



УПРАВЛЕНИЕ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

УДК 629.5
EDN RFTCQL

ОБЗОР НОВЫХ ТРЕБОВАНИЙ К КОМПЕТЕНЦИЯМ МОРЯКОВ КАК СЛЕДСТВИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Д.С. Ватолин, канд. техн. наук, Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 198035 Россия, Санкт-Петербург, Двинская ул., 5/7, e-mail: vatolinds@gumrf.ru

А.А. Буцанец, канд. техн. наук, Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, 198035 Россия, Санкт-Петербург, Двинская ул., 5/7, e-mail: butsanetsaa@gumrf.ru; Российский морской регистр судоходства, 191186 Россия, Санкт-Петербург, Миллионная ул., 7А, e-mail: butsanets.aa@rs-class.org

Последние нормативные ограничения в области снижения объема выбросов парниковых газов от морского судоходства, принятые Международной морской организацией, ставят серьезные задачи как для разработчиков судовых энергетических установок и судовладельцев, которым совместно придется искать способы перехода на альтернативные виды топлива, так и перед морскими образовательными учреждениями, готовящими специалистов для отрасли, внутри которой стремительно происходят большие изменения. В данной статье рассмотрены последние постановления ИМО по долгосрочной стратегии снижения выбросов углекислоты и других парниковых газов, принятые на сессиях Комитета по защите морской среды. Выполнен краткий анализ изменений в области судоходства, вызванных принятием данной стратегии. Также были рассмотрены базовые требования к учебным программам для сертификации моряков, которым предстоит работать на судах, использующих альтернативные виды топлива.

Ключевые слова: альтернативные виды топлива, аммиак, сжиженный водород, метанол, декарбонизация, парниковые газы.

Для цитирования: Ватолин Д.С. Обзор новых требований к компетенциям моряков как следствия повышения экологических требований / Д.С. Ватолин, А.А. Буцанец // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 81. — С. 38 — 46. — EDN RFTCQL.

AN OVERVIEW OF NEW REQUIREMENTS FOR SEAFARERS' COMPETENCIES RESULTING FROM INCREASED ENVIRONMENTAL REGULATIONS

D.S. Vatolin, PhD, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035 Russia, St. Petersburg, Dvinskaya ul. 5/7, e-mail: vatolinds@gumrf.ru

A.A. Butsanets, PhD, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 198035 Russia, St. Petersburg, Dvinskaya ul. 5/7, e-mail: butsanetsaa@gumrf.ru; Russian Maritime Register of Shipping, 191186 Russia, St. Petersburg, Millionnaya ul., 7A, e-mail: butsanets.aa@rs-class.org

Recent decisions by the International Maritime Organization to reduce greenhouse gas emissions from international shipping pose significant challenges for both ship propulsion system developers and shipowners, who will jointly seek ways to transition to alternative fuels, and for maritime educational institutions, which must train specialists for this rapidly changing industry. This article examines the latest IMO decisions on a long-term strategy for reducing carbon dioxide and other greenhouse gas emissions, adopted by the Marine Environment Protection Committee. A brief analysis of the changes in shipping caused by the adoption of this strategy is provided. Basic requirements for training programs to be developed for the appropriate certification of seafarers expected to serve on ships using alternative fuels are also discussed.

Keywords: *alternative fuels, ammonia, liquefied hydrogen, methanol, decarbonization, greenhouse gases.*

For citation: Vatolin D.S., Butsanets A.A. An overview of new requirements for seafarers' competencies resulting from increased environmental regulations. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 81. P. 38 — 46. EDN RFTCQL. (In Russ.)

ВВЕДЕНИЕ

Последние требования в области экологичности всемирного судоходства уже внесли серьезные изменения в сложившиеся рынки поставок топлива и производства энергетических установок. Вступление в силу последних требований по ограничению выбросов оксидов азота IMO Tier III в 2016 г., уменьшение допустимого содержания серы в судовом топливе до 0,5 % в соответствии с IMO Sulphur Cap 2020, а так же вступление в силу Международного кодекса по безопасности для судов, использующих газы или иные виды топлива с низкой температурой вспышки, в 2017 г. привели к значительному сокращению потребления мазута класса HFO, увеличению потребления низкосернистого мазута класса VLSFO, а так же форсировали активное начало перехода на альтернативные виды топлива [1]. В первую очередь речь идет о сжиженном природном газе, который пока что является единственным топливом с низкой температурой вспышки, полноценно включенным в кодекс МГТ. Также начали активно применяться такие виды топлива, как метанол, аммиак и водород.

Целью данной статьи является систематизация новых требований ИМО в области декарбонизации судоходной отрасли и определение новых направлений подготовки моряков, связанных с применением альтернативных видов топлива.

1. ДОЛГОСРОЧНАЯ СТРАТЕГИЯ ИМО ПО ОГРАНИЧЕНИЮ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ

Международная морская организация (International Maritime Organization — IMO) активно занимается разработкой долгосрочной стратегии по декарбонизации судоходной отрасли (для справки: на сегодняшний день международное судоходство дает до 3 % мировых выбросов CO₂ [2]). В 2023 г. на 80-й сессии Комитета ИМО по защите морской среды (КЗМС) [3] был принят план, целью которого является достижение нулевого уровня выбросов парниковых газов к 2050 г. [4] (рис. 1). Промежуточными этапами данного плана являются:

1) сокращение выбросов CO₂ во время транспортировки груза в среднем по международным перевозкам не менее чем на 40 % к 2030 г. по сравнению с 2008 г., а также внедрение технологий, альтернативных видов топлива и/или источников энергии с нулевым или близким к нулю уровнем выбросов парниковых газов, с долей не менее 5 % и стремлением к 10 % от общего объема энергии, потребляемой международным судоходством, к 2030 г.;

2) сокращение общего годового объема выбросов парниковых газов от международного судоходства не менее чем на 70 %, цель к 2040 г. — достичь 80 % по сравнению с 2008 г.

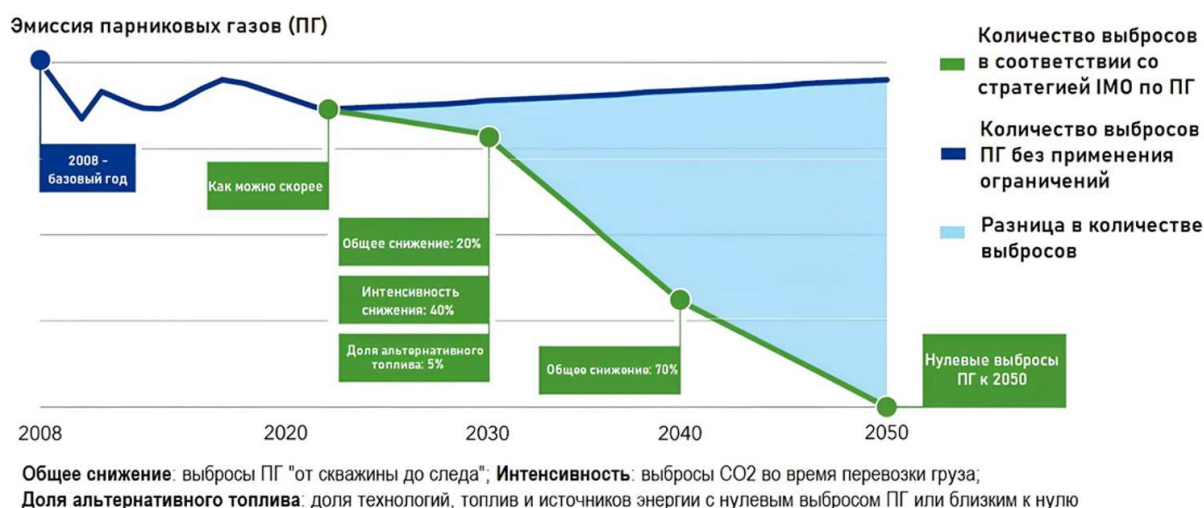


Рис. 1. План ИМО по достижению нулевого уровня выбросов парниковых газов к 2050 г.¹

Следующим шагом ИМО в направлении декарбонизации международного судоходства будет введение финансового стимулирования судовладельцев для перехода на альтернативные виды топлива. Предложение о введении глобального налога (рис. 2) получило поддержку у большинства стран-участниц ИМО, в первую очередь у африканских участников, малых островных развивающихся государств и наименее развитых стран. Эта поддержка во многом основана на «справедливом и равноправном» планировании налога, согласно которому финансовая поддержка будет направлена на поддержку усилий по декарбонизации в малых и наименее развитых морских государствах.

Глобальный сбор налога за тонну выбросов парниковых газов в централизованный фонд еще в процессе согласования и дискуссии о распределении доходов остаются открытыми. Вопросы о том, каким образом именно эти фонды будут вознаграждать производство и потребление топлива с нулевым и почти нулевым уровнем выбросов парниковых газов, а также о том, как будут ежегодно выделяться миллиарды долларов США на поддержку усилий развивающихся стран по сокращению выбросов парниковых газов в морском секторе, все еще обсуждаются.

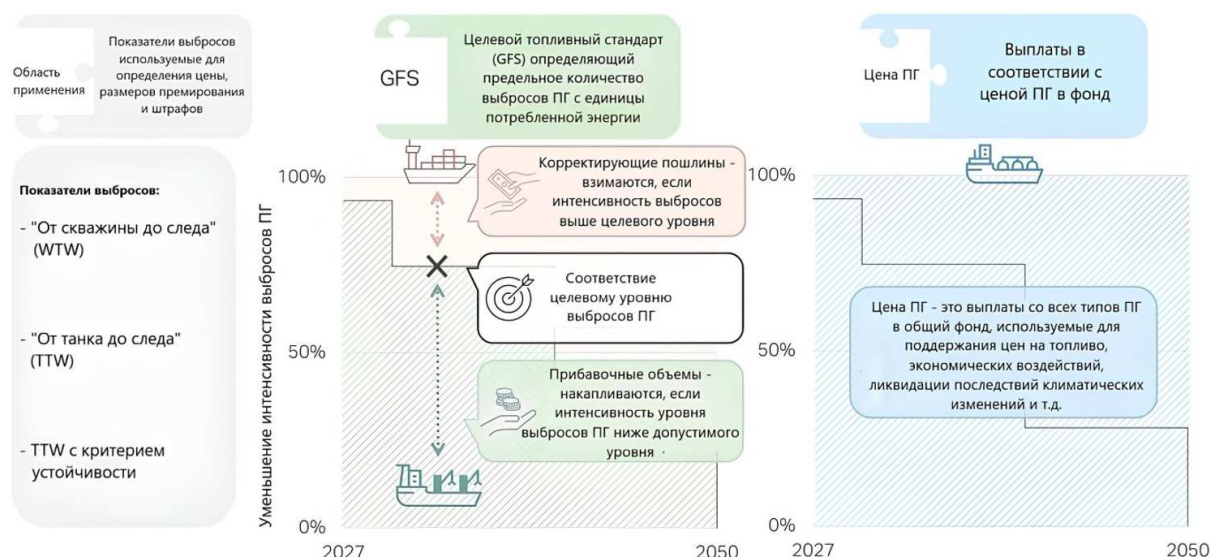


Рис. 2. План применения налога на выбросы парниковых газов

¹ Изображения на рис. 1 — 4 из открытого источника сети интернет: <https://ammoniaenergy.org/articles/setting-the-scene-for-ammonia-maritime-fuel-regulatory-needs-and-timelines-to-decarbonize-shipping/>

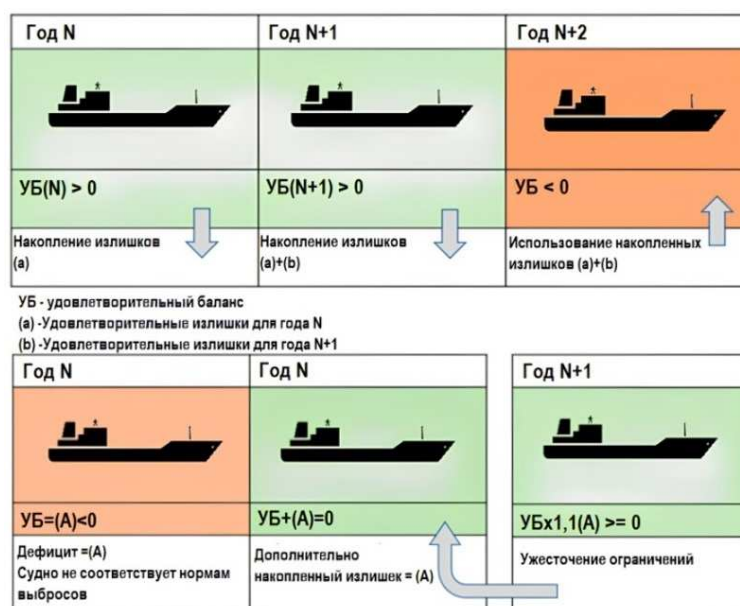


Рис. 3. План FuelEU Maritime

Хотя многие развитые экономики одобряют введение налога на выбросы, большинство европейских стран поддерживают принятие на международном уровне схемы раздачи квот на выбросы, аналогичной системе FuelEU Maritime (рис. 3), которая охватывает все суда валовой вместимостью 5000 т и более, заходящие в европейские порты, и обязывает сокращать выбросы парниковых газов. Начиная с 2%-ного снижения в этом году, к 2050 г. все такие суда должны будут достичь 80%-ного снижения выбросов парниковых газов. Ключевые механизмы регулирования, используемые в FuelEU Maritime, позволяют судовладельцам претендовать на экономию «неизрасходованных квот на выбросы» с одного судна в группе судов или на то, чтобы одно судно компенсировало невыполнение своих целей за счет перевыполнения показателей в следующем отчетном периоде. Таким образом, несколько судов, работающих на альтернативном топливе, смогут достичь целей FuelEU Maritime для всего флота компании, что побудит судовладельцев внедрить эти новые технологии, обеспечить сертифицированные поставки бункерного топлива и работать — пусть даже поначалу в ограниченном объеме.

Хотя схема типа FuelEU Maritime и пользуется поддержкой большинства европейских стран и некоторых других развитых экономик в ИМО, в этом предложении недостаточно «справедливого и равноправного» подхода. Вместо этого, оно ориентировано на строгое соблюдение требований судовладельцами, предусматривая высокие штрафы за несоблюдение требований и не предлагая никакой дополнительной поддержки для более широкой декарбонизации. По этой последней причине небольшие и наименее развитые морские государства, с большей вероятностью поддержат предложение о глобальных сборах и выплатах.

Здесь также возникает вопрос о границах жизненного цикла топлива: если топливо необходимо декарбонизировать, как мы можем гарантировать, что выбросы за весь срок его службы будут достаточно низкими, чтобы оказать достаточное влияние на проблему сохранения климата?

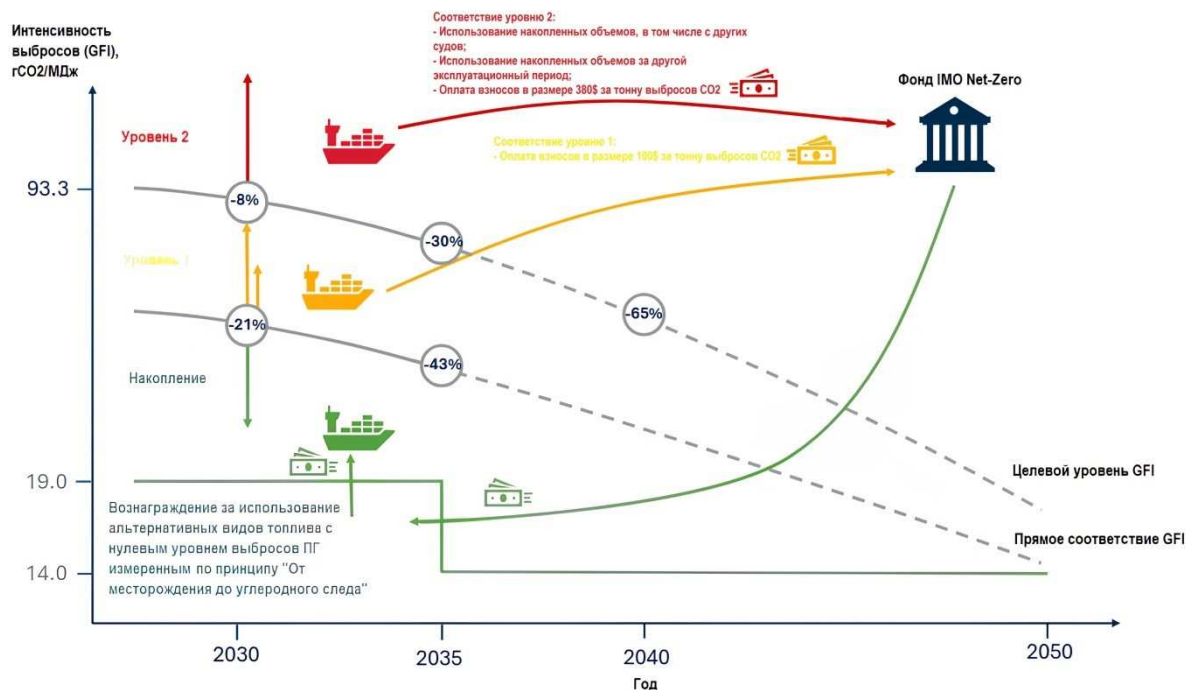
Вопрос о границах выбросов за весь срок службы топлива, который обсуждался на 83-й сессии КЗМС в апреле 2025 г., является критически важным для ИМО. В настоящее время в судоходстве используется методология «от топливного танка до кильватерного следа», или «tank-to-wake», что означает полное игнорирование выбросов при производстве топлива. Этот подход не учитывает потенциальное сокращение выбросов, которого можно достигнуть при применении электрических источников энергии, таких как аккумуляторные батареи, и не учитывает выбросы, присущие, например, производству СПГ, такие как утечки метана при добыче. По этой причине многие участники ИМО выступили за принятие методологии «от месторождения до кильватерного следа», или «well-to-wake», для жизненного цикла топлива (рис. 4).



Рис. 4. Жизненный цикл топлива

Предполагается принять соответствующие поправки к Приложению VI Конвенции МАРПОЛ, которые будут юридически обязывающей структурой по сокращению выбросов парниковых газов. На текущий момент финальный проект ИМО предусматривает комбинирование механизмов из систем по осуществлению сборов за выбросы и FuelEU Maritime, а также создание фонда IMO Net-Zero, который будет отвечать за сбор и распределение средств. Утверждение подробных руководящих принципов реализации нулевого выброса на 84-м заседании КЗМС [5] не состоялось, и их принятие как минимум отложено.

Тем не менее в соответствии с предварительным планом суда, подпадающие под действие правил, должны будут со временем снижать «годовую интенсивность выбросов парниковых газов (или GFI)» [6], или количество парниковых газов, выбрасываемых на единицу использованной энергии, рассчитанное с использованием подхода «от месторождения до кильватерного следа». Суда, выбросы которых превышают пороговые значения GFI, должны будут приобрести компенсирующие единицы для покрытия дефицита в рамках двухуровневой системы, в то время как суда, использующие технологии нулевого выброса (или так называемые Zero or Net-Zero технологии), также будут получать финансовое вознаграждение (рис. 5).

Рис. 5. Принципы работы фонда IMO Net-Zero²

² Изображение из открытого источника сети интернет: <https://ammoniaenergy.org/articles/mepc-83-global-shipping-gets-its-first-ever-emissions-pricing-mechanism/>

Также данные фундаментальные решения ИМО уже привели к внесению изменений в основные руководящие документы. На прошедшей в июне 2025 г. 109-й сессии Комитета по безопасности на море (КБМ) [7] были приняты поправки к конвенции СОЛАС, которые уточняют правила применения Международного кодекса постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом, (известного как IGC Code) к использованию газового топлива. В сам же IGC Code внесены поправки к главе 16 («Использование груза в качестве топлива»), позволяющие использовать перевозимые виды груза (помимо уже имплементированного природного газа) в качестве топлива, при условии обеспечения того же уровня безопасности, что и для СПГ. Данные изменения должны вступить в силу 1 июля 2028 г.

Также на этой сессии был подготовлен проект поправок к Конвенции СОЛАС, определяющий, что Международный кодекс безопасности для судов, использующих газы или другие виды топлива с низкой температурой вспышки, (известный как IGF Code) должен распространяться не только на виды топлива с низкой температурой вспышки, но и на газообразные виды топлива, такие как аммиак. Данные поправки должны быть утверждены на 110-й сессии КБМ [8] и вступят в силу 1 января 2028 г.

2. ИЗМЕНЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММАХ МОРСКИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Суда, использующие такие альтернативные виды топлива, как метанол, аммиак и водород, уже некоторое время строятся и вводятся в эксплуатацию по временным резолюциям ИМО, и их количество только растет. По данным платформы DNV Alternative Fuels Insight, на сегодняшний день менее 1 % судов использует альтернативные виды топлива, но из тех судов, что находятся на этапе постройки, для работы на альтернативном топливе предназначены около 16 %, а из тех корпусов, что законтрактованы за последние 12 месяцев, — 13 %.

Столь стремительное увеличение численности подобных судов делает острым вопрос подготовки моряков к работе с довольно опасными видами топлива. В феврале 2025 г. на 11-й сессии Подкомитета ИМО по человеческому фактору [9], подготовке и несению вахты был согласован проект общего временного руководства по подготовке моряков на судах, использующих альтернативные виды топлива и новые технологии, который был представлен на 110-й сессии КБМ и одобрен в качестве циркуляра STCW.7. КБМ утвердил общие временные руководящие принципы, которые включают следующее:

- требования к ознакомлению моряков с работой на борту судов, использующих альтернативные виды топлива и новые технологии;
- требования к базовой подготовке моряков, выполняющих обязанности по обеспечению безопасности, связанные с хранением, использованием или реагированием на чрезвычайные ситуации с топливом и/или системами на судах, использующих альтернативные виды топлива и новые технологии;
- требования к повышению квалификации капитанов, механиков и всего персонала, непосредственно отвечающего за хранение и использование топлива и/или систем на судах, использующих альтернативные виды топлива и новые технологии;
- стандарты компетентности, как для базового уровня, так и для повышения квалификации;
- необходимость проведения регулярных учений по действиям в чрезвычайных ситуациях на судах, использующих альтернативные виды топлива и новые технологии.

Эти временные руководящие принципы служат базовым материалом для разработки и утверждения программ подготовки моряков на судах, использующих альтернативные виды топлива и новые технологии, в целях сокращения выбросов парниковых газов в международном судоходстве. В перспективе данные руководства должны быть доработаны и имплементированы в Конвенцию ПДНВ.

Что это значит для тренажерных центров подготовки моряков? Во-первых, ввиду появления вышеуказанных требований, вероятно, потребуются разработка новых учебных программ, связанных с бункеровкой, хранением и использованием альтернативных видов топлива. Скорее всего, данные программы подготовки придется разделить на подгруппы, так как различные виды топлива обладают разными свойствами и несут с собой различные опасности. Сжиженный водород является криогенной (температура сжижения — 253 °C при атмосферном давлении [10]) крайне взрывоопасной субстанцией и по типу опасности близко коррелирует с СПГ (температура сжижения — 162 °C при атмосферном давлении [10]), метанол — это одноатомный спирт, при нормальных условиях находящийся в жидком агрегатном состоянии, токсичный для человека, а аммиак хоть и транспортируется в жидком состоянии, но его температура сжижения относительно высока (— 33 °C при атмосферном давлении [10]), и в случае протечки он быстро переходит в газообразную

фазу, представляя высокую опасность для судового персонала в силу крайне высокой токсичности. Поскольку различные виды альтернативного топлива несут в себе различные угрозы, от моряков, задействованных в работе с ним, потребуется знание различных процедур, умение использовать разные типы средств индивидуальной защиты и навык оценки новых рисков.

Во-вторых, для выработки этих качеств тренажерным центрам с высокой долей вероятности придется произвести дооснащение своей учебно-технической базы новыми типами тренажеров бункеровки и симуляторов машинного отделения с соответствующей энергетической установкой. Например, компания Anglo-Eastern уже открыла в Мумбаи новый учебный центр по бункеровке СПГ и аммиаком [11], а ИМО всерьез рассматривает возможность введения обязательного курса по бункеровке в береговом тренажерном центре с использованием СПГ или схожей криогенной жидкости (например, сжиженного азота).

В-третьих, от тренажерных центров может потребоваться определенная доля технического визионерства при составлении программ по подготовке специалистов для судов, работающих на альтернативных видах топлива. За основу для программ по бункеровке судов сжиженным водородом можно взять, например, руководства, составленные администрациями портов Антверпен и Амстердам, так как они уже имеют реальный опыт проведения данных операций. В Антверпене с 2022 г. эксплуатируется буксир на водородном топливе Hydrotug 1 [12], а в порту Амстердама осуществлялась бункеровка 119-метровой яхты Breakthrough [13]. В обоих случаях бункеровочные операции были произведены с автотрака, поскольку на сегодняшний день существуют только проекты судов-бункеровщиков для сжиженного водорода.

Аналогичный подход для разработки учебных программ, основанный на анализе уже существующего опыта, предпочтителен и для остальных видов топлива.

Еще один важный момент, на который тренажерным центрам стоит обратить внимание, — это возрождение интереса судовладельцев к газотурбинным двигателям. Южнокорейская компания Hanwha Power Systems и американская компания Baker Hughes разрабатывают малогабаритные газотурбинные двигатели с гибким выбором топлива [14]. Hanwha Power Systems и Hanwha Ocean уже получили разрешение American Bureau of Shipping (ABS) на использование аммиачных газотурбинных двигателей для СПГ-танкеров, находящихся в стадии проектирования. Помимо этого, Hanwha и судоходная компания GasLog изучают возможность модернизации существующих газозовов судовладельца [15]. Для справки, в настоящее время GasLog владеет и управляет флотом из 24 СПГ-танкеров грузоместимостью от 145 000 до 180 000 м³, а еще 14 газозовами управляют партнерские организации.

Кроме того, General Electric и китайская судостроительная верфь Hudong-Zhonghua получили одобрение ABS на применение газо-паротурбинной установки COGES для проекта газозова грузоместимостью 178 000 м³ [16].

Несмотря на более низкий КПД, чем у дизельных двигателей, газовые турбины, работающие на аммиаке, обладают перед ними преимуществом по экологичности, так как им не требуется дизельное топливо для воспламенения газа и, следовательно, от них нет выбросов CO₂. Кроме того, газотурбинные двигатели обеспечивают более полное сгорание топлива [17] и при работе на природном газе оставляют минимальный «метановый след».

Как пример важности данного показателя наилучшим образом подходит ситуация с двухтопливными двигателями фирмы MAN серии ME-GA. Данная линейка двигателей разрабатывалась специально для соответствия требованиям IMO Tier III и была выведена на рынок в 2023 г., но уже в 2024 г. была признана бесперспективной и выведена из продажи по причине больших значений «метанового следа», что завышает значение GFI (и, как следствие, уровень налогов) для судна. Доработка двигателя до необходимого уровня экологичности признана разработчиками нерентабельной. Официальные цифры компания MAN не называет, но, предположительно, разработка этого типа двигателей обошлась ей приблизительно в 100 миллионов долларов США.

Поэтому Hanwha Power Systems, как заявляют в самой компании, привлекает большое внимание судовладельцев, которые в настоящее время не имеют подходящих альтернатив для снижения выбросов углерода, и уже ведет переговоры с некоторыми крупными судовладельцами.

Сказанное выше подтверждает, что в ближайшее время может появиться значительное количество моряков, которые придут в тренажерные центры, чтобы снять ограничение с рабочего диплома для работы на судах с газотурбинными двигателями. Как следствие, существующие программы по снятию ограничения потребуется адаптировать к новой реальности.

С началом реализации программы по декарбонизации мировой судоходной отрасли за рубежом вновь стали проявлять интерес к атомной энергетике. В прошлом году ABS совместно с разработчиками малых модульных реакторов начали прорабатывать нормативную базу для реализации судов [18, 19] и плавучих атомных электростанций [20, 21]. На конференции МАГАТЭ по малым модульным реакторам, проходившей в этом году, южнокорейские разработчики из компании Korea Electric Power Corporation представили судовой

водо-водяной реактор под давлением Bandi [22], а на международном форуме Gastech 2025 южнокорейский Исследовательский институт атомной энергетики (Korea Atomic Energy Research Institute) совместно с верфью Samsung Heavy Industries заявили, что получили принципиальное одобрение ABS на проект газовоза с ядерной энергетической установкой [23]. Также Samsung Heavy Industries совместно с Korean Hydro and Nuclear Power и датской компанией Saldfoss занимаются разработкой плавучей атомной электростанции с компактным реактором, работающим на расплавах солей (Compact Molten Salt Reactor) [24]. Реакторы были презентованы как экологически чистая альтернатива существующим судовым энергетическим установкам.

В июне этого года на 110-й сессии КБМ представители США инициировали начало пересмотра Кодекса безопасности атомных торговых судов [25]. Ключевым моментом обновления Кодекса безопасности атомных торговых судов является обеспечение того, чтобы документ не ограничивался конструкциями водо-водяных реакторов под давлением (ВВРД) с паровым циклом (являющихся основным типом судовых реакторов на сегодняшний день), а учитывал последние достижения в области новых ядерных технологий и концепцию полностью электрических судов. Данная инициатива проводится при содействии МАГАТЭ. Помимо этого, в 2025 г. МАГАТЭ официально запустит проект «Лицензирование атомных технологий для применения в море» [26], цель которого — облегчить разработку нормативно-правовой базы, необходимой для развертывания ядерных энергетических установок и плавучих атомных электростанций.

На сегодняшний день в Российской Федерации функционирует устоявшаяся система подготовки кадров для судов с ядерной энергетической установкой. Однако стоит отметить, что все эти суда являются атомными ледоколами, не предназначенными перевозить какой-либо груз (за исключением контейнеровоза/лихтеровоза «Севморпуть»), а реакторы на них исключительно типа ВВРД. Ввиду этих двух фактов, одна из задач морских учебных заведений состоит в том, чтобы в среднесрочной перспективе разработать более строгие правила получения и подтверждения компетенций членов экипажей морских судов, которым возможно придется работать с новыми для них типами реакторов, на судах, которые опять-таки могут перевозить опасные виды грузов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Стремление ИМО свести к минимуму выбросы парниковых газов вносит крайне серьезные изменения в судоходную отрасль [10, 17]. Необходимый для декарбонизации выбросов переход на альтернативные виды топлива уже привел к тому, что подверглись пересмотру основополагающие морские конвенции, такие как МАРПОЛ, СОЛАС и ПДНВ. Также начался пересмотр Кодекса безопасности атомных торговых судов. Данные события говорят о том, что к уровню личных компетенций моряков будут предъявляться все более высокие требования, и морские образовательные учреждения должны обеспечить соответствие им. В ближайшей перспективе может сложиться ситуация, когда моряки будут заниматься транспортировкой опасного груза одновременно с использованием опасного топлива, при этом груз и топливо будут иметь разную специфику опасности. Появится необходимость в более развернутой системе анализа рисков как для повседневной работы, так и для специфичной — например, одновременные операции (Simultaneous operations — SimOps) по погрузке судна и бункеровке и т.п. От морских образовательных учреждений потребуются разработка новых учебных программ, способных обеспечить необходимый уровень знаний и навыков для моряков, которым предстоит работать на подобных судах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ REFERENCES

1. Савинова А.А. Развитие рынка альтернативных видов судовых топлив в Сингапуре: судового СПГ-топлива и метанола / А.А. Савинова // Экономические науки. — 2025 — № 1 (242) — С. 507 — 513. = Savinova A.A. Razvitie rynka al'ternativnykh vidov sudovykh topliv v Singapore: sudovogo SPG-topлива i metanola [Development of the alternative marine fuels market in Singapore: LNG and methanol]. *Ekonomicheskie nauki* [Economic Studies]. 2025. No. 1 (242). P. 507 — 513.
2. Магаровский В.В. Новое в международной политике снижения эмиссии парниковых газов судами и необходимые мероприятия в морском секторе. Ч. 1. Анализ руководящих документов, определяющих новую политику снижения эмиссии парниковых газов / В.В. Магаровский, В.Н. Половинкин, А.В. Пустошный, О.В. Савченко // Труды Крыловского государственного научного центра. — 2022. — Т. 4, № 402. — С. 141 — 156. = Magarovskiy V.V., Polovinkin V.N., Pustoshny A.V., Savchenko O.V. Novelties in the international policy towards mitigation of greenhouse gas emissions from ships and necessary measures in marine industry. Part 1. Analysis of regulatory documents governing the new policy of greenhouse gas emission mitigation. *Transactions of the Krylov State Research Centre*. 2022. Vol. 4, no. 402. P. 141 — 156. (In Russ.)

3. Marine Environment Protection Committee (MEPC 80), 3-7 July 2023. URL: <https://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/pages/mepc-80.aspx> (23.12.2025).
4. Березин А.О. Сравнительный анализ документов стратегического планирования ИМО и Российской Федерации в области сокращения выбросов парниковых газов / А.О. Березин, С.А. Толмачев, В.К. Шурпак // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 78. — С. 23 — 34. — EDN WZWOPO. = Berezin A.O., Tolmachev S.A., Shurpyak V.K. Comparative analysis of IMO and Russian Federation strategic planning documents related to greenhouse gas emissions reduction. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 78. P. 23 — 34. EDN WZWOPO. (In Russ.)
5. IMO approves net-zero regulations for global shipping. URL: <https://www.imo.org/en/mediacentre/pressbriefings/pages/imo-approves-netzero-regulations.aspx> (23.12.2025).
6. Реуцкий А.С. Анализ положений руководящих принципов ИМО по оценке интенсивности выбросов парниковых газов на протяжении жизненного цикла для всех видов судового топлива / А.С. Реуцкий, В.К. Шурпак, С.А. Толмачев // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2025. — № 79. — С. 14 — 25. — EDN FBBDJV. = Reutskii A.S., Shurpyak V.K., Tolmachev S.A. Analysis of the IMO guidelines for estimating the intensity of greenhouse gas emissions over the life cycle for all types of marine fuels. *Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*. 2025. No. 79. P. 14 — 25. EDN FBBDJV. (In Russ.)
7. Maritime Safety Committee — 109th session (MSC 109), 2-6 December 2024. URL: <https://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/pages/msc-109th-session.aspx> (23.12.2025).
8. Maritime Safety Committee — 110th session (MSC 110), 18-27 June 2025. URL: <https://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/pages/msc-110th-session.aspx> (23.12.2025).
9. Sub-Committee on Human Element, Training and Watchkeeping, 11th session (HTW 11), 10-14 February 2025. URL: <https://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/pages/htw-11th-session.aspx> (23.12.2025).
10. Нейжмак М.Р. Использование аммиака в качестве топлива для судов с целью снижения выбросов диоксида углерода в атмосферу / М.Р. Нейжмак, А.И. Епихин, М.А. Модина // Эксплуатация морского транспорта. — 2021. — № 4. — С. 131 — 138. = Neizhmak M.R., Epikhin A.I., Modina M.A. The use of ammonia as fuel for ships in order to reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere. *Ekspluatatsiya morskogo transporta [Operation of Marine Transport]*. 2021. No. 4. P. 131 — 138. (In Russ.)
11. Seafarer training for marine ammonia fuel comes into focus. URL: <https://ammoniaenergy.org/articles/seafarer-training-for-marine-ammonia-fuel-comes-into-focus/> (23.12.2025).
12. Hydrotug 1: the very first hydrogen-powered tug. URL: <https://www.portofantwerpbruges.com/en/hydrotug-1-very-first-hydrogen-powered-tug> (23.12.2025).
13. First liquid hydrogen bunkering in the port of Amsterdam. URL: <https://www.portofamsterdam.com/en/nieuws/first-liquid-hydrogen-bunkering-port-amsterdam> (23.12.2025).
14. Hanwha, Baker Hughes to develop fuel-flexible small-size turbines for maritime propulsion. URL: <https://ammoniaenergy.org/articles/hanwha-baker-hughes-to-develop-fuel-flexible-small-size-turbines-for-maritime-propulsion/> (23.12.2025).
15. Hanwha Power Systems: deploying ammonia gas turbines onboard vessels. URL: <https://ammoniaenergy.org/articles/hanwha-power-systems-deploying-ammonia-gas-turbines-onboard-vessels/> (23.12.2025).
16. GE Teams with Hudong-Zhonghua Shipbuilding on COGES LNG carrier design. URL: <https://www.geaerospace.com/sites/default/files/HZ-LNG-carrier-case-history.pdf> (23.12.2025).
17. Пащенко Д.И. Аммиак как топливо для газотурбинных установок с термохимической рекуперацией тепла отходящих газов / Д.И. Пащенко // Теплоэнергетика. — 2025. — № 1. — С. 3 — 11. = Pashchenko D.I. Ammonia as a fuel for gas-turbine units with thermochemical recuperation of exhaust gas heat. *Teploenergetika [Thermal Power Engineering]*. 2025. No. 1. P. 3 — 11.
18. Pathways to a low carbon future — LNG carrier nuclear ship concept design. URL: <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/pathways-to-low-carbon-lng-carrier.pdf> (23.12.2025).
19. Requirements for Nuclear Power Systems for Marine and Offshore Applications. URL: https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/rules-and-guides/current/special_service/346-requirements-for-nuclear-power-systems-for-marine-and-offshore-applications-2024/346-nuclear-power-systems-reqts-oct24.pdf (23.12.2025).
20. Pathways to a low carbon future — Floating nuclear power plant. URL: <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/whitepapers/pathways-to-low-carbon-fnpp.pdf> (23.12.2025).
21. Pathways to a low carbon future — Floating nuclear power data center. URL: <https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/publications/pathways-to-nuclear-data-center.pdf> (23.12.2025).
22. KEPCO E&C's SMR BANDI for marine-based applications: Current status and challenges. URL: https://nucleus.iaea.org/sites/smr/SMR_Platform_Meeting_Public_Assets/INT2023%20Workshops%202023-%20Technology%20Development%20and%20Applications%20of%20Small%20Modular%20Reactors%20for%20SMRs/Interregional%20Event%20on%20Technology%20Development%20and%20Applications%20of%20Small%20Modular%20Reactors/4_2_Bjlee_Korea.pdf (23.12.2025).
23. Korean designed nuclear-powered LNG carrier certified. URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/korean-designed-nuclear-powered-lng-carrier-certified> (23.12.2025).
24. Saltfoss [official website]. URL: <https://saltfoss.com/> (23.12.2025).
25. MSC 110th session. URL: <https://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/pages/temporary-msc-110-summary.aspx> (23.12.2025).
26. Small modular reactors for marine-based nuclear power plant: Technologies, designs and applications. URL: <https://aris.iaea.org/Publications/2023%20IAEA%20Marine%20Based%20SMR%20Booklet.pdf> (23.12.2025).