

Проведенные в лабораторных условиях экспериментальные испытания показали, что рассматриваемый индукционный плоский нагреватель имеет достаточно высокие энергетические показатели и может быть эффективно использован для нормализации температурных режимов работы элементов транспортных систем и комплексов в процессе эксплуатации.

#### Литература

1. Низкотемпературный электронагрев /Под ред. А.Д. Свенчанско. – М.: Энергия, 1978.
2. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. – М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Жуковский В. Е., Кувалдин А. Б. Индукционные установки низкотемпературного нагрева для различных технологических процессов. // Электротехника. – 1986. – № 3. – С. 16-19.
4. Индукционная установка ИИП-250/П-И1 для строительной индустрии/ П. П. Артышевский, М. И. Белугин, Н. М. Дергачева и др. //Электротехнических промышленность. Сер. Электро-термия. – 1984. – вып. 6. – С. 14-15.
5. Павлов Н. А. Инженерные тепловые расчеты

индукционных нагревателей. – М.: Энергия, 1978. –120 с.

6. Электротермическое оборудование: справочник /под ред. А. П. Альтгаузена. –М.: Энергия, 1980. –416 с.

#### References

1. Nizkotemperaturnyj elektronagrev /Pod red. A.D. Svenchansko - M.: Energiya, 1978.
2. Kuvaldin A.B. Indukcionnyj nagrev ferromagnitno jstali. - M.: Energoatomizdat, 1988.
3. Zhukovskij V. E., Kuvaldin A. B. Indukcionnye ustanovki nizkotemperaturnogo nagreva dlya razlichnyh tekhnologicheskikh processov. - Elektrotehnika, 1986, № 3, s. 16-19.
4. Indukcionnaya ustanovka ИП-250/П-И1 dlya stroitel'noj industrii/ P. P. Artyshvskij, M. I. Belugin, N. M. Dergachevai dr. – Elektrotekhnicheskikh promyshlennost'. Ser. Elektrotermiya, 1984, vyp. 6, s. 14-15.
5. Pavlov N. A. Inzhenemye teplovye raschety indukcionnyh nagrevatelej. - M.: Energiya, 1978. - 120 s.
6. Elektrotermicheskoe oborudovanie: Spravochnik/Pod red. A. P. Al'tgauzena. -M.: Energiya, 1980. -416 s.

УДК 621.431.7

DOI: 10.34046/aumsuomt101/19

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АММИАКА В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА ДЛЯ СУДОВ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРУ

*М. Р. Нейжмак, аспирант*

*А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент*

*М.А. Модина, кандидат технических наук, доцент*

В статье рассмотрено одно из перспективных решений проблемы выбросов парниковых газов с судов. Использование аммиака в качестве топлива имеет ряд преимуществ по сравнению с другими аналогами углеродно-нейтральных топлив. В статье приведены сравнения физико-химических показателей современных топлив. Представлены диаграммы выбросов на стадии производства и эксплуатации. Произведен анализ цен на аммиак вплоть до 2050 года. Рассмотрены методы получения зеленого, серого и синего аммиака в промышленных масштабах. Отдельное внимание достойно того, что технология уже начинает внедряться крупными двигателестроительными компаниями такие как MAN и Wartsila. К 2024 -2025 году должны появиться первые суда, имеющие на своем борту энергетическую установку, работающую на аммиаке. В статье описаны основные принципы работы такой машины и продемонстрированы отличия от традиционных двигателей. Также рассмотрена принципиальная схема топливо-поддачи двигателя и особая система сокращения выбросов оксида азота. Произведено сравнение с водородным топливом с учетом всех преимуществ и недостатков. По завершении всех работ, можно говорить о том, что для выполнения плана ИМО по снижению выбросов к 2050 году, аммиак является одним из крайне удачных решений как с экологической, так и с экономической стороны.

**Ключевые слова:** экология, альтернативные виды топлива, выбросы вредных веществ с судов, затраты, аммиак

## THE USE OF AMMONIA AS FUEL FOR SHIPS IN ORDER TO REDUCE CARBON DIOXIDE EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE

*M.R. Neizhmk, A.I. Epikhin, M.A. Modina*

The article discusses one of the promising solutions to the problem of greenhouse gas emissions from ships. The use of ammonia as a fuel has a number of advantages over other carbon-neutral fuel analogues. The article presents comparisons of physicochemical parameters of modern fuels. Diagrams of emissions at the production

and operation stages are presented. The analysis of ammonia prices up to 2050 has been carried out. Methods of obtaining green, gray and blue ammonia on an industrial scale are considered. Special attention is worthy of the fact that the technology is already beginning to be implemented by large engine companies such as MAN and Wartsila. By 2024-2025, the first ships with an ammonia-powered power plant on board should appear. The article describes the basic principles of operation of such a machine and demonstrates the differences from traditional engines. A schematic diagram of the fuel supply of the engine and a special system for reducing nitrogen oxide emissions are also considered. A comparison with hydrogen fuel has been made, taking into account all the advantages and disadvantages. Upon completion of all work, we can say that in order to fulfill the IMO plan to reduce emissions by 2050, ammonia is one of the extremely successful solutions from both the environmental and economic side.

**Keywords:** ecology, alternative fuels, emissions of harmful substances from ships, costs, ammonia

Каждый год только в России выбрасывается около 1,5 млрд тонн углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ). На морскую отрасль приходится 3-4 % глобальных антропогенных выбросов  $\text{CO}_2$ . Существующий флот потребляет около 300 миллионов тонн мазута в год. Однако он также играет фундаментальную роль в мировой экономике, перевоза более 80 % от общего объема мировой торговли. Актуальная на сегодняшний день задача состоит в решении проблемы глобального потепления и очевидно, что морская отрасль должна внести свой вклад в сокращение выбросов  $\text{CO}_2$ .

Чтобы декарбонизация стала возможной необходимо провести реконструкцию топливно-энергетического комплекса путем применения энергосберегающих технологий, перехода на экологически безопасные виды топлив. Поэтому одним из основных путей совершенствования двигателей внутреннего сгорания, остающихся основными потребителями нефтяных топлив и природного газа, является их адаптация к работе на альтернативных топливах.

Среди альтернативных видов топлива самыми популярными являются:

- Метанол
- Биотопливо
- Пропан
- Водород
- Аммиак

Сегодня взгляды многих направлены именно на водород, так как он составляет примерно 1 % от массы земного шара, и является углеродно-нейтральным видом топлива. Термин "углеродно-нейтральный" относится к источнику энергии, который не имеет выбросов парниковых газов (ПГ). Однако сейчас все больший интерес появляется к аммиаку, так как при использовании водорода возникают ряд проблем:

Таких как риск взрыва и стоимость его обработки на берегу и на борту судна. Другим важным аспектом является высокое

энергопотребление, необходимое для сжижения водорода при  $-253^\circ\text{C}$ , более эффективным подходом является использование газообразного водорода в производстве аммиака, который сжижается при  $-33^\circ\text{C}$ . Обработка водорода является сложной и дорогостоящей по сравнению с раствором аммиака. Разработка практического решения для работы с водородом, которое может быть адаптировано к типичному двигателю, не обходится без препятствий. Поэтому самым интересным решением является именно Аммиак ( $\text{NH}_3$ ).

Благодаря молекулярному составу  $\text{NH}_3$ , не содержащему углерода и серы, его сжигание в двигателе приводит к почти нулевым выбросам  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_x$ . С точки зрения экологии, аммиак становится углеродно-нейтральным топливом, когда он производится из возобновляемых источников энергии, таких как электроэнергия, получаемая от гидроэнергетики, ветра или солнечной энергии. Кроме того, выбросы вредных веществ, связанных с углеродом (черный углерод или сажа, несгоревшие углеводороды HC и монооксид углерода CO), будут практически устранены, однако возникает проблема увеличения выбросов оксида азота, ее решение представлено далее в статье.

Однако способы получения аммиака не все такие экологичные. На данный момент существуют 3 вида  $\text{NH}_3$ :

- Серый аммиак, его получают из природного газа и при его производстве все отработавшие газы устремляются в атмосферу, на создание 1 тонны такого аммиака приходится 2 тонны  $\text{CO}_2$

- Синий аммиак, при его производстве все газы должны утилизироваться

- Зеленый аммиак, ключевое отличие в том, что энергия, затраченная на его производство должна генерироваться от возобновляемых источников энергии таких как солнечная или ветроэнергетика, могут быть приливные и геотермальные электростанции и другие нетрадиционные методы получения энергии.

Fuels	Chemical formula	Density at 15 °C, kg/m <sup>3</sup>	Cetane number	Boiling point, °C	Auto-ignition temperature in air, °C	Flammability limits in air, vol%	Combustion emissions in ICE			
							CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
LSHFO	C <sub>9</sub> -C <sub>25</sub>	975-1010	>20	>180	230	0.6-7.5	high	medium	high	medium
MDO	C <sub>10</sub> -C <sub>15</sub>	796-841	>35	>180	210	0.6-7.5	high	low	high	low
NG	CH <sub>4</sub>	0.78	130 *	-162	540	5.0-15.0	medium	low	medium	low
PG	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> &C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1.90	94-112*	-42	450	2.1-9.5	medium	low	medium	low
Methanol	CH <sub>3</sub> OH	792	<5	65	464	6.7-36.0	medium	low	medium	low
Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	789	5-15	78	365	3.3-19.0	medium	low	medium	low
DME	CH <sub>3</sub> OCH <sub>3</sub>	665	55-65	-25	350	3.4-27.0	medium	low	medium	low
Hydrogen	H <sub>2</sub>	0.09	>130 *	-253	585	4.0-75.0	low	low	high	low
Ammonia	NH <sub>3</sub>	0.73	120 *	-33	651	15.0-28.0	low	low	high	low
SVO	C <sub>14</sub> -C <sub>22</sub>	900-960	30-45	>180	424	0.6-7.5	high	low	high	low
FAME	C <sub>15</sub> -C <sub>18</sub>	860-900	45-55	>180	261	0.6-7.5	high	low	high	low
HVO	C <sub>15</sub> -C <sub>18</sub>	770-790	>70	>180	204	0.6-7.5	high	low	high	low
F-T diesel	C <sub>15</sub> -C <sub>18</sub>	774-782	74-80	>180	204	0.6-7.5	high	low	high	low

Рисунок 1 – основные показатели выбросов при использовании различных видов топлив

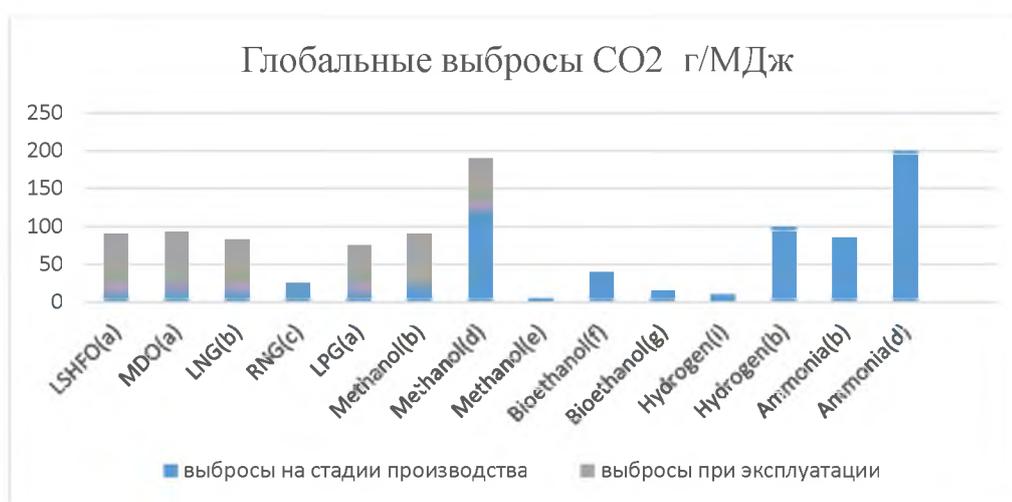


Рисунок 2 – глобальные показатели выбросов CO<sub>2</sub> для современных топлив  
 а - из сырой нефти; б - из природного газа; с - из твердых бытовых отходов; d - из угля; e - из лесных остатков;  
 f - из сахарной свеклы; g - из сельскохозяйственных остатков; i - из электролиза воды и энергии ветра

Если на предприятии установлена и используется технология улавливания CO<sub>2</sub>, то на практике при расчете выбросов более высокого уровня следует вычитать количество улавливаемого CO<sub>2</sub>. По умолчанию считается, что CO<sub>2</sub> не улавливается и не размещается на хранение. В большинстве случаев методики, которые учитывают улавливание CO<sub>2</sub>, должны принимать во внимание, что выбросы CO<sub>2</sub>, улавливаемые при производстве, могут быть связаны как со сжиганием, так и с процессом. Однако в случае производства аммиака нет разницы между выбросами от топлива и от исходного сырья – все они учитываются

Что касается выбросов при производстве зеленого аммиака, они сопоставимы выбросам водорода, получаемого из электролиза и энергии ветра.

Еще одним неопределенным и наиболее важным параметром при принятии решения о будущем топливе являются его стоимость. С одной стороны, если бы зеленый аммиак был доступен сегодня, он был бы в несколько раз дороже, чем

мазут с очень низким содержанием серы (VLSFO - very low sulfur fuel oil) и сжиженный природный газ (СПГ). С другой стороны, морской рынок берет во внимание то, что для сокращения выбросов CO<sub>2</sub> и парниковых газов в обозримом будущем необходимо ввести в действие какое-то международное регулирование выбросов CO<sub>2</sub> и ПГ. На территории РФ уже вводятся такие ограничения, правда пока распространяются в основном на береговую промышленность, в июле 2021 года президент Российской Федерации В. В. Путин подписал закон об ограничении выбросов парниковых газов. Выбросы будут учитываться в государственной информационной системе. Компании, которые выбрасывают в воздух значительное количество парниковых газов, должны будут представлять отчеты об их объемах. В соответствии с законом меры госрегулирования выбросов парниковых газов должны распространяться только на регулируемые организации [14].

Проектом предлагается утвердить критерии, которые позволят отнести компанию либо к регулируемым организациям, на которые будут распространяться требования в области ограничения парниковых газов, либо к нерегулируемым, на которые такие требования распространяться не будут. В частности, организация будет отнесена к регулируемой в случае, если сумма выбросов парниковых газов по основному или дополнительному виду хозяйственной деятельности либо производственному процессу превысит 150 тыс. тонн эквивалента углекислого газа в год.

Организация будет самостоятельно рассчитывать выбросы парниковых газов путём умножения показателя деятельности (объём используемого топлива, объём произведённой продукции и др) на коэффициент удельных выбросов эквивалента углекислого газа. Эта норма будет действовать с 30 декабря 2021 года до 1 января 2024 года.

С 2024 года максимальный объём выбросов для организаций сократят до 50 тыс. тонн углекислого газа в год.

Такие компании как MAN и Wartsila уже изучают возможность использования аммиака в качестве будущего топлива.

Стоимость энергии VLSFO и Аммиака:

- 12,5–15 долларов США/ГДж для VLSFO (2020);

- 13,5 долл./ГДж для сегодняшнего обычного аммиака (стабильно с 2018);

- 13,5–15 долларов США/ГДж прогнозируемая стоимость зеленого аммиака от солнечной и ветровой энергии в 2040-2050 гг.;

- 16-21,5 долл./ГДж для углеродно-нейтрального аммиака в качестве топлива в 2025-2030 годах.



Рисунок 3 – Стоимость энергии VLSFO и Аммиака долларов США/ГДж

Физические и химические свойства аммиака не менее важны, они определяют многие аспекты проектирования двигательной установки на аммиачном топливе и вспомогательных систем, включая хранение.

Как правило, аммиак получают в процессе синтеза Хабера-Боша из водорода и азота. В то время как азот поступает в результате разделения

воздуха, для получения водорода используют несколько способов, наиболее заметными из которых является паровой риформинг углеводородов или электролиз воды.

Для сравнения в таблице показаны физические свойства аммиака, других альтернативных видов топлива и HFO.

	Normal Boiling Point	Pressure for storage at ambient Temperature (20 °C)	Liquid mass density at 15°C	Lower Heating Value	Energy Density	CO2 by combustion
	[°C]	[bar g]	[kg/m3]	[MJ/kg]	[MJ/L]	[kgCO2/GJ]
HYDROGEN	- 253	--	71	120	8.5 **	0
LNG	- 162	--	450	50	22.5	56*
LPG ***	- 42	7.5 min	550	46	26.5	60
AMMONIA	- 33	7.6 min	618	18.6	12.7	0
METHANOL	65	ATM	780	19.9	15.5	70
HEAVY FUEL OIL (HFO)	>160	ATM	920 - 1010	40.5	35	80

Рисунок 4 – Характеристики аммиака, альтернативных видов топлива и HFO

В настоящее время параметры подачи топлива и давления впрыска для NH<sub>3</sub> составляют 80 бар и 600-700 бар соответственно. Эти параметры являются темой дальнейших исследований и оптимизаций в работе двигателя.

Сравнение свойств, связанных с хранением, в таблице, показывает, что водород (H<sub>2</sub>) сжижается при охлаждении до температуры ниже -253°C, а СПГ при -162°C. Напротив, аммиак разжижается уже при -33°C.

Жидкий аммиак может храниться при давлении выше 8,6 бар при температуре (20 °C). Чтобы сохранить его в жидкой фазе при повышении температуры окружающей среды, обычно проектируют неохлаждаемые резервуары для аммиака примерно на 18 бар.

Для того чтобы будущая энергетика, не содержащая выбросов CO<sub>2</sub>, стала привлекательной, цены на топливо будущего, с учетом всех затрат, должны быть сопоставимы с ценами на традиционными топливо. Если это будет достигнуто с помощью регулирования CO<sub>2</sub>/ЛП, период для перевода двигателя на будущее топливо может быть коротким, как только регулирования вступят в силу.

Остается открытым вопрос, будет ли существующий флот регулироваться даже строже, чем того требует индекс энергоэффективности проектирования (EEDI) или эксплуатационный показатель энергоэффективности (EEOI), или же правила будут применяться только к новым судам с определенной датой. Исходя из предположения, что правила в отношении парниковых газов вступят в силу в течение ближайших нескольких лет можно ожидать регулирования как существующих, так и новых судов.

Компания MAN уже в этом году собирается завершить процесс разработки аммиачного

двигателя, а проверка самого проекта запланирована на 2023 год. Когда постройка двигателя будет завершена, его можно будет подготовить к испытаниям. Непосредственно на судно первый аммиачный двигатель будет установлен в течение первых шести месяцев 2024 года

При проектировании двигателя, с измененной физикой сгорания, из-за химического состава нового топлива, требуется тщательное исследование влияния на все конструктивные параметры двигателя, чтобы обеспечить эффективную и безопасную работу двигателя и систему подачи топлива к нему.

В настоящее время MAN ES уже проводит исследования в Исследовательском центре Копенгагена (RCC) для оценки процесса сгорания и тепловыделения аммиака. Не стоит забывать, что аммиак является токсичным веществом, и что для защиты экипажа судна и окружающей среды должны быть приняты надлежащие меры безопасности. В дополнение к удовлетворению этих требований MAN ES разрабатывает технологии, созданные с учетом навыков инженерной команды и имеющихся на борту ресурсов. Это достигается без кардинального изменения режима работы судна.

Особенность двигателя на аммиачном топливе заключается в том, что он практически не изменит принцип постройки судна и его эксплуатацию, и, таким образом, существует простое и хорошо спроектированное решение для удовлетворения требований нового топлива.

При работе двигателя подача аммиачного топлива осуществляется из накопительных баков через систему подачи топлива. Для поддержания требуемого топливного режима в двигателе, небольшая часть аммиачного топлива непрерывно поступает на систему рециркуляции.

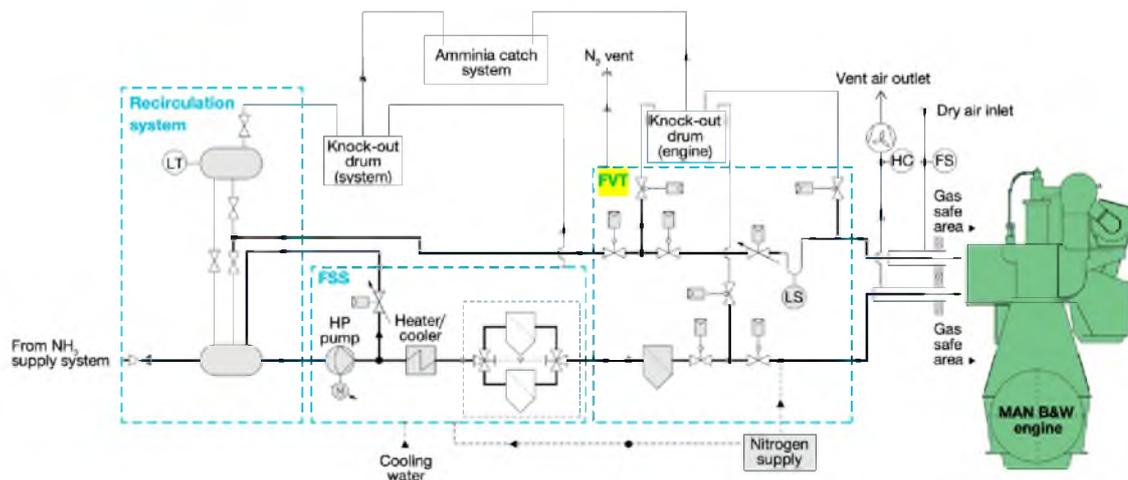


Рисунок 5 – Схема топливной системы двигателя при работе на аммиаке

Когда двигатель не работает, устройства двойного блока и отвода FVT (fuel valve train) сбрасывают давление и полностью изолируют топливную систему внутри двигателя от систем подачи и возврата аммиачного топлива. Перед каждым запуском система заполняется азотом для проверки ее герметичности.

Когда двигатель останавливается, давление азота выталкивает аммиачное топливо из двигателя в систему рециркуляции. Когда продувка будет завершена, FVT снова обеспечит системам внутри двигателя изоляцию от систем подачи и возврата.

На протяжении всей работы двигателя система вентиляции с двойными стенками, из уже существующих двухтопливных дизелей MAN ES, обнаруживает любую утечку аммиачного топлива и направляет ее в отдельную систему улавливания аммиака.

В системе подачи топлива (FSS – fuel supply system) содержится оборудование необходимое для подачи аммиачного топлива в двигатель при требуемой температуре и давлении. В большинстве случаев FSS имеет насос высокого давления, нагреватель, фильтры, клапаны и системы управления для поддержания давления и температуры аммиачного топлива при различных расходах двигателя.

Система топливных клапанов (FVT) является интерфейсом между двигателем и вспомогательными системами. Цель FVT - обеспечить безопасную изоляцию двигателя во время остановки и технического обслуживания, а также обеспечить функцию продувки азотом. Эта функция обеспечивает безопасную остановку двигателя и его дальнейший простой.

Ожидается, что уровень выбросов  $\text{NO}_x$  в двигателе, работающем на аммиаке, будет на

уровне сопоставимом с обычным дизельным двигателем.

Очевидно, что аммиак будет экологически приемлемым топливом только в том случае, если выбросы, известные из обычного двигателя, не будут просто заменены другими. Естественно, что у аммиачного двигателя количество любых выбросов должно быть сведено к минимуму, чтобы новое топливо не создавало дополнительных проблем для морской отрасли [13,14].

Для сокращения выбросов оксидов азота (то есть  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ , обычно называемых  $\text{NO}_x$ ) и выполнения региональных норм касательно выбросов, двигатели MAN ES были оснащены, передовой технологией SCR (селективного каталитического восстановления). Система SCR с использованием аммиака была внедрена в 1990-х годах на четырех сухогрузах. В ожидании результатов первых испытаний двигателя может потребоваться увеличение объема SCR и потребления аммиака для достижения соответствия требованиям в режиме Tier III.

Технология SCR представляет собой процесс последующей обработки, в ходе которого  $\text{NO}_x$ , образующийся при сгорании, удаляется из выхлопных газов в процессе каталитического восстановления.

Обычно необходимый аммиак (восстановитель) добавляется путем впрыска раствора мочевины ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ ) в выхлопной газ, однако в качестве катализатора вместо мочевины может быть впрыснут сам аммиак. Одним из преимуществ этого является то, что судно, работающее на аммиаке, уже его перевозит. Расход аммиака для системы SCR будет очень небольшим по сравнению с расходом аммиачного топлива.

На рисунке показан принцип селективного каталитического снижения содержания  $\text{NO}_x$  в выхлопных газах.

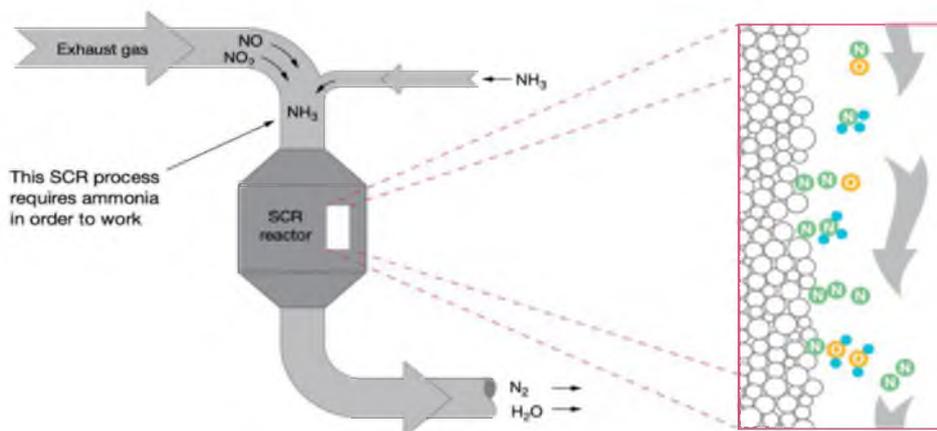
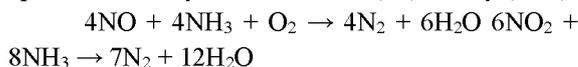


Рисунок 6 – принцип селективного каталитического снижения содержания  $\text{NO}_x$  в выхлопных газах

В каталитической реакции  $\text{NH}_3$  и  $\text{NO}_x$  превращаются в двухатомный азот ( $\text{N}_2$ ) и воду ( $\text{H}_2\text{O}$ ):



Обеспечивая полное сгорание, выбросы негоревшего  $\text{NH}_3$  и образование закиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) будут сведены к минимуму.

Безусловно существуют проблемы, но также и преимущества, связанные с хранением, транспортировкой и сжиганием аммиака, определяемые физическими и химическими свойствами:

- $\text{NH}_3$  не содержит углерода и серы и обеспечивает чистое сгорание с почти нулевым образованием  $\text{CO}_2$  или  $\text{SO}_x$ ;

- Объемная плотность энергии  $\text{NH}_3$  выше, чем для  $\text{H}_2$ ;

- $\text{NH}_3$  может быть расщеплен до  $\text{N}_2$  и  $\text{H}_2$ ;

- $\text{NH}_3$  невзрывоопасен в отличие от  $\text{H}_2$ ;

- широкое использование аммиака в промышленных процессах и в качестве сельскохозяйственного удобрения означает, что он уже является коммерчески привлекательным продуктом;

- $\text{NH}_3$  дешевле и легче транспортировать и хранить, чем водород и другие виды топлива, нуждающиеся в криогенных температурах;

- низкий риск возгорания в окружающей атмосфере делает хранение больших количеств аммиака более безопасным, чем водорода, с точки зрения пожарной безопасности.

Более низкая теплотворная способность приблизительно 18,6 МДж/кг для аммиака сопоставима с метанолом. Плотность энергии на единицу объема аммиака (12,7 МДж/л) и других альтернативных видов топлива ниже, чем у MGO (35 МДж/л). Для переноса того же содержания энергии аммиака по сравнению с MGO потребуется примерно в 2,8 раза больший объем, если резервуар с аммиаком охлажден.

Хотя аммиак потенциально может стать топливом будущего, это токсичное вещество, которое в соответствии с правилами еще не было выпущено для использования в качестве судового топлива.

Подводя итог, можно сказать, что аммиачное топливо не является полностью экологичным на всех стадиях его производства на данный период времени, однако при его использовании, получится значительно понизить выбросы вредных веществ, а прежде всего углерода, в атмосферу по сравнению с использованием нефтяных топлив

или природного газа. Но нужно в полной мере понимать, что полная замена инфраструктуры, потребует большого финансирования и субсидий со стороны государства.

### Литература

1. Trakimavičius, Lukas (October 6, 2021). "Synthetic fuels can bolster energy security in the Baltic region". *EurActiv*.
2. MacDowell, Niall; et al. (2010). "An overview of  $\text{CO}_2$  capture technologies". *Energy and Environmental Science*. **3** (11): 1645–69. doi:10.1039/C004106H
3. McKie, Robin (2021-01-16). "Carbon capture is vital to meeting climate goals, scientists tell green critics". *The Guardian*. Retrieved 2021-04-28.
4. Kleiner, Kurt (17 January 2009). "Carbon Neutral Fuel; a new approach". *The Globe and Mail*: F4. Retrieved 23 October 2012.
5. MAN Energy Solutions. Engineering the Future Two-Stroke Green-Ammonia Engine; MAN Energy Solutions: Copenhagen, Denmark, 2019
6. Интернет-ресурс: Wärtsilä Corporation. World's First Full Scale Ammonia Engine Test An Important Step towards Carbon Free Shipping; Wärtsilä Corporation: Wärtsilä, Finland, 2020; <https://www.wartsila.com/media/news/30-06-2020-world-s-first-full-scale-ammonia-engine-test---an-important-step-towards-carbon-free-ship-ping-2737809> (accessed Jan 19, 2020)
7. Интернет-ресурс: World Energy Council. World Energy Resources Marine Energy 2016; World Energy Council: London, U.K., 2016; <https://www.marineenergywales.co.uk/wp-content/uploads/2016/01/World-Energy-Council-Marine-Energy-Resources-2016.pdf> (accessed Jan 19, 2021)
8. Интернет-ресурс: Brown, T. Updating the Literature: Ammonia Consumes 43% of Global Hydrogen; Ammonia Energy Association: Brooklyn, NY, 2020; <https://www.ammoniaenergy.org/articles/updating-the-literature-ammonia-consumes-43-of-global-hydrogen/> (accessed Jan 19, 2021)
9. Интернет-ресурс: <https://innovationsfonden.dk/da/investeringer/investeringshistorier/dansk-konsortium-ledet-af-man-energy-solutions-vil-udvikle>
10. Alfa laval, Hafnia, Haldor Topsoe, Vestas, Siemens Gamesa: Ammonfuel – an industrial view of ammonia as a marine fuel, August 2020
11. Интернет-ресурс: Efficiency of Ships, IMO, [www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx), 2004
12. Alternative fuel options for low carbon maritime transportation: Pathways to 2050 Hui Xing, Charles Stuart, Stephen Spence, Hua Chen
13. Модина М.А., Шкода В.В., Туктаров Р.Р. Эффективность методов сокращения количества

выбросов оксидов серы от судовых энергетических установок // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – № 2 (95). – С. 87-92.

14. Кондратьев С.И. Методы вычисления характеристических полиномов в задачах управления подвижных объектов: учебное пособие / С.И. Кондратьев, Г. А. Зеленков. – Новороссийск: Морская гос. акад. им. адмирала Ф. Ф. Ушакова, 2007.

#### References

1. Trakimavičius, Lukas (October 6, 2021). "Synthetic fuels can bolster energy security in the Baltic region". *EurActiv*.
2. MacDowell, Niall; et al. (2010). "An overview of CO<sub>2</sub> capture technologies". *Energy and Environmental Science*. **3** (11): 1645–69. doi:10.1039/C004106H
3. McKie, Robin (2021-01-16). "Carbon capture is vital to meeting climate goals, scientists tell green critics". *The Guardian*. Retrieved 2021-04-28.
4. Kleiner, kurt (17 January 2009). "Carbon Neutral Fuel; a new approach". *The Globe and Mail*: F4. Retrieved 23 October 2012.
5. MAN Energy Solutions. Engineering the Future Two-Stroke Green-Ammonia Engine; MAN Energy Solutions: Copenhagen, Denmark, 2019
6. Wärtsilä Corporation. World's First Full Scale Ammonia Engine Test An Important Step towards Carbon Free Shipping; Wärtsilä Corporation: Wärtsilä, Finland, 2020; <https://www.wartsila.com/media/news/30-06-2020-world-s-first-full-scale-ammonia-engine-test---an-important-step-towards-carbon-free-shipping-2737809> (accessed Jan 19, 2020)
7. World Energy Council. World Energy Resources Marine Energy 2016; World Energy Council: London, U.K., 2016; <https://www.marineenergywales.co.uk/wp-content/uploads/2016/01/World-Energy-Council-Marine-Energy-Resources-2016.pdf> (accessed Jan 19, 2021)
8. Brown, T. Updating the Literature: Ammonia Consumes 43% of Global Hydrogen; Ammonia Energy Association: Brooklyn, NY, 2020; <https://www.ammoniaenergy.org/articles/updating-the-literature-ammonia-consumes-43-of-global-hydrogen/> (accessed Jan 19, 2021)
9. <https://innovationsfonden.dk/da/investeringer/investeringshistorier/danskkonsortium-ledet-af-man-energy-solutions-vil-udvikle>
10. Alfa laval, Hafnia, Haldor Topsoe, Vestas, Siemens Gamesa: Ammonfuel – an industrial view of ammonia as a marine fuel, August 2020
11. Efficiency of Ships, IMO, [www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx), 2004
12. Alternative fuel options for low carbon maritime transportation: Pathways to 2050 Hui Xing, Charles Stuart, Stephen Spence, Hua Chen
13. Modina M.A., SHkoda V.V., Tuktarov R.R. Effektivnost' metodov sokrashcheniya kolichstva vybrosov oksidov sery ot sudovyh energeticheskikh ustano-vok // Eksplyuatsiya morskogo transporta. 2020. № 2 (95). S. 87-92.
14. Kondrat'ev S.I. Metody vychisleniya harakteristicheskikh polinomov v zadachah upravleniya podvizhnyh ob"ektov. Uchebnoe posobie / S. I. Kondrat'ev, G. A. Ze-lenkov // Federal'noe gos. obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovaniya "Morskaya gos. akad. im. admirala F. F. Ushakova". Novorossiysk, 2007.

УДК 338.2

DOI: 10.34046/aumsuomt101/20

## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СУДОСТРОЕНИЯ В РОССИИ

*А.М. Коршунов, кандидат экономических наук, доцент*

*М.Г. Котовская, доктор исторических наук, профессор*

В статье рассматриваются проблемы, стоящие на современном этапе перед российской судостроительной промышленностью и проведено исследование основных тенденций, связанных с корпоративной реформой в машиностроительной отрасли, импортозамещением и обеспечении верфей заказами гражданского назначения. Сегодня перед отраслью возник ряд трудностей, вызванных как импортозамещением и локализацией, так и глобальными проблемами в мировой экономике. Развитие современного судостроения оказывает существенное влияние на внедрение инновационных технологий и в смежных отраслях экономики. Актуальность темы исследования обусловлена возрастающей необходимостью в оснащении российского флота современными высокотехнологичными судами. Поэтому Правительством РФ в 2019 году была утверждена Стратегия, определяющая развитие отрасли судостроения до 2035 года и ставящая своей целью создание современных судов и увеличение объема производства судостроительной промышленности. Для достижения поставленной цели производственные фонды судостроения должны обеспечить рост загрузки, в рамках реализации Стратегии планируется увеличение производительности труда и рост отечественных элементов в конечной стоимости продукции. Инновационный сценарий следования Стратегии, предполагает укрепление судостроительной промышленности страны в стабильном ритме в условиях умеренного развития экономики. Исследование