for transporting dangerous flammable cargo. High efficiency of using innovative constructions is reached by decreasing construction weight and increasing significantly operational period of the innovational tank-container. The research was held as a comparison of different forms of gas logistics including automobile and railway transport means. The feasibility study proved high investment attractiveness of constructing and operating innovational tank-containers mainly because of low operational costs and longer depreciation period. Launching new production is usually connected with high capital expenses. Therefore, it makes sense to start manufacturing innovational tank-containers at already existing sites, which could be easily adapted for new technology. Shipbuilding yards are already acquainted with LNG-tankers construction technology. So the innovational tank-containers can be produced and such enterprises without significant additional investments, increasing efficiency of the traditional production.

Ключевые слова: инвестиции, транспорт, температурная логистика, инновации, судостроение, судостроительное производство, технология судостроения, танк, танк-контейнер, экономнолегированный алюминий-скандиевый сплав, мембранный танк-контейнер.

Keywords: investments, transport, temperature logistics, innovations, shipbuilding, shipbuilding production, shipbuilding technology, tank, tank-container, low scandium containing aluminum alloy, membrane tank-container.

Введение

Рост мирового потребления газа и сопутствующее увеличение объемов международной торговли газа является важным трендом последнего десятилетия [1]. С учетом того, что большинство месторождений находятся на отдаленных, неподготовленных с точки зрения инфраструктуры территориях, вкуче с отсутствием близлежащих рынков сбыта, трубопроводный транспорт становится дорогостоя-

щей формой транспортировки газа. В связи с этим при одновременном развитии технологий возникла и стремительно развивается транспортировка газа в сжиженном виде (СПГ) [2].

В том числе, одной из основных задач, стоящих перед Россией в настоящее время, является обеспечение стабильного развития и безопасного хозяйственного освоения арктических территорий. Базой для освоения этих регионов является разработка богатых запасов полезных ископаемых. Ввиду тесной связи арктических

регионов с акваторией Северного ледовитого океана морской транспорт становится неотъемлемой частью их развития. Освоение Ямала ведется в том числе с реализацией проектов, связанных с производством и транспортировкой природного газа в сжиженном виде (СПГ) [3]. Понимание степени зависимости экономики данного региона от модернизации морской и сухопутной газотранспортной системы является важным для решения проблемы оценки перспектив дальнейшего развития производства танк-контейнеров.

Настоящее исследование направлено на изучение технико-экономической эффективности производства и эксплуатации инновационных танк-контейнеров в мультимодальных перевозках СПГ автомобильным, железнодорожным и морским транспортом. Инновационная конструкция и материалы позволяют сократить вес танка, увеличить соответственно объем перевозимого СПГ без существенного роста первоначальных инвестиций. Целью проведения исследования является анализ общего экономического эффекта применения танк-контейнеров новой конструкции для низкотемпературной перевозки опасных грузов.

Обзор рынка температурной логистики

В рамках данной работы были проведены исследования и расчеты, которые позволили сделать выверенную оценку по технико-экономической эффективности не только внедрения инновационных технологий, но и производство танк-контейнеров на судостроительном предприятии. Активное развитие газовой индустрии России, увеличивающаяся востребованность СПГ в мире, огромные инвестиции в развитие технологий и строительство супергазовозов обуславливают актуальность исследования во всех сопряженных областях. С целью развития российской судостроительной промышленности и удовлетворения потребностей газовой индустрии были перенесены некоторые инновационные элементы строительства от газовозов-ледоколов на маломерные универсальные танк-контейнеры. Были проанализированы технические характеристики существующих танк-контейнеров для перевозки СПГ типа IMO50, соответствующих требованиям международного стандарта ISO 1496/3 (ГОСТ 31314.3-2006). Это двустенные изотермические резервуары, состоящие из каркаса или рамных элементов и цистерны из высококачественной нержавеющей стали марок SS 316, TI, 316 L, Z6CNDT 17.12 для транспортировки сжиженного и сжатого газа и нефтяного газа с давлением не более 7 бар [4]. Резервуар предназначен для приема, временного хранения, выдачи СПГ потребителям и служит тарой для транспортировки автомобильным, железнодорожным и морским транспортом, обеспечивая при этом полную сохранность и высокое качество продукта. Все известные танк-контейнеры сделаны на базе двадцатифутовой контейнерной рамы, за редким исключением попадают тридцатифутовые. Еще более редким исключением являются 40-футовые танк-контейнеры, которые применяются только для перевозки сжиженных газов.

Танк-контейнеры наиболее безопасная тара для перевозки легковоспламеняющихся веществ и сжи-

женного газа, которые требуют соблюдения определенного давления в цистерне и рассчитаны на давление от 15 до 34,5 бар, объемом до 24 тысяч литров. Такой танк-контейнер соответствует положениям Международной конвенции по безопасным контейнерам 1972 г. [5] и Таможенной конвенции по контейнерам 1972 г. [6] и подходит для безопасной перевозки любым транспортом во внутреннем и международном сообщении, а также позволяет использовать его в качестве системы хранения опасных грузов. С помощью специальных средств подачи газифицированного СПГ потребителям, цистерна может быть использована в качестве станции регазификации для обеспечения топливом населенных пунктов, у которых отсутствует централизованная система газоснабжения или производственных объектов.

Еще одним преимуществом танк-контейнеров несомненно является его вместимость, которая на 60% выше универсальной бочки или авто- и ЖД-цистерн при перевозке СПГ, что почти в два раза позволит сократить расходы по транспортировке. Уникальная специализированная система слива в танк-контейнерах минимизирует потери груза и делает разгрузку максимально быстрой и простой. Но все же технологии не стоят на месте и хоть и обладающие всеми выше описанными преимуществами танк-контейнеры не соответствуют полностью сегодняшним требованиям. К основным недостаткам типовых стальных танк-контейнеров можно отнести, в первую очередь, большой вес; во-вторых, срок службы; и, в-третьих, все-таки недостаточную прочность, что очень важно при работе с взрывоопасными грузами. Большой вес приводит к пониженным объемам перевозимого СПГ, используемые материалы подвержены коррозии, исходя из этого, можно говорить об упущенных выгодах для будущего собственника, с одной стороны, и к росту издержек на 1 м³ груза — с другой.

И в России, и в мировой практике, на сегодня стоит проблема не только физической замены части парка танков, бочек, цистерн и т.п., но и подбор, так сказать оптимального варианта тары для перевозки, которая должна быть и универсальной, и экологичной и, конечно же экономически выгодной для транспортировки сжиженного природного газа.

После проведенного анализа динамики потребности, технологий и производства танк — контейнеров мировой и российской, выявилось активное повышение спроса на новые вагоны и контейнеры. Производство грузовых вагонов в январе–октябре 2017 г. составило 27,7 тысяч единиц (126% от аналогичного показателя предыдущего года), при этом загрузка производственных мощностей была на уровне 30%. К тому же, сыграл свою роль и запрет на продление срока полезного использования на рынке железнодорожных перевозок, что привело к сокращению парка цистерн, бочек, контейнеров и т.п. По оценкам экспертов, нас ждет уверенный рост рынка танк-контейнеров в ближайшие три года, который составит не менее 25-30% [7].

По данным ПАО «ТрансКонтейнер», за последние 6 лет объем отправок грузов в специализированных контейнерах на сети РЖД значительно вырос и до-

стиг 10% от общего объема контейнерных перевозок. В целом на фоне снижения транспортировки химических грузов в цистернах доля танк-контейнерных перевозок растет, и эта тенденция, по заверениям многих экспертов, сохранится и даже вырастет еще на 10% по итогам текущего года [8]. Мировой рынок производства танк-контейнеров растет также динамично и уверенно, лидирующие позиции на нем занимает Китай [9]. Часть стран, которые никогда не занимались температурной логистикой, обратились к рынку СПГ и его транспортировке, понимая, что порог вхождения этого рынка значительно снизился, а возможностей он предоставляет огромное количество.

Так, например, Канада запустила пилотный проект по транспортировке сжиженного природного газа в танк-контейнерах. Первые 17 т СПГ отправила компания FortisBC со своего завода из Ванкувера в Китай. Партнерами проекта стали канадская True North Energy Corporation и китайская CIMC Enpic. «Поскольку СПГ перевозится в танк-контейнерах, а не танкером, нет необходимости в СПГ-терминалах. По прибытию в Китай контейнеры могут доставляться в пункт назначения железной дорогой, автотранспортом или баржей», — цитирует Reuters исполнительного директора True North Energy Кельвина Сюя. «Покупатели могут напрямую импортировать СПГ небольшими партиями, — сказал он, — и при этом избежать миллиардных вложений в СПГ-терминалы и инфраструктуру» [10].

Учитывая растущий рынок транспортировки СПГ и рынок производства танк-контейнеров, были проведены данные исследования по применению инновационных технологий и разработок судостроения при строительстве танк-контейнеров для перевозки сжиженного природного газа. Было решено рассмотреть следующие технологии для внедрения: мембрана и инновационный алюминий-скандиевый сплав 1580 для ее изготовления.

Принципы и технология постройки танков СПГ

Мембранные грузовые танки — это емкости, предназначенные для содержания сжиженных газов в судовых условиях и образованные тонкой оболочкой, способной воспринимать только растягивающие напряжения и поддерживаемой смежными корпусными конструкциями. Конструкции мембранных танков обеспечивают непроницаемость своей оболочки как при деформациях, связанных с изгибом корпусных конструкций, так и при термических деформациях.

На основе судостроительного опыта строительства газозовов и танков в них, которые фактически являются огромными танк-контейнерами, было выявлено, что практическое применение нашло только несколько грузовых систем, в том числе встроенные мембранные танки системы GTT № 96. Газовозы, оборудованные грузовыми танками мембранного типа, имеют наименьшие массовые характеристики, отнесенные к грузоподъемности судна. Крупнотоннажные газовозы с мембранными грузовыми танками имеют предпочтительные технико-экономические показатели по сравнению с судами, оборудованными грузовыми танками других типов при грузоподъемности свыше 165 тыс. м³.

Существуют мембранные грузовые танки двух типов: гофрированные мембранные и плоскостные танки. Первые формируются из тонколистовой хромоникелевой стали. Термические деформации такого материала компенсируются специальной гофрировкой металла мембраны. Вторые выполняются из сплава, в котором содержание никеля достигает 36%. Они практически не подвержены термическим деформациям даже в диапазоне температур, отвечающих условиям эксплуатации метановозов. Мембранные грузовые танки формируются из плоских листов с помощью сварочных и монтажных работ. Представители фирм, занятых разработкой и проектированием газозовов с

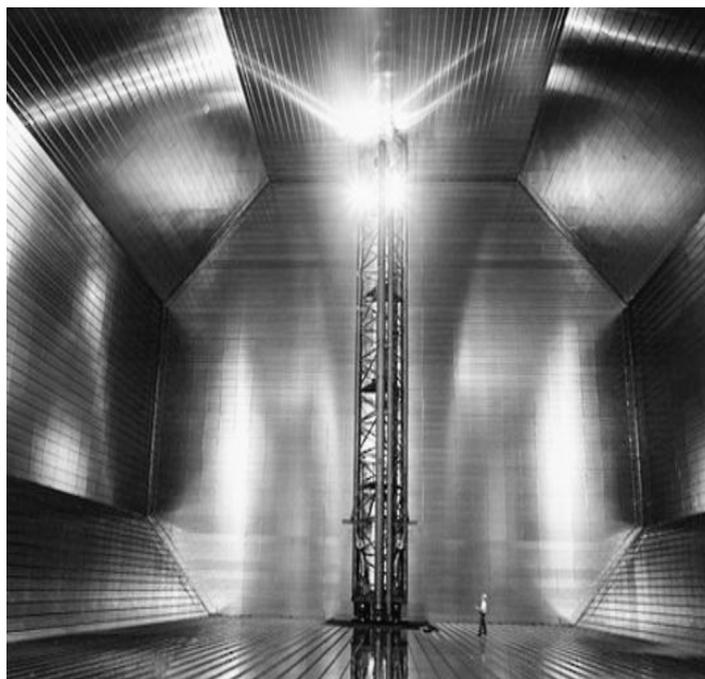


Рис. 1. Внутренний вид танка модели № 96 [11]

мембранными грузовыми танками, утверждают, что мембранные гофрированные танки обладают высокой деформативной податливостью при разрушении корпусных конструкций. Считается, что при прогибе в 5 м на участке протяженностью 20 м, способном возникнуть при столкновении судов, не образуется трещин и разрывов в мембранных грузовых танках гофрированного типа. Следовательно, такие танки сохраняют непроницаемость в экстремальных условиях эксплуатации.

Мембранная обшивка между барьерами формируется из триплекса — специального криогенного материала пригодного для склеивания эпоксидным клеем. Например, некоторые варианты сферических танков, к коим можно отнести и традиционную танк-цистерну, изготовленные даже из 9%-никелевой стали, после ряда лет эксплуатации показали возникновение трещин в районе сварных швов в так называемой «зоне термического влияния», что абсолютно невозможно при использовании мембранно-гофрированных технологий танка.

В танках мембранного типа сама мембрана испытывает в основном воздействие термических напряжений. Поэтому для нее используется либо инвар, имеющий минимальный коэффициент теплового расширения, либо, при использовании нержавеющей стали, должно быть применено гофрирование мембраны с продольным и поперечным набором гофр для компенсации температурной деформации. В системе типа GTT № 96 (рис. 1) в качестве изоляции используются фанерные ящики с перлитом, а мембрана формируется из рулонного инвара марки М93 (36% никеля) толщиной 0,7 мм для обоих барьеров.

Предлагаемая конструкция мембранного танка позволяет создать между первичной и вторичной мембранами танка, а также между поверхностью отсека и вторичной мембраной герметичные объемы, которые при низком вакууме позволят существенно уменьшить теплопроводность мембранного танка.

1. Мембранный танк для сжиженного природного газа (тип VM), имеющий первичную наружную и вторичную внутреннюю мембраны, между которыми, а также между внутренней поверхностью отсека судна и вторичной мембраной размещен термоизоляционный слой в виде жесткого термоизолирующего материала, отличающийся тем, что между первичной и вторичной мембранами танка, а также между поверхностью отсека и вторичной мембраной образованы герметичные объемы для создания в них низкого вакуума, а в термоизоляционном слое образованы полости, наполненные легковесным термоизолятором.
2. Герметичные объемы выполнены с возможностью обеспечения в них вакуума в пределах 0,1-10 мбар.
3. В качестве термоизолирующего материала, расположенного между мембранами танка, а также между поверхностью отсека и вторичной мембраной, использован жесткий полиуретан повышенной прочности с плотностью 220-500 кг/м³.
4. В качестве термоизолятора в полостях термоизоляционного слоя может быть использован

перлит, кремнезем, аэрогель, коллоидная двуокись кремния, пенополистирол или стекловолокно.

5. Между термоизоляционными слоями установлены пластины из высокомолекулярного полиэтилена.
6. Между поверхностью отсека и термоизоляционным слоем установлены сминаемые прокладки из термоизолирующего материала [12].

Основными преимуществами мембранных танков являются следующие:

- прочность корпуса вследствие наличия двойного корпуса;
- способность противостоять нагрузкам при сильном столкновении из-за способности материала мембраны к удлинению и однородному распределению возникающих динамических нагрузок;
- высокая приспособленность танков к резкому изменению температуры, так как мембранная система не подвержена воздействию тепловых ударов;
- сформированный вторичный барьер может хранить груз без ограничений по времени, что показывает более высокий уровень безопасности мембранной системы;
- при одинаковой грузоподъемности судна расход топлива меньше, чем у аналогичных судов-газовозов.

Вследствие указанных преимуществ наиболее широкое использование в практике перевозки сжиженного природного газа получили встроенные мембранные танки системы GTT. В эксплуатации находится около 200 судов, что составляет 2/3 мирового флота газозавозов. Большинство вновь заказываемых судов — с мембранными танками. Мембраны изготовлены из дорогостоящего инвара (сталь с 36% содержанием никеля) толщиной 0,7 мм, разработанного и запатентованного во Франции. Рассматривая возможную альтернативу использованию инвара, приведем в пример алюминиевые сплавы. Однако, напомним, что плотность алюминиевых сплавов в 2,9 раза меньше плотности стали, а предел упругости алюминиевых сплавов также примерно в 3 раза меньше, чем у стали. Это означает, что идентичные по размерам грузовые танки, изготовленные из алюминиевого сплава, имели бы массу и жесткость в размере 1/3 от стальных и были бы примерно на половину такими же прочными, что и стальные. Ясно, что такие танки были бы совершенно неудовлетворительны. Для решения проблемы повышения жесткости конструкции предлагается использовать алюминиевый сплав с добавлением скандия. Легирование алюминиевых сплавов скандием позволяет создавать сплавы с существенно более высокими характеристиками по удельной прочности, свариваемости, деформируемости. Кристаллическая решетка скандия имеет высокое структурное соответствие с кристаллической решеткой алюминия, поэтому получаем такой эффект от включения скандия в алюминиевый сплав — это и повышение прочности, и пластичности, и свариваемости конструкций из сплава.

Но основным эффектом при замене стали на Al-Sc сплавы является снижение веса транспортных конструкций и систем за счет применения легкого материала, обладающего высокими прочностными

Таблица 1

Стоимость компонентов на 1 т сплава Al-Sc сплава 1570 и 1580

Химический элемент	Содержание в 1 т сплава, %	Содержание в 1 т сплава, кг	Цена элемента, \$/кг	Стоимость на 1 т сплава 1570, \$	Стоимость на 1 т сплава 1580, \$
1	2	3	4	5	5
Al	93,28	1 000,00	2,20	2200,00	2200,00
Mg	6,00	60,00	1,80	108,00	108,00
Mn	0,40	4,00	1,80	7,20	7,20
Sc	0,22	2,20	5000,00	11000,00	3000,00
Zr	0,10	1,00	132,00	132,00	132,00
Итого				13447,20	5447,20

свойствами, и рационального конструирования, исходя из возможностей новых технологий. Однако, у таких сплавов есть один существенный недостаток – скандий является дорогостоящим компонентом, требующим последующей сложной обработки, что, как правило, делает его применение экономически нецелесообразным.

Предлагаемый инновационный Al-Sc сплав 1580 представляет собой новый экономнолегированный алюминиевый сплав с содержанием скандия не более 0,1%. Al-Sc сплав нового поколения 1580 содержит в 2 раза меньше скандия без потери механических свойств сплава. Благодаря применению новой технологии добычи скандия из красных шламов, а также применению нового способа обработки, расход скандия на 1 т Al-Sc сплава нового поколения P-1580 сокращается в 2,5 раза по сравнению с типовым Al-Sc сплавом, что резко повышает его привлекательность.

Инновационный экономнолегированный сплав P-1580 системы Al-Mg-Sc с содержанием скандия не более 0,10% массы позволяет снизить стоимость полуфабрикатов более, чем в 2 раза по сравнению с серийными сплавами типа 1570 с содержанием скандия 0,22% (табл. 1).

Результаты показали, что листы из Al-Sc сплава 1580 в 100 раз медленнее поддается коррозии, чем сталь. Коррозия нового сплава на уровне: по ГОСТ: МКК, мм – 0,00; по ASTM: МКК, мг/см² – 2,47, РСК – РВ позволяет говорить об увеличении общей длительности эксплуатационного периода танк-контейнера до 30 лет службы или на 50% при использовании сплава 1580, относительно стали 09Г2С.

Конструкции из Al-Sc сплава 1580 отличаются повышенной коррозионной стойкостью. Так, например, были проведены исследования коррозионной

стойкости сплава в морской среде, а превосходная свариваемость и пластичность разрабатываемых материалов, позволит использовать их при создании сложных криволинейных конструкций.

Замещение традиционного для судостроения алюминиевого сплава АМг6 сплавом с содержанием скандия позволит существенно повысить механические характеристики готовой продукции. Применяемая в производстве танк-контейнеров сталь 09Г2С значительно проигрывает алюминиевым сплавам в коррозионной стойкости и обладает большим весом (табл. 2).

Исследования показали, что судостроительный опыт постройки мембранных танков газовозов может быть успешно использован при изготовлении емкостей меньшего объема, таких как танк-контейнеры для транспортировки СПГ. Эффект применения мембранной конструкции усиливается при замене традиционных стальных материалов на инновационный экономнолегированный алюминиево-скандиевый сплав.

Также на основе выполненного анализа был предварительно проработан вопрос возможности оптимизации национальной судостроительной промышленности с точки зрения диверсификации производства и дана оценка экономической эффективности производства танк-контейнеров на судостроительном предприятии [13] (рис. 2).

Объем перевозок СПГ в танк-контейнерах постоянно увеличивается в силу определенных преимуществ по сравнению с другими типами подвижного состава. Использование танк-контейнеров позволяет снизить транспортные расходы благодаря формированию оптимальных маршрутов со сменой транспортных средств без перетаривания. Это серьезный аргумент особенно для транспортировки опасного груза с новых плохо доступных месторождений, где может не быть

Таблица 2

Сравнительный анализ основных характеристик типового танк-контейнера из стали марки 09Г2С и танк-контейнера из гофрированной мембраны из инновационного AlSc сплава 1580

	Сталь 09Г2С	AlSc-сплав 1580	Отклонение (гр. 3 – гр. 2), %
1	2	3	4
Предел прочности σ_b , МПа	380	410	+8
Макс. масса с грузом, кг	36000,0	36000,0	–
Масса порожнем, кг	7800,0	6300,0	–19
Масса танка, кг	4700,0	3200,0	–32
Грузоподъемность, кг	28200,0	29700,0	+5
Срок службы танка, лет	20	30	+50



Рис. 2. Складирование танк-контейнеров [14]

ни железных, ни даже автомобильных дорог, и транспортировка возможна только в летнее время речным путем [15].

Ожидается, что рынок температурной логистики увеличится на 25-30% в течение следующих трех лет. Сегмент мультимодальных перевозок увеличивается не только за счет роста спроса, но и за счет устаревания и постепенного списания имеющегося парка специализированных железнодорожных вагонов.

Сравнение различных типов емкостей для перевозки СПГ представлено ниже в табл. 3.

В ходе проведенного исследования была проведена оценка экономической эффективности эксплуатации инновационных танк-контейнеров. В том числе был произведен расчет одного транспортного цикла на расстояние 1000 км железнодорожным путем по маршруту Москва – Архангельск, а также автомобильным транспортом по маршруту Москва – Эребру (Швеция). Выявлена следующая структура операционных расходов для типовых операционных условий:

1. Проведение профилактических осмотров танк-контейнера должны проводиться раз в три года. Стоимость работ за весь период эксплуатации оценивается на уровне 6-10% от первоначальной стоимости танк-контейнера.

2. Капитальный ремонт проводится один раз в течение всего срока эксплуатации танк-контейнера, то есть примерно через 12 лет после его ввода в эксплуатацию. Затраты на капремонт составят 25-20% от первоначальной стоимости танк-контейнера.
3. Расходы на текущий ремонт и снабжение танк-контейнера осуществляются ежегодно и составляют около 0,5% от первоначальной стоимости танк-контейнера.
4. Накладные расходы включают в себя расходы на медико-санитарные мероприятия, расходы на связь, навигацию и прочие административные и коммерческие расходы. Рекомендованный уровень – 10-15% от прямых расходов на эксплуатацию танк-контейнера (без учета расходов на топливо и ГСМ), что является общепринятым нормативом для большинства видов танков.
5. Расходы на топливо и ГСМ зависят от операционных режимов. Средний расход топлива предполагается на уровне 30 л на 100 км. Стоимость топлива взята как среднерыночное значение на момент проведения оценки.
6. Расходы на обслуживание грузовика и логистику (для грузового транспорта) взяты, исходя из

Таблица 3

Сравнение использования различных типов емкостей для перевозки СПГ

	Бочки	Автоцистерны/железнодорожные цистерны	Инновационные танк-контейнеры
	Недостатки	Недостатки	Преимущества
Эксплуатация	1. Выше стоимость самой бочки, погрузо-разгрузочных работ и хранения при сопоставлении объема с танк-контейнером. 2. Одноразовое использование 3. Хранение только на складе	1. Быстрый износ шасси. 2. Дорогостоящее обслуживание. 3. Необходимость перетарки	1. Транспортировка всеми видами транспорта. 2. Различный объем тары. 3. Удобство при погрузочно-разгрузочных работах. 4. Многократное использование. 5. Удобный и быстрый слив жидкостей. 6. Отсутствие необходимости перетарки. 7. Удобное сервисное обслуживание. 8. Совместимость для перевозки различных грузов
Безопасность	1. Легко повреждаются. 2. Часто протекают	1. Отсутствие защитной рамы	1. Максимально безопасная конструкция
Хранение	1. Многократная обработка. 2. Дорогостоящая маркировка. 3. Необходимость большого склада для хранения	1. Нет возможности штабелирования. 2. Необходимость большого склада для хранения	1. Хранение возможно на любых площадках. 2. Штабелирование до 6 ярусов

среднерыночных значений на момент проведения анализа.

7. Стоимость железнодорожных перевозок (для ж/д транспорта) рассчитана согласно существующим ж/д тарифам на перетарирование и перевозку опасных грузов.
8. Амортизация рассчитана линейным способом пропорционально длительности эксплуатации инновационного танк-контейнера (30 лет) с учетом стоимости постройки и проведения капремонтов.

Доходы от эксплуатации инновационного танк-контейнера и зависят от объема перевезенного СПГ и уровня тарифов на грузоперевозки. Общий экономический эффект оценивается в течение всего жизненного цикла танк-контейнера. Принимая во внимание высокую коррозионную устойчивость инновационного алюминиево-скандиевого сплава 1580, его срок эксплуатации увеличивается на 35-40% по сравнению с конструкцией из стали 09Г2С. Общие операционные расходы при использовании инновационного танк-контейнера в автомобильных перевозках сокращаются на 5% по сравнению со стальным, что делает его эксплуатацию более привлекательной с экономической точки зрения.

Потенциальный доход для автомобильных грузоперевозок был рассчитан в двух вариантах. Первый вариант предполагает сохранение стандартного тарифа на перевозку СПГ при переходе от стальных на инновационные танк-контейнеры. Это позволит увеличить общий доход от перевозок на 6%. Второй вариант предполагает возможность снижения тарифов транспортной компанией на 11% за счет сокращения операционных расходов, что существенно повышает привлекательность грузоперевозок с помощью инновационных танк-контейнеров. Несмотря на снижение общего объема выручки во втором варианте,

вызванным сокращением тарифа на грузоперевозки, более низкие тарифы повысят конкурентоспособность данной услуги, что впоследствии должно привести к росту объема грузоперевозок СПГ и соответствующему увеличению доли рынка.

Аналогичные расчеты были произведены для оценки экономической привлекательности использования инновационных танк-контейнеров в транспортировке СПГ по железной дороге. Инновационная конструкция показывает снижение операционных расходов на 23% по сравнению с традиционной стальной, что делает очевидной высокую эффективность ее применения. Потенциальная выручка по аналогии с грузоперевозкой автотранспортом была рассчитана в двух вариантах. Первый вариант предполагает рост выручки на 6%, второй позволяет снизить тарифы на 23% и предложить потенциальным клиентам гораздо более выгодные условия транспортировки СПГ. Результаты расчетов представлены в табл. 4.

Выводы

Помимо анализа экономической эффективности был произведен анализ инвестиционной привлекательности производства и эксплуатации инновационных танк-контейнеров для перевозки СПГ по критериям простого и дисконтированного периода окупаемости для автомобильных и железнодорожных перевозок. Оба варианта представляются крайне выгодными для инвестора, так как характеризуются высоким ежегодным чистым денежным потоком и короткими сроками окупаемости. Окупаемость стартовых затрат на строительство инновационного танк-контейнера в 1,4 раза быстрее при перевозке СПГ железнодорожным транспортом по сравнению с автомобильным. Однако с учетом общего срока эксплуатации инновационного

Таблица 4

Сравнение экономических характеристик использования стальных (09Г2С) и инновационных мембранных алюминиево-скандиевых (1580) танк-контейнеров в автомобильных и железнодорожных перевозках, руб.

	Автомобильные перевозки			Железнодорожные перевозки		
	09Г2С	1580	Отклонение	09Г2С	1580	Отклонение
Инвестиционные расходы						
Строительство танк-контейнера	1709576	1762912	+3% (Н)*	1709576	1762912	+3% (Н)*
Среднегодовые операционные расходы						
Проф. осмотры	6838	4701	-31% (Б)	6838	4701	-31% (Б)
Кап. ремонт	29917	20567	-31% (Б)	29917	20567	-31% (Б)
Текущий ремонт и снабжение танк-контейнера	8547	8814	+3% (Н)	8547	8814	+3% (Н)
Накладные расходы	5662	4260	-25% (Б)	5662	4260	-25% (Б)
Топливо и ГСМ	1215000	1032750	-15% (Б)	-	-	-
Обслуживание грузовика и логистика	2385000	2385000	0	-	-	-
Стоимость железнодорожных перевозок	-	-	-	5045085	3871971	-23% (Б)
Амортизация	85478	58763	-31% (Б)	85478	58763	-31% (Б)
Итого среднегодовые операционные расходы	3736445	3514857	-6% (Б)	5208819	3988499	-23% (Н)
Среднегодовая выручка						
Выручка (вар. 1)	4483734	4747483	+6% (Б)	5208819	5515220	+6% (Б)
Тариф на транспортировку 1 м ³ (вар. 1)	2442	2442	-	2827	2837	-
Выручка (вар. 2)	4483734	4217828	-4% (Н)	5208819	3988499	-23% (Н)
Тариф на транспортировку 1 м ³ (вар. 2)	2442	2169	-11% (Б)	2827	2169	-27% (Б)

Примечание: * (Б) – благоприятное отклонение с точки зрения инновационной конструкции танк-контейнера; ** (Н) – неблагоприятное отклонение с точки зрения инновационной конструкции танк-контейнера.

Инвестиционная привлекательность производства и эксплуатации инновационных танк-контейнеров для перевозки СПГ

	Автотранспорт	Ж/д транспорт
Строительство танк-контейнера, руб.	1762912	1762912
Среднегодовой чистый денежный поток, руб.	833431	1283925
Период окупаемости, лет	2,1	1,5
Дисконтированный период окупаемости, лет	2,5	1,7

танк-контейнера 30 лет их использование в автомобильной транспортировке является также привлекательной с инвестиционной точки зрения.

Заключение

Настоящее исследование было проведено с целью оценки технико-экономической эффективности использования мембранных алюминиево-скандиевых танк-контейнеров нового поколения для мультимодальной перевозки СПГ. В первую очередь это гофрированные мембраны первичного барьера из AlSc сплава 1580, вместо стального сосуда. Некоторые варианты сферических танков, к коим можно отнести и традиционную танк-цистерну, изготовленные даже из 9%-никелевой стали после ряда лет эксплуатации показали возникновение трещин в районе сварных швов в так называемой «зоне термического влияния», что абсолютно невозможно при использовании мембранно-гофрированных технологий танка.

Также решается задача минимизации слошинга, за счет мембранной конструкции и соответствующего отказа от внутренних волнорезов, которые являются источниками возникновения дополнительной массы. Более низкий вес конструкции инновационного танк-контейнера позволяет транспортировать больше груза, увеличив тем самым операционный доход и инвестиционную привлекательность проекта. Более того, нержавеющая сталь, используемая в традиционных танках для перевозки СПГ, более трудоемка в обработке, чем алюминиевые сплавы, что повышает затраты на строительство танк-контейнера. Инновационные танк-контейнеры могут производиться на судостроительных предприятиях, которые уже знакомы с аналогичной технологией по проектам строительства газозовов. В целом, исследование показало, что производство и эксплуатация инновационных танк-контейнеров является крайне перспективным направлением как с технической, так и с экономической точки зрения.

Список использованных источников

1. Прогноз развития энергетики мира и России 2016/Под ред. А. А. Макарова, Л. М. Григорьева, Т. А. Митровой. М.: Институт энергетических исследований РАН, 2016. 196 с.
2. 2016 World LNG Report. IGU: official site. <http://www.igu.org/publications/2016-world-lng-report>.
3. М. П. Кравченко. Геополитика природного газа//Вестник Московского государственного лингвистического университета. Серия «Общественные науки». 2015. № 2 (713). С. 69-77.
4. ГОСТ 31314.3-2006 (ISO 1496-3:1995). Контейнеры грузовые серии 1. Технические требования и методы испытаний. Часть 3. Контейнеры-цистерны для жидкостей, газов и сыпучих грузов под давлением. <http://docs.cntd.ru/document/1200052848>.
5. Международная конвенция по безопасным контейнерам (КБК) (Женева 2 декабря 1972 г.) (с изменениями и дополнениями). <http://base.garant.ru/2540316>.
6. Указание ГУГТК СССР от 04.04.1989 г. № 11-38/7 «О порядке применения Таможенной конвенции, касающейся контейнеров, 1972 г.». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_16046.
7. Обзор российского транспортного сектора в 2016 г. KPMG, 2017. 28 с. <https://docplayer.ru/48361013-Obzor-rossiyskogo-transportnogo-sektora-v-2016-godu.html>.
8. <http://spec.rzd-partner.ru/page1419958.html>.
9. П. С. Андреев. Преимущества и перспективы расширения экспорта сжиженного природного газа из России в страны АТР//Азиатско-тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2015. № 2 (35). С. 47-55.
10. <https://seanews.ru/2017/11/28/spg-v-tank-kontejnerah>.
11. <https://sudostroenie.info/novosti/22610.html>.
12. <http://www.findpatent.ru/patent/260/2600419.html>.
13. М. Е. Гоголюхина, Л. Э. Мамедова. Новые стратегии развития судостроительного предприятия//Научный журнал «Тенденции развития науки и образования», № 44, 11.2018. С. 72-76.
14. <https://www.exsif.ru/hranenie-nalivnyh-gruzov>.
15. С. А. Агарков, Г. П. Евдокимов, С. Ю. Козменко. Экономические региональные особенности морской транспортировки сжиженного природного газа//Геополитика и безопасность. 2015. № 2 (30). С. 73-82.

References

1. Forecast of Energetic Development in the World and in Russia 2016/Edit. by A. A. Makarova, L. M. Grigorieva, T. A. Mitrova [Institute of Energetic Research, RAS]. Moscow, 2016. 196 p. (In Russian.)
2. 2016 World LNG Report. IGU: official site. <http://www.igu.org/publications/2016-world-lng-report>.
3. M. P. Kravchenko. Geopolitics of Natural Gas//[Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. Seria «Obshchestvennye nauki», 2015, № 2 (713). P. 69-77. (In Russian.)
4. GOST 31314.3-2006 (ISO 1496-3:1995) Containers of cargo type 1. Technical requirements and testing methods. Part 3. Tank-containers for liquids, gas and bulky cargo under pressure. <http://docs.cntd.ru/document/1200052848>. (In Russian.)
5. International Convention for Safe Containers (Geneva 02.12.1972) (with changes and additions). http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_16046. (In Russian.)
6. Instruction of GUGTK of the USSR from 04.04.1989 no. 11-38/7 «About the Order of Application of the Customs Convention, Concerning Containers, 1972». http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_16046. (In Russian.)
7. Overview of the Russian Transport Sector in 2016 [KPMG], 2017. 28 p. <https://docplayer.ru/48361013-Obzor-rossiyskogo-transportnogo-sektora-v-2016-godu.html>. (In Russian.)
8. <http://spec.rzd-partner.ru/page1419958.html>. (In Russian.)
9. P. S. Andreev. Advantages and Perspectives of LNG Export Expanding from Russia to Asian and Pacific Region//[Asian and Pacific Region: Economics, Politics and Law], 2015, № 2 (35). P. 47-55. (In Russian.)
10. <https://seanews.ru/2017/11/28/spg-v-tank-kontejnerah>. (In Russian.)
11. <https://sudostroenie.info/novosti/22610.html>. (In Russian.)
12. <http://www.findpatent.ru/patent/260/2600419.html>. (In Russian.)
13. M. E. Gogolukhina, L. E. Mamedova. New Strategies of Shipbuilding Yard Development//[Scientific journal «Development tendencies of Science and Education», 11.2018, № 44. P. 72-76. (In Russian.)
14. <https://www.exsif.ru/hranenie-nalivnyh-gruzov>. (In Russian.)
15. S. A. Agarkov, G. P. Evdokimov, S. Yu. Kozmenko. Ekonomicheskie regionalnye osobennosti morskoi transportirovki szhizhennogo prirodnogo gaza//Geopolitika i bezopasnost. 2015. № 2 (30). S. 73-82. (In Russian.)