РАЗДЕЛ III. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Афанасьев П.М., Афанасьев М.П.

Анализ тенденций использования природного газа в качестве топлива на буксирах

ФГБОУ ВО Государственный университет морского и речного флота
Имени адмирала С.О. Макарова
(Россия, Санкт-Петербург)

doi: 10.18411/sr-10-12-2018-04

idsp: sciencerussia-10-12-2018-04

Аннотация

Использование природного газа снижает выбросы оксида азота и серы. Помимо этого, привлекательной остается и его текущая рыночная стоимость, способная конкурировать с тяжелым мазутом. В статье приведены результаты анализа использования сжиженного природного газа в качестве топлива для морских судов.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, топливо, буксир

Abstract

The use of natural gas reduces nitrogen oxide and sulfur emissions. In addition, the current natural gas market value, which can compete with heavy fuel oil, remains attractive. The article presents the results of the analysis of the use of liquefied natural gas as fuel for marine vessels.

Keywords: liquefied natural gas, fuel, tug

Известно, что переход с дизельного топлива на природный газ, позволит решить многие проблемы, касающиеся с выбросов выхлопных газов на судне (включая 25-процентное сокращение выбросов CO₂) [1]. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что основной компонент природного газа (ПГ) представляет собой метан, который, в свою очередь, является наиболее эффективным углеводородом при измерении энергетического содержания в отношении содержания углерода. Молекулярная структура природного газа имеет наибольшее количество связей с водородом среди всех углеводородов. По сути, это приводит к самым низким выбросам углерода вовремя энерговыделения. Природный газ бесцветен, не имеет запаха, нетоксичен и легче воздуха.

В двухтопливных двигателях природный газ сгорает с низким уровнем выбросов NO_x из-за концепции обедненного отжига, выбросы серы незначительны, поскольку сера удаляется из топлива в процессе сжижения СПГ. Кроме того, очень низкие выбросы частиц, без видимого дыма или отложений, делают это топливо привлекательным выбором для застроенных территорий, таких как порты. СПГ также может иметь очень конкурентоспособную цену, что делает это топливо очень интересным выбором. Природный газ состоит в основном из метана (CH₄) наряду с незначительными концентрациями более тяжелых углеводородов, таких как этан и пропан. В нормальных условиях окружающей среды природный газ является газом, но его можно сжижать при охлаждении до -162 °C. В жидком виде удельный объем значительно уменьшается, что позволяет использовать разумные габариты резервуаров для хранения по сравнению с энергосодержанием.

История применения газа в качестве судового топлива началась достаточно давно. Ещё в 1930-х годах СССР массово использовало газовое топливо на речных буксирах, так, к 1 января 1941 года, 469 речных судов было оборудовано газогенераторными установками для газификации твёрдых топлив МСВ-84 [2, 3, 4].

Начиная с 1980-х, во многих странах реализовывались проекты по применению природного газа на морских и речных судах с использованием компримированного природного газа (КПГ). Одним из первых судов на КПГ является грузовое судно Accoladelle дедеветом 8140 т (Австралия, 1982 г.).

Уже в 85 и 88 годах приступили к работе паромы Klatawa и Kulleet (Ванкувер, Канада). КПГ хранился в 50 стальных баллонах с объёмом 14.7 м³ под давлением в 250 атм. В качестве источника газа для этих паромов являлась городская распределительная сеть, газ из которой, компримировался посредством применения трёхступенчатого компрессора.

Морские операторы все чаще обращаются к сжиженному природному газу (СПГ) в качестве топлива для своих судов. По мере роста цен на морское топливо и регламентов международных норм на выбросы, в то время, как СПГ даёт владельцам судов возможность использовать чистое и экономичное топливо для удовлетворения их новых экологических и эксплуатационных требований. Основным регулирующим фактором, приводящим к насаждению СПГ в морском секторе, является ужесточение требований Международной морской организации (ИМО) и наложение зон контроля за выбросами (ЕСА), которые часто являются прибрежными районами, где морские суда должны снизить выбросы [5].

Так, для Северной Америки, начиная с 1 августа 2012 года, любое судно, входящее в 200 мильную зону от побережья должно сократить выбросы двуокиси серы до уровня, эквивалентного использованию двигательного топлива, содержащего не более 0,5% серы [6, 7].

Суда, работающие на СПГ, эксплуатируются в Европе с 2001 года. Первыми судами были паромы и оффшорные обслуживающие суда в северной Европе в относительно ограниченном географическом районе, самым же первым судном, работающим на СПГ и не относящимся к газовозам, является паром Glutra (Норвегия, 2000 г.) [8,9].

Важным катализатором развития СПГ судов в Европе является Балтийский и Северный морской район (ЕСА), в котором установлены строгие ограничения на выбросы серы и твердых частиц для международных перевозок, аналогичные Северо-Американскому морскому району (ЕСА) [7].

Владельцы и операторы европейских судов используют СПГ в различных секторах. Норвежское грузовое судно Nøydal, оснащенное двигателями Rolls-Royce Bergen, стало первым морским судном (не танкер) использующим СПГ в качестве единственного топлива для двигателей [10]. Нефтегазовая промышленность использует суда на КПГ, особенно для морских и платформных судов. На конец 2013 года норвежский Bukser & Berging принял поставку первого в мире специализированного буксира на СПГ – Borgø, который будет работать для норвежской Statoil [12]. Финский паром, Viking Grace, использует СПГ, когда проходит между Турку и Стокгольмом. На 20 марта 2013 года Shell Shipping & Maritime запустила в Нидерландах первую в мире баржу, работающую исключительно на СПГ. Танк-баржа на СПГ, Greenstream, используется для доставки нефтепродуктов клиентам по внутренним водным путям Европы, а именно Рейну и его притокам в Нидерландах, Бельгии, Германии и Швейцарии [7].

Компания Wärtsilä на протяжении длительного времени разрабатывала концепции судов, работающих на СПГ, с целью удовлетворения потребностей владельцев и операторов в использовании судов с меньшим воздействием на окружающую среду. Предлагаемые концепции применимы или даже необходимы в портах, находящихся в непосредственной близости от плотно населенных районов. Буксиры, работающие на СПГ, являются логическим шагом развития для терминалов СПГ с свободно доступным топливом, а также в тех местах, где того требуют экологические нормы выбросов.

Высокая активность Wärtsilä на рынке танкеров СПГ и судов снабжения обуславливает развитие понимания движения судна на сжиженном природном газе,

которое не имеет себе равных, и ставит компанию в лучшем положении, чтобы быть на передовой среди СПГ топливных приложений для всех соответствующих судов.

Разработка двигателя, работающего на СПГ, для буксиров, ставит новые задачи, как в области расположения установки на судне, так и в области устройства двигателя. В настоящее время эксплуатационные характеристики буксиров в отношении изменений требований к нагрузке являются наиболее значимой, но достижимой задачей для двигателей на СПГ. Терминальные и портовые буксиры следует описывать как суда с двумя ролями: в большинстве случаев они работают с известным профилем нагрузки и расписанием, но также иногда они вызываются для аварийной буксировки, пожаротушения или других действий более продолжительной или непредсказуемой длительности. Компактные общие устройства в сочетании с требуемым объемом резервуара для сжиженного природного газа приводят к концепции, которая наиболее эффективно использует СПГ, экологически чистое, дешевоетопливо для обычных задач, сохраняя при этом способность работать на топливе с более высокой плотностью энергии, таким как МДТ, для аварийных операций продолжительной длительности. Двойная топливная способность - лучший ответ на поставленные задачи для судна. Количество операций на терминалах возрастает, отчего требуются буксиры с большей тяговой способностью. В настоящее время используются буксиры, способные нести 100-тонную тяговую нагрузку при операциях на терминалах СПГ.

В 2008 году, на конференции ITS, Wärtsilä представила концепцию гибридного буксира на СПГ для удовлетворения спроса на более экологически безопасные операции буксировки. Концепция представляет собой терминальный буксир, но тот же принцип механизма может быть адаптирован к различным типам буксиров. Буксир оснащен новыми машинами на базе электроприводных двигателей с гибридной силовой установкой, состоящей из батарей и двухтопливных двигателей, работающих, в основном, на СПГ.

В последние годы Wärtsilä уже представила множество новых концепций машин для различных типов судов, использующих СПГ в качестве основного топлива. Знания и опыт, полученные из этих концепций, были использованы при разработке буксира на СПГ.

Первоначальная концепция была представлена для работы на СПГ терминале. Выбор СПГ в таком случае является жизнеспособным из-за открытого доступа к топливу.

На конец 2013 года норвежский Bukser&Berging принял поставку первого в мире специализированного буксира на СПГ –Borgøy, который будет работать для норвежской Statoil [11].

Морские буксиры Borgøy и Bogn спроектированы норвежским предприятием BuksérogBerging AS и построены турецкими судостроителями верфи Sanmar. Они официально стали первыми в мире буксирами с газовой силовой установкой. Каждое из буксирных судов имеет два газовых двигателя компании Rolls-RoyceBergen общей мощностью 4600 л.с. при 1000 об/мин. Моторы напрямую связаны с винто-рулевыми Z-образными колонками Rolls-Royce, установленные в корме. Для дополнительного маневрирования буксиры оснащены носовым подруливающим устройством Schottel.

В 2018 году MitsuiO.S.K. Линии (MOL) подписали соглашение о строительстве буксирного судна работающего на СПГ с верфью Канагава. Это первый в Японии СПГ буксир с топливным баком для сжиженного природного газа, установленным на открытой палубе на корме судна. Корабль будет размещен в бухте Осака в апреле 2019 года [12]. Топливо для сжиженного природного газа будет поставляться компанией OsakaGas с использованием системы грузовых кораблей.

На основе статистических данных валового производства СПГ за последние восемь лет, приведённых в итогах конференции «Транспортировка и хранение сжиженных газов 2018», прошедшей в Москве, были построены шесть прогнозных моделей: прогнозная модель в виде линейной функции, степенной, логарифмической, экспоненциальной, гиперболической первого и второго типа. Вычислив их

коэффициенты детерминации, было установлено, что прогноз следует строить на основе степенной функции:

$$\hat{y}_t = 10,11225 \cdot t^{0,50715}$$

Прогнозный объем валового производства СПГ в 2019 году составит не менее 11,4 млн. т.

Таким образом, на данный момент существует не так много реализаций буксиров, работающих на СПГ, и эта технология претерпевает бурное развитие в связи с дальнейшей разработкой гибридных моделей буксиров совместно с использованием СПГ в качестве основного топлива.

1. Dunstan N., Levander O. LNG-Fuelled Tug Concept. ITS 2008. Suntec Convention Centre, Singapore. Day 2, Paper № 6.
2. Газификация твёрдых топлив [Электронный ресурс] // lesopromyshlennik: [сайт]. URL: <http://www.lesopromyshlennik.ru/bioenergia/Gaz1011.html>
3. Костылев И. И., Коняев Д. В. Бункеровка как фактор сдерживания применения газового топлива на судах // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2016. №5 (39).
4. Пронин Е. Н. Использование сжиженного природного газа на водном транспорте / СПб., 2016. — 48 с.
5. Sulphur oxides (SOx) – Regulation 14. [Электронный ресурс] // International Maritime Organization.: [сайт]. URL: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-\(SOx\)—Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Sulphur-oxides-(SOx)—Regulation-14.aspx)
6. Designation of North American Emission Control Area to Reduce Emissions from Ships [Электронный ресурс] // U.S. Environmental Protection Agency: [сайт]. URL: <http://www.epa.gov/otaq/regs/nonroad/marine/ci/420f10015.pdf>
7. Gladstein, Neandross and associates. LNG Opportunities for Marine and Rail in the Great Lakes, Gulf of Mexico, and Inland Waterways. October 2014.
8. Безюков О.К., Жуков В.А., Ященко О.И. Газомоторное топливо на водном транспорте. // ВЕСТНИК ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА МОРСКОГО И РЕЧНОГО ФЛОТА ИМ. АДМИРАЛА С.О. МАКАРОВА, No. 6 (28), 2014. pp. 31-39.
9. Безюков О.К., Жуков В.А., Ященко О. И. Анализ перспективности газопоршневых ДВС. // ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ. 2014. No. 2. pp. 45-51.
10. MS Høydal – World’s First LNG Powered Ship [Электронный ресурс] // Marine Insight: [сайт]. [November 29 2012]. URL: <http://www.marineinsight.com/marine/marine-news/headline/ms-hoydal-worlds-first-lng-powered-ship/>
11. Piellish, R. “LNGEurope Bunkers the Bokn in Rome.” [Электронный ресурс] // HHPInsight: [сайт]. [May 21, 2014]. URL: <http://hhpinsight.com/marine/2014/05/lng-europe-bunkers-the-bokn-in-rome/>
12. MOL orders LNG-fueled tugboat [Электронный ресурс] // lngworldnews: [сайт]. [2018]. URL: <https://www.lngworldnews.com/mol-orders-lng-fueled-tugboat/>

Башкатов А.М., Котиц Д.А., Юрочкина Т.М.

Реализации междисциплинарных связей при изучении технических дисциплин на основе САПР

*Приднестровский Государственный Университет им. Т.Г. Шевченко
(Молдова, Тирасполь)*

doi: 10.18411/sr-10-12-2018-05

idsp: sciencerussia-10-12-2018-05

Аннотация

В данной статье рассматривается использование пакета компьютерных программ в рамках их непрерывного применения для создания модели устройства в учебном процессе с учетом проблем региональной тематики.

Ключевые слова: компьютерные технологии, междисциплинарные связи, капельная схема полива, капельница, пресс-форма, автоматизация процесса.