



# ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



№ 6 (66) 2018



Реклама

Газ в моторы: итоги автопробега

Экономические предпосылки использования СПГ

Обзор лучших практик развития рынка ГМТ

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору  
в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны  
культурного наследия.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114

Включен в Перечень ВАК

#### Учредитель и издатель

АОГМТ «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА),  
аффилирована с Международным газовым союзом

#### Периодичность

6 номеров в год

#### Главный редактор

**А.Г. Ишков**

заместитель начальника Департамента –  
начальник Управления ПАО «Газпром», д.х.н.

#### Члены редакционной коллегии

**Б.В. Будзуляк**

председатель Комиссии по использованию  
природного и сжиженного нефтяного газа  
в качестве моторного топлива, д.т.н.

**С.П. Горбачев**

профессор, главный научный сотрудник  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

**В.И. Ерохов**

профессор «МАМИ», д.т.н.

**Р.З. Кавтарадзе**

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**Т.В. Климова**

начальник отдела информационного обеспечения  
ИТЦ ООО «Газпром трансгаз Москва»,  
заместитель главного редактора

**С.И. Козлов**

д.т.н.

**С.В. Люгай**

директор Центра использования газа  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,

**В.А. Марков**

профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

**А.В. Николаенко**

ректор «МАМИ», профессор, д.э.н.

**Ю.В. Панов**

профессор МАДИ, к.т.н.

**Н.Н. Патрахальцев**

профессор Российского университета дружбы народов, д.т.н.

**Е.Н. Пронин**

координатор проекта «Голубой коридор»

**В.С. Сафонов**

советник генерального директора ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

д.т.н., профессор

**В.Н. Фатеев**

зам. директора НИЦ «Курчатовский институт», д.х.н.

**В.С. Хахалкин**

главный инженер – заместитель генерального директора  
ООО «Газпром газомоторное топливо»

#### Редактор

**О.А. Ершова**

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

Тел.: +7 (498) 657 29 76

#### Отдел подписки и рекламы

E-mail: transport.2@ngvrus.ru

Тел.: +7 (498) 657 29 77

#### Перевод

**А.И. Хлыстова**

#### Компьютерная верстка

**И.В. Шерстюк**

#### Адрес редакции:

142717, Московская обл., Ленинский р-н, п. Развилка, а/я 253  
www.ngvrus.ru

Отпечатано с представленного электронного оригинал-макета  
в типографии «ГалерПринт»

109202, г. Москва, ул. 1-ая Фрезерная, д. 2/1

Номер заказа

Сдано на верстку 15.10.2018 г.

Подписано в печать 15.11.2018 г.

Формат 60x90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.

Печать офсетная, печ. л. 10,5

При перепечатке материалов ссылка на журнал

«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации,

опубликованной в рекламных материалах

## В НОМЕРЕ

Члены Ассоциации организаций в области газомоторного топлива «Национальная газомоторная ассоциация» .....	3
Специалисты обменялись опытом развития рынка ГМТ .....	6
Газомоторная стратегия Москвы .....	15
<b>Пронин Е.Н.</b> Газ в моторы: итоги автопробега .....	16
Выставка GasSuf 2018: рост числа посетителей на 6 % .....	21
СПГ рвется в море .....	24
Экономические предпосылки использования СПГ в качестве моторного топлива .....	25
<b>Лухтан А.А., Митрохин А.М., Сидоров И.В., Чебаненко Е.А.</b> Обзор лучших практик стимулирования развития рынка ГМТ в странах присутствия Gazprom EP International B.V. ....	31
Обзор зарубежных публикаций по ГМТ .....	35
<b>Ишков А.Г., Пыстина Н.Б., Романов К.В., Тетеревлев Р.В.</b> Экологические аспекты использования природного газа в качестве моторного топлива на основе оценки полного жизненного цикла .....	45
<b>Патрахальцев Н.Н., Ощепков П.П., Мельник И.С.</b> Применение легковоспламеняющейся жидкости для повышения эффективности холодного пуска дизеля .....	55
<b>Лиханов В.А., Лопатин О.П.</b> Повышение экологической безопасности дизельных двигателей путем использования топлив на основе метилового спирта .....	61
<b>Шишков В.А.</b> Устойчивость течения при газификации жидких сред .....	68
Abstracts of articles .....	77
Авторы статей в журнале № 6 (66) 2018 г. ....	80



**Founder and Publisher**

Non-Commercial Partnership National Gas-Vehicle  
Association (NGVA), is affiliated with IGU

**Published**

6 issues a year

**Editor-in-Chief**

**Ishkov, A.G.**

*Deputy Director of the Department,*

*Head of the Department, PJSC GAZPROM, Doctor of Chemistry*

**Editorial board members**

**Budzulyak, B.V.**

*Chairman of the Commission for Use of Natural  
and Liquefied Petroleum Gas as Gas-Motor Fuel,  
Doctor of Engineering*

**Erokhov, V.I.**

*MAMI Professor, Doctor of Engineering*

**Fateev, V.N.**

*Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute,*

*Doctor of Chemistry*

**Gorbachev, S.P.**

*Professor, Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering*

**Kavtaradze, R.Z.**

*Professor of N.E. Bauman's MGTU, Doctor of Engineering*

**Khakhalkin, V.S.**

*Chief technology officer,*

*deputy director general LLC «Gazprom Gas-Engine Fuel»*

**Klimova, T.V.**

*Head of Information support department, Engineering*

*and Technical center, Gazprom Transgaz Moskva LLC,*

*deputy chief editor*

**Kozlov, S.I.**

*Doctor of Engineering*

**Lyugai, S.V.**

*PhD, Director of the Centre «Gas Use»,*

*JSC «Gazprom VNIIGAZ»,*

**Markov, V.A.**

*Professor of N.E. Bauman's MGTU,*

*Doctor of Engineering*

**Nikolaenko, A.V.**

*Rector of the Moscow State Technical University (MAMI), Professor,*

*Doctor of Science*

**Panov, Yu.V.**

*Professor of MADI (GTU), PhD*

**Patrakhaltsev, N.N.**

*Professor of People's Friendship University of Russia,*

*Doctor of Engineering*

**Pronin, E.N.**

*Coordinator of the «Blue Corridor» project*

**Safonov, V.S.**

*Adviser to director general Gazprom VNIIGAZ,*

*doctor of engineering, professor*

**Editor**

**Ershova, O.A.**

*E-mail: transport.1@ngvrus.ru*

*Phone.: +7 (498) 657 29 76*

**Subscription and Distribution Department**

*E-mail: transport.2@ngvrus.ru*

*Phone.: +7 (498) 657 29 77*

**Translation by**

**Khlystova A.I.**

**Computer imposition**

**Sherstyuk, I.V.**

**Editorial office address:**

PO Box 253, p. Razvilka, Leninsky r-n,

Moskovskaya obl, 142717

www.ngvrus.ru

Order number

Passed for press on 15.10.2018

Endorsed to be printed on 15.11.2018

Format 60x90 1/8 Circulation 3,000 copies Enamel paper

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

When copying materials, a reference «Alternative Fuel Transport» International  
Scientific and Technical Magazine is obligatory.

The editors are not responsible for accuracy of the information contained  
in advertising matter.

## CONTENTS

Members of National gas vehicle association in 2018 .....	3
Exchange of experience of gas motor fuel market development .....	6
Gas motor strategy of Moscow .....	15
<b>Eugene Pronin</b> Gas into engines: rally's outcome .....	16
Exhibition GasSuf 2018: Increase in the number of visitors by 6 % .....	21
Economic conditions for LNG usage as a motor fuel .....	25
Overview of the best practices to stimulate the development of the gas engine fuel market in the countries of Gazprom EP International B.V. presence .....	31
Review of foreign publications on gas motor fuel .....	35
<b>Alexander Ishkov, Natalia Pystina, Konstantin Romanov, Roman Teterevlev</b> Environmental aspects of using natural gas as a motor fuel based on full life cycle assessment .....	45
<b>Nikolay Patrakhaltsev, Petr Oshepkov, Ivan Melnik</b> Application of light inflammable liquid for efficiency upgrading of diesel cold starting .....	55
<b>Vitaly Likhanov, Oleg Lopatin</b> Improving the environmental safety of diesel engines using fuels based on methyl alcohol .....	61
<b>Vladimir Shishkov</b> Stability of current at evaporation of liquid environments .....	68
Abstracts of articles .....	77
Contributors to journal issue № 6 (66) 2018 г. ....	80

# Члены Ассоциации организаций в области газомоторного топлива «Национальная газомоторная ассоциация», 2018 год



### АО «Агентство Прямых Инвестиций»

Независимая российская инвестиционно-консалтинговая компания.

### ООО «АТС-сервис»

Производство и переоборудование автотранспорта на КПП, производство ПАГЗ, поставка технологического оборудования для АГНКС.



### ЗАО «БАРРЕНС»

Проектирование АГНКС, производство и поставка оборудования для АГНКС, ПАГЗ, МКПП и их комплектующих.



### ООО «Бауэр Компрессоры»

Производство компрессоров, комплектных АГНКС.



### ООО «ВИТКОВИЦЕ Рус»

Ведущий европейский производитель баллонов, АГНКС, ПАГЗ, аккумуляторов газа, оборудования для добычи, транспортировки, хранения и переработки газа. Переоборудование транспорта на КПП (железнодорожного, морского, автомобильного).



### АО «ВНИКИ»

Проведение фундаментальных и прикладных исследований в области железнодорожного транспорта. Разработка локомотивов, работающих на СПГ.



### ООО «Газкомплект»

Полный спектр услуг в области производства газовых автомобилей и переоборудования транспорта на газовое топливо.



### ООО «Газпарт 95»

Продажа газобаллонного оборудования для ТС.



### ПАО «Газпром автоматизация»

НИОКР, проектирование, осуществление полного цикла работ по строительству и реконструкции АГНКС.



### ООО «Газпром газомоторное топливо»

Создание инфраструктуры для развития рынка газомоторного топлива в РФ: строительство АГНКС, КриоАЗС, КСПГ и прочих инфраструктурных объектов.



### АО «Газпром оргэнергогаз»

Диагностика и обслуживание оборудования, газопроводов, АГНКС.



### ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»

Реализация КПП, переоборудование транспортных средств на газомоторное топливо.



### ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Казань»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Самара»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Сургут»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.



### ООО «Газпром трансгаз Томск»

Транспорт газа, строительство и обслуживание АГНКС, переоборудование автомобилей на КПП.

### Газпром ЭП Интернэшнл Б.В.

Единый оператор проектов ПАО «Газпром» по поиску, разведке и разработке месторождений углеводородов за пределами Российской Федерации.



**ОАО НПО «Гелиймаш»**

Производство установок сжижения природного газа и водорода, производство криогенных топливных баков и систем.

**ООО «ИновацияСПб Холдинг»**

Переоборудование транспорта для работы на газомоторном топливе. Поставка оборудования для транспортировки, хранения и использования газомоторного топлива.

**ООО «Интехгаз»**

Определение количественного и качественного состава газомоторного топлива, поставка газоиспользующего и газобаллонного оборудования.

**ПАО «КАМАЗ»**

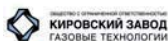
Производство грузовой и специализированной автомобильной техники.

**ООО «Каменский завод газоиспользующего оборудования»**

Производство газорегуляторного и газоиспользующего оборудования, блочно-модульных котельных, выполнение монтажных и пусконаладочных работ.

**ООО «КИМАКО»**

Дистрибуция промышленного оборудования, производимого в Южной Корее.

**ООО «Кировский завод Газовые технологии»**

Строительство АГНКС под ключ: строительно-монтажные работы, технический надзор. Проектирование: проектно-изыскательные работы, авторский надзор. Производство собственного оборудования: система автоматического управления АГНКС «САУ-КЗГТ», колонки газозаправочные «КЗГТ-КСМ». Шеф-монтаж и пусконаладочные работы. Сервисное и послепродажное обслуживание, обучение. Поставка оборудования и запасных частей.

**ООО «Компрессор газ»**

Разработка и производство газового компрессорного оборудования.

**ЗАО «Комптех»**

АГНКС, компрессоры, системы хранения и распределения газа.

**ООО «Корпорация Роснефтегаз»**

Переработка газа в бензин, эксплуатация многотопливных АЗС, переоборудование АТС на газ.

**ООО «Краснодарский компрессорный завод»**

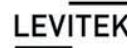
Производство компрессорного оборудования для АГНКС.

**ООО «Криогазтех»**

Проектно-строительная компания, специализирующаяся на реализации проектов в формате ЕРС, в том числе уникальных проектов топливно-энергетического сектора. От проектирования до ремонта и техобслуживания готового объекта.

**ООО «КРИОСТАР РУС»**

Производство высокотехнологичного криогенного оборудования: центробежных и поршневых насосов, турбодетандеров, турбокомпрессоров, турбогенераторов, заправочных станций, малотоннажных установок по производству СПГ.

**ООО «ЛЕВИТЭК»**

Поставка полного комплекта оборудования для АГНКС, насосно-компрессорного оборудования для предприятий нефтегазовой отрасли.

**ООО «Легион Эстейт»**

Поставка нефти и нефтепродуктов. Оказание логистических услуг по перевозке стабильного газового конденсата, нефти и нефтепродуктов. Строительство АГНКС и КриоАЗС «под ключ», в том числе поставка технологического оборудования, проектные и строительно-монтажные работы.

**ООО НПК «ЛенПромАвтоматика»**

Капитальный ремонт и модернизация АГНКС. Автоматика для АГНКС. Проектирование и строительство полнокомплектных АГНКС.

**ЗАО «Мелстон Инжиниринг»**

Проведение полного комплекса работ по строительству, реконструкции и оснащению АЗС/АГЗС/АГНКС необходимым оборудованием.

**ООО «Мониторинг Вентиль и Фитинг»**

Разработка, изготовление и поставка оборудования для применения КПГ и СПГ, криогеники и технических газов. Оборудование предназначено для АНКС, КриоАЗС, КСПГ, промышленных предприятий, нефтегазовой промышленности, лабораторий, научных исследований.



**ООО «Новогрудский завод газовой аппаратуры»**

Производство газозапорной и газорегулирующей аппаратуры.



**ООО «НПК «НТЛ»**

Разработка, проектирование и производство наукоемкой продукции для предприятий газовой отрасли, в том числе комплексы малотоннажного производства СПГ.



**ООО «НПО «НХП»**

Инжиниринговая компания, предоставляющая услуги в нефтяной, газовой и нефтехимической промышленности.



**ООО «НТА-Пром»**

Поставка трубной арматуры малого диаметра.



ПетроГазТех

**ООО «ПетроГазТех»**

Идентификация, разработка, внедрение и продвижение технологий в области разведки и добычи нефти и газа.



РариТЭК

**АО «РариТЭК Холдинг»**

Производство, реализация и сервис автомобилей КАМАЗ, коммунальной техники, автобусов НЕФАЗ и Bravis с газовыми двигателями. Производство ПАГЗ. Обучение на право обслуживания и эксплуатации газомоторной техники.



**ООО «Региональная Газовая Компания»**

Строительство и эксплуатация собственных АГНКС в составе МАЗК



Real-Shorm

**ООО НПФ «Реал-Шторм»**

Стальные барабаны, цистерны, газовые баллоны.



**ООО «Салаватнефтемаш»**

Ведущий производитель оборудования для нефтедобывающей, нефтегазоперерабатывающей, нефтехимической и других отраслей промышленности, в т.ч. связанных с обращением, транспортированием, хранением жидких, газообразных веществ.



**ООО «ТЕГАС»**

Производство газоразделительного, компрессорного и холодильного оборудования.



**ООО «ТЕГУСС»**

Комплексные технологические решения в энергетике и нефтегазовой сфере. Проектирование, поставка и обслуживание стационарных и мобильных газозаправочных установок. Продажа автомобильной и специальной техники различного назначения.



**ООО «ТЕГУСС КОМПЛЕКТ»**

Проектирование, поставка и обслуживание стационарных и мобильных газозаправочных установок. Продажа автомобильной и специальной техники различного назначения.



ТрансЭнергоСтройГрупп

**ООО «ТрансЭнергоСтройГрупп»**

Ремонт машин и оборудования; техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств. Поставка автомобильных деталей, узлов и принадлежностей.



УдмуртАвтоТранс

**АО «УдмуртАвтоТранс»**

Автомобильные пассажирские перевозки.



HAM-LET

**ООО «Хэм-Лет»**

Диагностика и обслуживание оборудования, газопроводов, АГНКС.



XITON GROUP

**ООО «Эксайтон Групп»**

Реализация и поставка газобаллонного оборудования.



Air Liquide

**АО «Эр Ликвид Глобал И энд Си Солюшнс Франция»**

Производство и поставка газов, технологий и услуг для промышленности и здравоохранения.



uni per

**Представительство Юнипер Глобал Коммодитиз СЕ (Германия)**

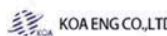
Участие в нефтегазовых и энергетических проектах.



UNIDOM

**АО UNIDOM Co.,LTD**

Инжиниринговые услуги, проектирование и поставка газового оборудования широкого спектра.



KOA ENG CO.,LTD.

**KOA ENG CO., LTD**

Инжиниринг и строительство АГНКС.



KwangShin

**KwangShin Machine Industry Co., LTD**

Производство поршневых компрессоров.

## Специалисты обменялись опытом развития рынка ГМТ

2-5 октября 2018 года в г. Санкт-Петербурге состоялся VIII Петербургский международный газовый форум (ПМГФ–2018), в рамках которого Ассоциация организаций в области газомоторного топлива «Национальная газомоторная ассоциация» (далее – НГА) выступила соорганизатором Международного технического семинара «Газомоторное топливо. Безопасная эксплуатация ТС», Российско-Корейского технического семинара «Газомоторное топливо» и Международной конференции газомоторных ассоциаций – 2018 (IGVAC–2018) «Меры поддержки рынка газомоторного топлива: государственные и региональные уровни».

### Международный технический семинар «Газомоторное топливо. Безопасная эксплуатация ТС»

3 октября состоялся Международный технический семинар «Газомоторное топливо. Безопасная эксплуатация ТС», организованный совместно с ООО «Газпром газомоторное топливо» и Консорциумом NGV Italy. Семинар открыл исполнительный директор НГА Василий Леонидович Зинин, с вступительным словом выступили председатель совета НГА Вячеслав Сергеевич Хахалкин, главный инженер – заместитель генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо», и Марияроза Барони, президент Консорциума NGV Italy.



Эксперт ISO Флавио Мериго поделился сведениями о технологическом решении, повышающем безопасность ГБО. Также его доклад был сконцентрирован на особенностях существующих стандартов в области безопасности эксплуатации газобаллонного оборудования (ГБО). Руководитель испытательной лаборатории ООО «ЭТК «ТЭДЭКС» и эксперт НГА Павел Георгиевич Вишняков доложил об особенностях эксплуатации газобаллонного оборудования

для транспортных средств (ТС) на территории Российской Федерации в соответствии с требованиями ФНИП по промышленной безопасности. Он отметил, что криогенные и иные сосуды со сжатыми и сжиженными газами, предназначенные для обеспечения топливом двигателей транспортных средств, на которых они установлены, не подлежат постановке на учет в территориальных органах Ростехнадзора (пп. 3 п. 215 ФНП). Данное сообщение явилось ответом на многочисленные обращения участников рынка о практике учета газобаллонного оборудования. Генеральный директор ООО «НПФ «Реал-Шторм» Виктор Маркович Фрум представил анализ факторов и рисков, влияющих на безопасную эксплуатацию баллонов 3-го типа, на основе статистических и практических исследований.

Продолжили технический семинар представители и руководители итальянских компаний. Джиованни Маччини (Safe SpA) рассказал о лучших практиках компании по обеспечению безопасности АГНКС, Джиованни Папаньи (SNAM SpA) поделился опытом компании SNAM в области безопасности и описал существующие механизмы регулирования обращения баллонов в Италии. Сергей Пахнюк (Cavagna Group) акцентировал внимание участников на ключевых технологических параметрах, оказывающих влияние на безопасную эксплуатацию ГБО. Руководитель Ивеко (IVECO) в России и Белоруссии Массимилиано Перри выступил с докладом о безопасной эксплуатации ГБО для КПП/СПГ на грузовой технике.

В качестве гостя семинара выступил Гвидо Геррини с презентацией материалов об автопробеге Лиссабон – Владивосток, Турин – Пекин. При поддержке ООО «Газпром газомоторное топливо» Гвидо проехал на личном автомобиле от Атлантического до Тихого океана и обратно с использованием природного газа в качестве моторного топлива.



## Российско-Корейский технический семинар «Газомоторное топливо»

Также в рамках VIII Петербургского международного газового форума состоялся Российско-Корейский технический семинар «Газомоторное топливо», организованный совместно с Корейской газомоторной ассоциацией (KANFV).

Это мероприятие было нацелено на обмен опытом и технологиями, обсуждение возможных направлений сотрудничества по совместным проектам, направленным





Участники семинара



Меморандум подписан

на развитие газомоторного рынка в Российской Федерации. По окончании семинара НГА и KANFV подписали Меморандум о сотрудничестве. В соответствии с Меморандумом стороны будут оказывать содействие налаживанию деловых контактов между потенциальными партнерами, предприятиями и коммерческими структурами Российской Федерации и Республики Кореи, направленных на расширение применения природного газа в качестве моторного топлива во всех отраслях экономики.

## Международная конференция газомоторных ассоциаций – 2018 (IGVAC–2018)

4 октября состоялась Международная конференция газомоторных ассоциаций – 2018 (IGVAC–2018) «Меры поддержки рынка газомоторного топлива: государственные и региональные уровни», организованная НГА совместно с Консорциумом NGV Italy, ООО «Газпром газомоторное топливо» и Gazprom Italia S.p.A. Конференция была посвящена лучшим практикам государственного стимулирования развития рынка газомоторного топлива в различных странах. В мероприятии приняли участие представители Италии, Франции, Китая, Кореи, Японии, Сингапура, Мексики, других стран, а также различных федеральных и региональных органов власти Российской Федерации.

Модератором первой сессии «Стратегия развития национального рынка ГМТ: подходы и результаты» выступил исполнительный директор НГА Василий Леонидович Зинин. С приветственным словом открыл конференцию председатель совета директоров ПАО «Газпром» Виктор Алексеевич Зубков. В своем выступлении Виктор Алексеевич отметил, что для реализации комплексных подходов к развитию рынка газомоторного топлива в Российской Федерации определены два пилотных региона: Белгородская и Ростовская области.



Виктор Алексеевич Зубков

От администрации Президента России с приветственным словом выступил Кирилл Валентинович Молодцов. Он выделил широкий набор существующих инструментов поддержки рынка газомоторного топлива в Российской Федерации и отметил огромный потенциал для их дальнейшего развития.

На подиум был приглашен губернатор Белгородской области Евгений Степанович Савченко, который поддержал реализацию проекта по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива в регионе и заверил, что руководство региона окажет необходимое содействие всем участникам рынка.

С докладом выступила Марияроза Барони, президент Консорциума NGV Italy. Она сообщила, что в Италии насчиты-

вается 1,33 млн транспортных средств на газомоторном топливе, 1279 АГНКС, 27 КриоАЗС и ожидается ввод в эксплуатацию еще 19 КриоАЗС. Также она назвала меры поддержки газомоторного рынка в Италии, к которым относятся следующие:

- бюджетный закон, предусматривающий поддержку развития использования ТС на альтернативном топливе, финансирование инфраструктуры и соответствующего технического обеспечения;
- льготное налогообложение ТС на природном газе;
- доступ в зоны с ограниченным движением транспорта для ТС, использующих природный газ в качестве моторного топлива;
- законодательный акт об обязательстве региональных властей, местных органов и коммунальных служб в сильно загрязненных провинциях закупать как минимум 25 % ТС на альтернативном топливе при обновлении парка автобусов и мусороуборочной техники;
- субсидирование переоборудования коммерческих ТС на ГБО и закупок грузовой техники на КПП и СПГ.

Также выступил генеральный директор «Куньлунь энерджи» Чжао Юнци, который рассказал об использовании СПГ в транспортном секторе Китая. Число автомобилей в Китае на газомоторном топливе в настоящее время составляет 6 млн, в том числе ТС на СПГ 330 тыс. В конце 2017 года в Китае насчитывалось около 2 528 КриоАЗС. Докладчик рассказал о мерах стимулирования газомоторного рынка в Китае. Так, правительством разработан пакет законов, норм и стандартов, связанных с использованием СПГ в качестве газомоторного топлива. Руководство страны и региональные власти поощряют производство автомобилей на СПГ и предоставляют определенные субсидии. Также проводится политика субсидирования на национальном уровне: имеется специальный фонд для коммерческих автомобилей на природном газе, субсидии предоставляются в основном автобусам и общественному транспорту на основании заявления предприятия.



Габриэле Барукко

Опытом развития использования газомоторного топлива на региональном уровне поделился заместитель министра экономического развития правительства Ломбардии (Италия) Габриэле Барукко. Ломбардия – крупнейший и самый населенный регион Италии, в котором живет около 10 млн человек. К тому же, это регион Италии с самыми высокими темпами индустриализации, с самой высокой плотностью дорожного движения, что требует тщательного планирования транспортных и энергетических сетей, особенно таких, которые оказывают минимальное негативное воздействие на окружающую среду. По вышеуказанным причинам возникла необходимость разработки тщательно спланированной программы использования экологичных видов топлива.

Генеральный секретарь NGV Europe Андреа Джерини представил в докладе предложения по согласованию деятельности всех сторон для развития газомоторного рынка Европы на законодательном уровне. Он заверил, что несмотря на то, что в Европе в настоящее время нет единодушия по вопросу перевода транспортных средств на природный газ, существуют объективные предпосылки экономического и экологического характера, благодаря которым рынок газомоторного топлива в Европе будет развиваться весьма быстрыми темпами.

Генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Михаил Владимирович Лихачев выступил с докладом «Газомоторный рынок России: реализуемые меры поддержки и результаты их применения». Ежегодный прирост транспортных средств на КПП на сегодня составляет 3000 ед., а для обеспечения загрузки существующих АГНКС прирост должен составлять 30 000 ТС в год. Государственная поддержка увеличения числа ТС на ГМТ должна включать:

- разработку региональных программ по расширению использования ГМТ;
- предоставление субсидий регионам на закупку техники на ГМТ

и производителям такой техники;

- снижение (обнуление) транспортного налога для транспорта на ГМТ (19 регионов);
- присвоение статуса «масштабный/стратегический проект» (8 регионов);
- выделение субсидии на переоборудование транспорта для работы на ГМТ (Татарстан, Сахалинская область).

По инициативе Группы Газпром совместно с федеральными органами власти отменено государственное регулирование цены на КПП в качестве моторного топлива, для АГНКС снижены расстояния СЗЗ (с 300 до 50 м) и класс опасности (с 3-го до 4-го класса ОПО), разработана официальная терминология в сфере ГМТ (ГОСТ Р 57433–2017), сформированы требования пожарной безопасности к объектам малотоннажного производства и потребления СПГ (СП 326.1311500.2017), обоснована необходимость стратегического программного документа в сфере ГМТ на федеральном уровне.

В своем докладе М.В. Лихачев отметил, что газозаправочная инфраструктура развивается инвесторами без финансовой поддержки и стимулирующих мер. И при помощи государства необходимо увеличить темпы строительства объектов газозаправочной инфраструктуры с помощью мер стимулирования.

Президент Корейской газомоторной ассоциации (KANFV) Вон Шик Шин рассказал об опыте развития ТС на ГБО в Корее. С экономическим ростом страны увеличилось число транспортных средств с 130 тыс. (70-е гг.) до 22,5 млн автомобилей на конец 2017 года, что привело к катастрофическим показателям по загрязнению воздуха. Президент KANFV познакомил собравшихся с основными этапами, которые были проведены для улучшения экологической ситуации в Корее.

В настоящее время в Корее 199 АГНКС и шесть КриоАЗС, зарегистрировано 39 191 ТС, использующих природный газ в качестве моторного топлива (автомобилей 7 051; автобусов 30 889; мусоровозов 1 248). 78 % городских автобусов курсируют на КПП. Меры государственной поддержки включают субсидии на закупку автобусов на КПП, поддержку при выделении земель под строительство АГНКС и др.



На второй сессии, тема которой «Поддержка и стимулирование рынка ГМТ: позиция газомоторной отрасли», модератором выступил заместитель генерального директора по работе с органами власти и реализации зарубежных проектов ООО «Газпром газомоторное топливо» Денис Юрьевич Воробьев. Участников международной конференции поприветствовали первый секретарь посольства Итальянской Республики в России Катерина Джильото и президент Международной группы импортеров СПГ (GIIGNL) Жан Мари Дожер.

О перспективах и мерах поддержки азиатского рынка ГМТ на государственном и региональном уровнях рассказал вице-президент Азиатской газомоторной ассоциации Вильям Оу. Основные стимулы поддержки ТС на газомоторном топливе: ценовая доступность, экологический фактор и энергетическая безопасность.

Развитие азиатского газомоторного рынка пока можно наблюдать только в Китае, где широко распространено использование СПГ и КПГ в транспортном сегменте. Также рассматриваются альтернативные решения – водород в качестве топлива и электромобили. В Индонезии не наблюдается стремительного развития рынка, но нынешнее правительство нацелено на инвестиции в инфраструктуру и создание устойчивого рынка использования природного газа в качестве моторного топлива.



Андрес Байона Инсигнарес

Президент Мексиканской газомоторной ассоциации Андрес Байона Инсигнарес рассказал, что стоимость переоборудования на ГБО в Мексике составляет около 1800 долл. США для легкового автомобиля, а инвестиции окупаются в течение 5-6 месяцев. Годовая экономия при использовании КПГ составляет 5360 долл. В Мексике в 19 городах имеются 35 АГНКС, еще 15 АГНКС в стадии строительства и более 50 новых проектов, реализация которых планируется в 2019-2020 гг. В стране насчитывается около 20 тыс. ТС на КПГ. Планируется развитие продаж КПГ на АЗС и создание многопливных АЗС.

О мерах поддержки рынка ГМТ в Японии доложил президент Газомоторной академии Японии Хиро Хашимото. В Японии 46 316 ТС на КПГ, что составляет всего 0,06 % от общего количества транспорта, 236 АГНКС и две КриоАЗС. При этом производители автомобилей зачастую рекомендуют правительству перейти на электротранспорт, чтобы защитить свой существующий нефтяной рынок. Министерство транспорта совместно с Министерством окружающей среды инициировало проект по созданию грузового автомобиля Isuzu LNG truck в Японии и сопутствующему открытию двух КриоАЗС.

Кроме того, электроэнергетические компании начинают строительство КриоАЗС на своих терминалах СПГ. Планируется использовать СПГ в качестве топлива для перевозки грузовиков-цистерн.

Директор ГАУ «Центр энергосберегающих технологий Республики Татарстан при Кабинете Министров Республики Татарстан» Евгений Васильевич Мартынов доложил о комплексе мероприятий по переводу транспортных средств Татарстана на газомоторное топливо. Постановлением кабинета министров республики от 26.04.2013 г. № 283 утверждена государственная программа «Развитие рынка газомоторного топлива в Республике Татарстан на 2013-2023 годы». С начала реализации программы (2013 год) переоборудовано на КПП 2258 ТС и закуплено 2058, в республике 19 АГНКС. В 2018 году разработана и утверждена правительством республики государственная программа «Строительство автомобильных газонаполнительных компрессорных станций на территории Республики Татарстан» (постановление правительства Республики Татарстан № 789 от 18.09.2018 г.). В рамках программы республика будет выделять земельные участки общей площадью до 30 га для строительства на них АГНКС и размещения ПАГЗ. Ожидаемые результаты государственной программы: ввод 30 АГНКС, закупка 21 ПАГЗ, увеличение ТС на КПП до 3000 ед.

Массимилиано Перри, директор «Ивеко» в РФ, рассказал о мерах поддержки на Европейском рынке. ЕС поддерживает развитие КПП, СПГ и биометана в качестве моторного топлива, позволяя государствам-членам снижать акциз на газовое топливо, стимулировать использование газомоторного транспорта, осуществлять софинансирование станций КПП и СПГ, а также заводов по производству биометана.



Слева направо: Е.В. Мартынов и М. Перри

В Германии начинают применять природный газ в качестве решения проблемы загрязнения окружающей среды через субсидии до 8 тыс. евро для ТС на КПП и 12 тыс. – для ТС на СПГ (максимально до 500 тыс. евро на компанию). В Италии в Национальной энергетической стратегии также предусмотрено субсидирование использования СПГ на транспорте (максимально до 700 тыс. евро на компанию). В Испании предусмотрены льготы на покупку транспортных средств на альтернативных видах топлива, и субсидия составляет 8 тыс. евро.

Франция выступила на конференции Европейской Комиссии с призывом к переводу грузового автотранспорта на природный газ через снижение подоходного налога для компаний-перевозчиков, инвестирующих в транспортные средства на КППГ или СПГ. В Бельгии региональные субсидии на покупку ТС на КППГ и СПГ составляют от 750 до 19 000 евро. В Нидерландах и Ирландской Республике также предусмотрены льготы для автомобилей, использующих природный газ.

От Газомоторной ассоциации Франции с докладом «Популяризация применения СПГ в качестве газомоторного топлива и расширение инфраструктуры» выступил инженер подразделения систем распределения СПГ (Cryostar) Зубиер Саад. Он привел статистику по рынку ГМТ во Франции: 68 АГНКС, 14 КриоАЗС, до конца 2018 года планируется ввод 49 АГНКС и 23 КриоАЗС. Зубиер Саад рассказал о Государственной Программе поддержки экологических средств передвижения и улучшения качества воздуха.

Завершил конференцию доклад генерального директора АНО «Дирекция Московского транспортного узла» Алексея Владимировича Петрова о развитии газомоторного топлива в Московском регионе. Он сообщил, что на территории Москвы есть 10 АГНКС, эксплуатируется 156 автобусов на КППГ и в 2018 году планируется закупка еще 81 автобуса. На территории Московской области – 18 АГНКС, в планах закупка 147 автобусов на КППГ.

Докладчик высказал предложения по стимулированию развития рынка ГМТ в Московском регионе:

- включить в Стратегию развития Московского транспортного узла показатели по закупке экологически чистого подвижного состава организациями городского наземного пассажирского транспорта и таксомоторной отрасли;
- разработать программу по стимулированию перехода на газомоторное топливо железнодорожного, водного и воздушного видов транспорта;
- разработать механизмы по устранению проблемных вопросов в части переоборудования автотранспорта на ГМТ;
- разработать и реализовать пилотные проекты по внедрению СПГ в качестве моторного топлива, в том числе в части развития инфраструктуры и стимулирования перехода потребителей топлива на СПГ.

Выступления докладчиков конференции подтвердили, что во многих странах существуют государственные программы поддержки экологичного

транспорта, работающего на альтернативных источниках энергии, в частности, на природном газе. Эти программы включают различные формы стимулирования перехода на газомоторный транспорт и формирования инфраструктуры, что создает предпосылки для ускоренного развития рынка газомоторного топлива.



# Газомоторная стратегия Москвы

В начале ноября Москва объявила конкурс на закупку новых автобусов, работающих на природном газе. Партия из 181 автобуса большой и особо большой вместимости поступит в филиал Зеленоградского автокомбината ГУП «Мосгортранс». Предприятие уже эксплуатирует автобусы на экологичном и экономичном топливе EcoGas: 155 единиц пассажирского транспорта обслуживают Северный и Северо-Восточные округа города по маршруту от станции метро «Речной вокзал» до международного аэропорта Шереметьево.

Кроме газомоторных автобусов на дорогах столицы появляются и экологичные службы такси. Летом этого года в Москве между «Газпром газомоторное топливо» и компанией «Авто-Трейд-Инвест» подписан договор о переоборудовании 200 автомобилей такси для работы на метане. В планах на 2019 год переоборудование еще 1 000 автомобилей десяти таксопарков Москвы.

Переход к использованию природного газа на транспорте – часть транспортной стратегии Москвы. Сегодня EcoGas – самая эффективная альтернатива дорожающим нефтяным видам топлива: стоимость кубометра природного газа, эквивалентного по расходу литру бензина, обходится автовладельцам в Москве всего за 17,50 руб. Это в 2,5 раза дешевле бензина или дизеля. При этом объем вредных выбросов газомоторного транспорта в окружающую среду минимален!

В 2013 году между «Газпром» и правительством Москвы подписано соглашение об использовании природного газа в качестве моторного топлива. На EcoGas могут быть переведены все виды транспорта: городские и туристические автобусы, легковой, грузовой, легкий коммерческий транспорт, техника дорожно-коммунального хозяйства. Потенциал рынка огромный: сегодня в Москве эксплуатируется более 8 000 автобусов, 10 000 единиц спецтехники, 150 000 легковых такси.

Целевые показатели по использованию метана на пассажирском транспорте закреплены соглашением, подписанным председателем правления ПАО «Газпром» Виталием Маркеловым и заместителем мэра Москвы Максимом Ликсутовым в 2017 году. Согласно документу, к 2025 году парк газомоторных автобусов в городе увеличится не менее чем на 3 000 единиц. В свою очередь «Газпром» обязан обеспечить транспорт современной газозаправочной инфраструктурой общей производительностью не менее 136 млн кубометров природного газа в год.

В настоящее время созданы все условия для масштабного перехода столичного транспорта к использованию природного газа. В Москве и на территории, прилегающей к МКАД, действуют 10 газозаправочных объектов, в их числе четыре станции «Газпром», построенные к Чемпионату мира по футболу FIFA 2018 в России (на улицах Полбина, Кусковская, Ижорская, 109-й км МКАД), а также самая мощная газозаправочная станция в Европе, введенная в эксплуатацию в ноябре 2017 года (ул. Левобережная). К 2019 году у столичного потребителя появится возможность заправлять топливо EcoGas еще на четырех новых АГНКС «Газпром». Газозаправочная сеть компании увеличится до 14 объектов, а производительность – до 175 млн кубометров природного газа в год. Кроме этого, для удобства заправки автопарков предприятий могут быть использованы передвижные автогазозаправщики (ПАГЗ).

Отечественные автопроизводители сегодня выпускают порядка 150 моделей техники на природном газе, которая предлагается официальными дилерами в Москве. Услуги по установке газового оборудования, его обслуживанию и обучению персонала автотранспортных предприятий в столичном регионе оказывают партнерские пункты по переоборудованию транспорта «Газпром газомоторное топливо».

Отдел внешних коммуникаций ООО «Газпром газомоторное топливо»



АГНКС «Газпром» на ул. Левобережная в Москве



АГНКС «Газпром» на ул. Полбина в Москве



## Газ в моторы: итоги автопробега

16

Е.Н. Пронин, координатор проекта «Голубой коридор»

4 октября 2018 года в Санкт-Петербурге успешно завершился очередной ежегодный пробег автомобилей, работающих на природном газе – «Газ в моторы». В этот раз его организовали группа Газпром (координатор от России ООО «Газпром газомоторное топливо»), казахстанский нефтегазовый концерн «КазМунайГаз» (в лице «КазМунайТрансгаз») и китайская государственная корпорация CNPC (КННК – Китайская национальная нефтегазовая компания в лице компании «Куньлунь энерджи»).

В основном этапе автопробега по «Голубому коридору» Россию представляли специальные автомобили УРАЛ Next и КАМАЗ (оба СПГ/КПГ), грузовики КАМАЗ Neo (СПГ+ДТ) и Hyundai (СПГ/КПГ), автобус Lotos (СПГ), легковые машины УАЗ Патриот, Лада Vesta. Вместе с ними на автомобиле Volkswagen Passat EcoFuel компании Uniper следовал российско-германский экипаж. Все легковые машины с битопливной системой питания (КПГ/бензин).



Участники автопробега

Протяженность основного участка маршрута от Жудуна до Санкт-Петербурга у всех машин была немного разная. Это объясняется различными дополнительными пробегами для заправки КПГ, бензином и дизельным топливом. Максимальная дистанция, пройденная по основному маршруту, составила 10,6 тыс. км.

По территории Китая колонна машин прошла 5 200 км, по Казахстану и России – по 2 900 км. Сложение этих цифр даст сумму в 11 тыс. км. Разница объясняется тем, что участники газового марафона прошли разные дистанции, включая заезды на газовые заправки, АЗС, парковки, мойки и гостиницы. Поэтому максимальная протяженность пробега у автобуса Lotos пригородного класса составила 10 631 км. Эта машина регулярно использовалась для доставки всех российских экипажей в гостиницы, места питания и проведения разных мероприятий. А ПАРМ КАМАЗ той же компании «РариТэк» проехала на 846 км меньше, всего 9 785 км. Этот автомобиль не выполнял никаких дополнительных функций.

Маршрут автопробега пролегал по территориям с различным рельефом. Так, в Турфанской низменности участники пробега оказались на 150 метров ниже уровня Балтийского моря, а в горах Тянь-Шаня – на высоте 3 100 метров.

Температура окружающей среды менялась от 9 °С там же в Тянь-Шане до 48 °С в пустыне Гоби.

Встречались участки дорог с сильным встречным ветром. Сопротивление воздуха было такое, что у автомобиля VW Passat расход топлива увеличился с 3 до 5 кг природного газа на 100 км.

Средняя скорость движения колонны смешанного состава была примерно 70 км/ч. Как правило, дневной перегон составлял от 400 до 600 км.

Короткие и продолжительные остановки для отдыха совершались в среднем через полтора часа движения.

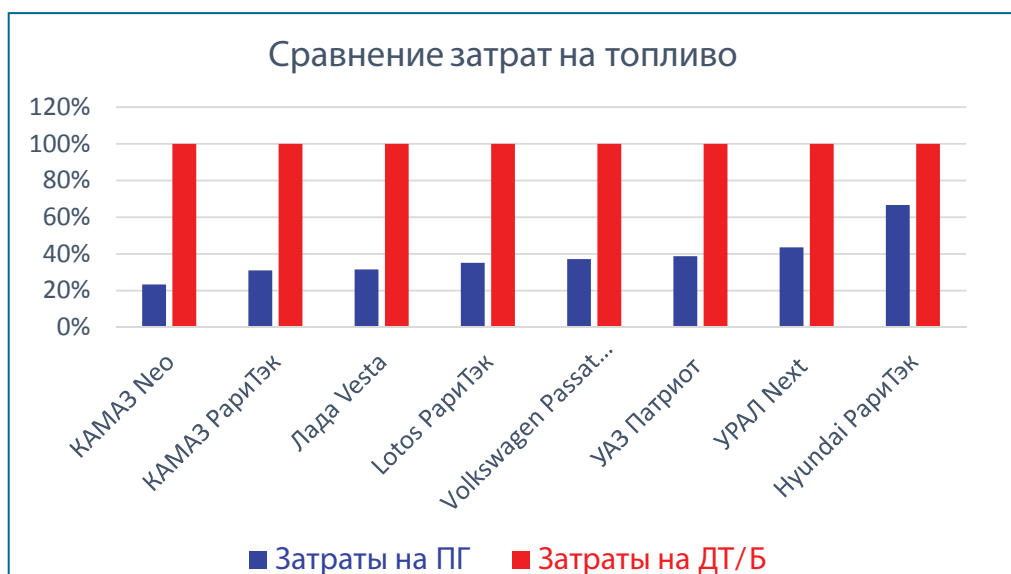


Основным фактором экономической эффективности использования природного газа в качестве моторного топлива остается разница в ценах КПГ, СПГ, СУГ, бензина и дизельного топлива. В странах, участницах автопробега 2018 года, разница цен весьма благоприятная: КПГ в КНР и России примерно в 2,5 раза дешевле дизельного топлива, в Казахстане – в три раза. Из особенностей рынка моторного топлива следует отметить, что в Казахстане и России пока нет коммерческого СПГ, а в Китае отсутствует автомобильный СУГ.

По сведениям экипажей, фактические затраты на топливо у газовых моделей относительно их дизельных и бензиновых аналогов существенно сократились. Особенно это чувствуется при дальних пробегах. Так, например, при общем пробеге 10,5 тыс. км затраты на КПГ + СПГ у газового автомобиля УРАЛ Next снизились на 56 % (минус 119 тыс. рублей). На этом фоне экономия затрат на 33 % у грузовика Hyundai выглядит скромной.

Данные по российским машинам, прошедшим основной этап автопробега «Газ в моторы», приведены на графике.

18



Маршрут автопробега «Газ в моторы» проходил от города Жудун (в 150 км на север от Шанхая на берегу Желтого моря) через Алма-Ату в Санкт-Петербург (в устье Невы на Балтийском море). С точки зрения экономической географии этот маршрут является частью трансконтинентального евразийского сухопутного транспортного коридора от Атлантики до Тихого океана. В древности этот маршрут связывал Азию, Европу и Северную Африку через цепочку торговых путей: Шёлковый, «из варяг в греки», Ганзейский, Янтарный и прочие менее значимые. Роль Шёлкового пути (в данном случае его сухопутного маршрута) продолжает оставаться актуальной для всех стран-участниц автопробега.

Данный проект укладывается в концепцию КНР «Один пояс – один путь» (Belt & Road Initiative). Ее суть в том, чтобы стянуть огромное пространство от Тихого до Атлантического океана единым торгово-экономическим поясом для дальнейшего расширения политического и экономического влияния КНР.

Одним из механизмов развития данного пояса является расширение сервисной инфраструктуры для автотранспорта, обеспечивающей максимальный комфорт и минимальные затраты при доставке людей и товаров от двери до двери, в том числе и с использованием природного газа в качестве моторного топлива. Дополнительным бонусом должно стать значительное повышение экологической безопасности доставки: сокращение выбросов твердых частиц, CO, NO<sub>x</sub>, SO и других вредных компонентов, снижение шума. Применение водородных добавок к природному газу еще больше повысит экологическую и экономическую эффективность газовых автомобилей.

Казахстан преследует, возможно, менее амбициозные задачи. Страна пока не входит в клуб «мировых» фабрик, но, находясь на историческом Шёлковом пути, она должна закрепиться в роли одного из ключевых транзитёров континентального значения в автомобильных и железнодорожных перевозках. Для этого Астана, например, уже создала так называемый «сухой порт» для перевалки грузов в Хоргосе (на своей территории) в рамках проекта МЦПС (Международный Центр Приграничного Сотрудничества) для беспрошленной торговли между Китаем

и Казахстаном. В части газомоторного топлива Казахстан, насколько известно, намерен продолжать развитие сети АГНКС (сейчас в стране работают всего 15 заправок КПП) и приступить к строительству КриоАЗС и КриоАГНКС. Поскольку работа со сжиженным природным газом только началась, Казахстан представляется очень перспективным для широкого сотрудничества по всей технологической цепочке: от малотоннажного сжижения природного газа до его использования на транспорте и в автономной электро- и теплогенерации, а также по части собственного производства компонентов криогенного оборудования.



Газовая заправка в Казахстане

Россия преследует свои цели. Она является и начальным, и конечным пунктом движения товаров, и транзитёром евразийского масштаба. Новый Шёлковый путь должен стать всесезонным дополнением Северному морскому пути. Экологический мотив также вполне очевиден.

Автопробег «Газ в моторы» по маршруту Жудун – Алма-Ата – Санкт-Петербург по восточному участку международного газомоторного «Голубого коридора Лиссабон – Шанхай» успешно завершился. Главный вопрос, на который нужно было дать ответ: готова ли инфраструктура трех стран к массовому пропуску автомобилей на КПП и СПГ из Европы через Россию в Китай и обратно? Ответ, увы, неудовлетворительный: к обеспечению автотранспорта газовым топливом (КПП и СПГ) из трех стран готов только Китай. В Казахстане и России еще есть участки дорог протяженностью 400 и более километров, исключающие возможность использования техники, работающей исключительно на КПП. В части СПГ говорить о регулярном автомобильном сообщении пока не приходится. Строительство объектов СПГ-инфраструктуры только начинается. Так, на закладке камня в основание новой КриоАЗС на трассе М11 в Окуловке (Новгородская область) руководители области, Газпрома и Росавтодора пообещали, что она начнет заправлять автотранспорт в 2020 году.

Для запуска сквозного грузового сообщения на СПГ, например, по маршруту Шанхай – Алма-Ата – Москва – Минск – Берлин на казахстанском и российском участках необходимо организовать 13-15 точек заправки автотранспорта СПГ с шагом размещения не более 400 км. Необходимо также построить 5-6 АГНКС и «залатать имеющиеся дыры». Во время автопробега заправку в таких местах обеспечивали мобильные средства.

При этом развитие нового Шёлкового пути стимулирует рост газозаправочной сети не только на территории России и Казахстана, но также в странах Восточной Европы, а также в Турции.



Заправка СПГ в Китае

Трансконтинентальный автопробег «Газ в моторы» 2018 года показал, что сама по себе возможность доставки людей и товаров через всю Евразию в техническом отношении сомнений не вызывает. Это быстрый и комфортный способ! При этом для повышения экономических и экологических показателей такого способа транспортировки необходимо ускоренное развитие газозаправочной инфраструктуры. Очевидно, что быстрее и легче эту задачу можно решить с широким привлечением частных инвесторов.

Источники:

CNPC, Metanograph, Uniper,  
АвтоВАЗ, Газпром газомоторное топливо,  
КамАЗ, КуньлуньЭнерджи, РариТэк, УАЗ, Урал, Росавтодор

### Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

В связи с тем, что Международный научно-технический журнал Национальной газомоторной ассоциации «Транспорт на альтернативном топливе» включен в обновленный Перечень ВАКа, просьба ко всем авторам строго выполнять следующие требования при подготовке статей к публикации:

1. Все научно-технические статьи должны иметь **на русском и английском языках** следующие составляющие: **заголовок, ФИО авторов полностью, их должности, ученая степень (при наличии), контакты (e-mail, телефоны), аннотации, ключевые слова.**
2. Все английские тексты следует набирать только строчными буквами, сохраняя начальные прописные буквы в именах собственных.
3. Авторы остальных публикаций (информационных, рекламных и т.д.) представляют на русском и английском языках: **заголовок, ФИО авторов полностью, их должности, адрес и контакты (e-mail, телефоны).**

Редакция журнала также доводит до сведения авторов требования, которые необходимо соблюдать при подготовке статей для публикации.

Материалы статей должны быть представлены по электронной почте в программе WinWord. Объем статьи – не более 15 000 знаков с пробелами.

Представленный текстовый материал с иллюстрациями и таблицами должен иметь сквозную нумерацию. Графический материал должен быть выполнен в формате, обеспечивающем ясность всех деталей рисунков. Формулы и символы должны быть четкими и понятными. Все обозначения в формулах необходимо расшифровать. Нумеруются только те формулы, на которые сделаны ссылки в тексте. Обозначения физических величин и единиц измерений необходимо давать

в Международной системе единиц (СИ). Обязательно соблюдение действующих ГОСТов. Текст и таблицы должны быть выполнены в программе Word в формате doc, rtf. Фотографии и графические рисунки (не менее 300 dpi, CMYK) – в формате jpg, jpeg, tiff, pdf. Не следует форматировать текст самостоятельно.

При пересылке материалов по e-mail следует сопроводить их пояснительной запиской (от кого, перечень файлов и т.д.). Объемные файлы должны быть заархивированы. При подготовке статей к печати необходимо руководствоваться документами, определяющими правила передачи информации через СМИ. Авторский коллектив должен указать ответственного лица, с которым редакция будет вести переговоры в процессе подготовки статьи к изданию. В список литературы включаются источники, на которые есть ссылки в статье. Ссылаться можно только на опубликованные работы. Список литературы составляется в порядке употребления. В нем приводятся следующие сведения: фамилия и инициалы авторов, название работы; для журнала – название, год издания, номер, страницы, на которых размещена статья; для книг – место и год издания, издательство, общее число страниц. Редакция оставляет за собой право редакторской правки и не несет ответственности за достоверность публикации. Все внесенные изменения и дополнения в представленную к изданию статью согласовываются с автором или представителем авторского коллектива.

Редакция оставляет за собой право размещать опубликованные статьи на сайтах журнала и Национальной газомоторной ассоциации. Редакция не передает и не продает материалы для публикации в других печатных и электронных изданиях без согласования с автором (представителем авторского коллектива).

## Выставка GasSuf 2018: рост числа посетителей на 6 %



С 23 по 25 октября в Москве, в КВЦ «Сокольники» состоялась 16-я Международная выставка газобаллонного, газозаправочного оборудования и техники на газомоторном топливе GasSuf.

В этом году в выставке приняли участие 53 компании из 12 стран мира, которые продемонстрировали технологические разработки в области использования газомоторного топлива (ГМТ) и тенденции развития рынка ГМТ в России. Более половины участников – это иностранные компании из Аргентины, Белоруссии, Великобритании, Германии, Индии, Италии, Китая, Кореи, Польши, Турции и Чехии.



Общая площадь экспозиции составила почти 2500 м<sup>2</sup>. За три дня работы выставку посетил 1901 специалист из 26 стран мира и 67 регионов России. По сравнению с прошлым годом, рост числа посетителей составил 6 %, при этом 1616 человек из них – это потенциальные байеры.

Более 20 новых компаний представили продукцию в разделе газобаллонного и газозаправочного оборудования.

На своем стенде компания «Газпарт 95» (DIGITRONIC) презентовала рестайлинг-версию редуктора Аляска Super линейки AT09 Nordic. Главные преимущества редуктора – увеличение поддерживаемой мощности до 125 кВт и улучшение работы в режиме CUT-OFF.

Компания «Дажь-Газ» представляла баллоны завода «Харпромтех», фильтры Reinigenfilter, ГБО 2-го и 4-го поколений YOTA и Alaska. Также с баллонами для КПП/СУГ можно было ознакомиться на стендах следующих компаний: Jiaxing E-xon Power Technology (Китай), БАЛСИТИ (Россия), Евразия-Сервис (Россия), НЗГА (Белоруссия), турецких компаний Atiker, RoyalGas, SAKA LPG, Tu-gra Makina и других.





Стенд НГА

Компания Certools предлагала посетителям ознакомиться с фильтрующими элементами и приспособлениями, предназначенными для конверсии газа.

Компания «Резол Автогаз», эксклюзивный продавец компании Lovato Gas S.p.A, продемонстрировала посетителям полный спектр систем и компонентов для использования пропана и метана как альтернативу бензину и дизелю.

Большая линейка деталей (штуцеры, датчики температуры, подводки для газа, втулки, нажимные болты, гайки, регуляторы потока, хомуты, держатели, крепления) была представлена на стенде польского производителя, компании GOMET.

Широкий ассортимент клапанов и регуляторов для баллонов СУГ посетители могли увидеть в экспозиции индийской компании Kanaiya Brass Products.

На стендах компаний AG Centrum, GlobalGas, HL Propan, E-xon, LPGTECH, Nazorati, «АвтогазЭксперт», «ЕвропаГаз», МВиФ, НПП «Славгаз» были продемонстрированы переключатели, редукторы, инжекторы, фильтры и многие другие автокомпоненты для работы транспорта на сжиженном и компримированном природном газе.

Компания «Ультра Телеком» представила цифровой датчик уровня газа для ГБО, который может измерять литраж с высокой точностью и контролировать критический уровень топлива в баллоне.

Компания VITKOVICE представила транспортный контейнер для перевозки КПП и других технических газов под давлением 25 МПа и с рабочей температурой от  $-40$  до  $+65$  °С.

На стендах компаний Graf Sp.A, «МотоГаз», «Ника НПК» можно было увидеть компрессоры для АГНКС и заправочные колонки для метана.

Решения по проектированию и строительству АГНКС «под ключ» представляли компании FORNOVO GAS, Levitek, «Ленпромавтоматика» и «Кировский завод Газовые Технологии».

Все дни выставку сопровождала насыщенная деловая программа. Генеральным спонсором деловой программы выступила компания «Газпарт 95».

23 и 24 октября в рамках выставки прошла конференция «Развитие газозаправочной структуры и использования транспорта на ГМТ». На ее открытии с приветственным словом выступил исполнительный директор Национальной газомоторной ассоциации Василий Леонидович Зинин. Он подчеркнул, что президентом России дан новый импульс для развития газомоторной отрасли. Так, в качестве пилотных регионов выбраны Ростовская и Белгородская области, в которых будет внедряться в тестовом режиме комплексный подход к развитию рынка. Василий Леонидович пожелал участникам выставки GasSuf продуктивной



Конференция «Развитие газозаправочной структуры и использования транспорта на ГМТ»

работы и выработки совместной позиции для развития и поддержки отрасли.

В рамках сессии первого дня «Развитие газозаправочной инфраструктуры и транспорта на газомоторном топливе» выступил помощник заместителя министра энергетики Российской Федерации Дмитрий Александрович Мельников. Он представил концепцию подпрограммы «Развитие рынка газомоторного топлива» государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики». Ключевым аспектом подпрограммы является опережающее развитие газозаправочной инфраструктуры. На начальном этапе активные меры государственной политики должны дать толчок к развитию рынка. К этим мерам относятся финансовая поддержка в виде компенсации части затрат предприятиям, осуществляющим инвестиции в строительство объектов газозаправочной инфраструктуры с учетом их перспективной мощности, нормативное закрепление перевода на газомоторное топливо транспорта бюджетных организаций, общественного транспорта, техники дорожно-коммунальных служб и специального назначения. В открытом диалоге сессии приняли участие представители компаний «Газпром газомоторное топливо», НОВАТЭК, «Региональная Газовая Компания», «Газэнергосеть Тамбов», «Нефтьмагистраль» и FORNOVO GAS, которая выступила и партнером сессии.

Сессия второго дня была посвящена теме «Эксплуатация транспорта на ГМТ и установка ГБО». Участники сессии обсудили следующие вопросы: регистрация переоборудования автотранспорта на ГБО; безопасность эксплуатации автомобилей; требования к организациям, выполняющим услуги по установке ГБО; сертификация автосервиса на соответствие услуг по переоборудованию и техническому обслуживанию ТС; соответствие техническим требованиям к установке ГБО и техническому обслуживанию; применение технического регламента 018/2011 при внесении изменений в конструкцию ТС при установке ГБО. В заключение сессии генеральный директор транспортной компании KLavto рассказал о своем опыте перевода автопарка на метан с оценкой экономической эффективности.

В третий день, 25 октября, прошел семинар от генерального спонсора деловой программы компании «Газпарт 95». Семинар был посвящен газодизельным системам: принципам работы, оборудованию, настройкам.

**В 2019 году 17-я Международная выставка газобаллонного, газозаправочного оборудования и техники на газомоторном топливе будет проходить с 22 по 24 октября в КВЦ «Сокольники».**



# СПГ рвется в море

24

**Ужесточение международных экологических требований стимулирует судовладельцев переходить на альтернативные виды топлива, в первую очередь на СПГ. Это потребует от участников рынка внедрения новых технологий, создания портовой СПГ-инфраструктуры и совершенствования нормативной базы.**

Отрасль находится на пороге очередной топливной революции, и на этот раз фаворитом становится газомоторное топливо, которое вскоре начнет вытеснять традиционные виды судового топлива – мазут, дизель и т.д.

Россия, как многие ведущие морские державы, прорабатывает меры господдержки для стимулирования судоходства на газомоторном топливе. Об этом зарубежные и отечественные специалисты – представители министерств, ведомств и заинтересованных компаний – рассказали в ходе II конференции «СПГ-флот и СПГ-бункеровка в России», организованной медиа-группой «ПортНьюс».

Характеризуя ситуацию, президент Российской палаты судоходства Алексей Клявин отметил, что в настоящее время на мировом рынке судоходства отмечается переизбыток судов, использующих традиционное топливо. Это, в свою очередь, влияет на уровень фрахтовых ставок, которые сегодня находятся на историческом минимуме.

«В сложившихся политических и экономических условиях ужесточение экологических требований на глобальном уровне, несомненно, стало инструментом конкурентной борьбы. Наша задача – не отстать в использовании и внедрении новых технологий в отечественном судоходстве», – подчеркнул Алексей Клявин.



Василий Зинин

Вместе с тем, как признал исполнительный директор Национальной газомоторной ассоциации Василий Зинин, уже как минимум десятилетие обсуждаются планы по внедрению СПГ в качестве судового топлива, однако воплощение их в жизнь только начинается. В мире количество судов-бункеровщиков и портов, где осуществляются операции по СПГ-бункеровке, – пока исчисляется единицами. «Мы находимся на первом этапе развития глобального рынка и это должно добавить нам энтузиазма. В настоящее время необходимо сконцентрироваться на трех направлениях: строительстве заводов СПГ, формировании портовой инфраструктуры для бункеровки газомоторным топливом и создании судов-бункеровщиков, а также флота, использующего СПГ», – резюмировал Василий Зинин.

Активизировалась работа по формированию нормативной базы для использования СПГ в качестве судового топлива. По инициативе ООО «Газпромнефть Марин Бункер» в России зарегистрирован стандарт ISO 20519:2017 «Суда и морские технологии. Требования к бункеровке судов, использующих СПГ в качестве топлива».

«Система регулирования бункеровки СПГ в России полностью не выстроена, но зачатки такого регулирования присутствуют, – высказал свое мнение на конференции заместитель руководителя АМП Приморского края и Восточной Арктики Виталий Ключев. – Сегодня достаточно отрегулировать особенности процесса бункеровки для каждого морского порта».

Безусловно, государству совместно с бизнесом предстоит продолжить работу по совершенствованию механизмов, регулирующих и стимулирующих внедрение газомоторного топлива в судоходство. И первые шаги в этом направлении уже сделаны.

# Экономические предпосылки использования СПГ в качестве моторного топлива

Прогнозы развития мирового энергетического рынка, ежегодно публикуемые профессиональным сообществом, демонстрируют неуклонный рост энергопотребления. На долгосрочный прогноз развития мирового энергетического рынка влияет огромное число факторов макроэкономического, демографического, технологического и институционального характера. Также существенное влияние оказывает ценовая конъюнктура на рынке энергоносителей, сложившаяся в настоящее время. Парижское соглашение стало вызовом мировой экономике и энергетике, поставив условие о снижении выбросов парниковых газов.

В ближайшие десятилетия ожидается целый ряд преобразований, которые изменят и усовершенствуют энергетическую отрасль. В транспортном секторе усилия ученых и специалистов направлены на повышение экономии топлива при автомобильных и коммерческих перевозках. В условиях планомерного ужесточения требований к содержанию оксидов серы, азота и углерода, а также твердых частиц в выбросах достижению этой цели будет способствовать использование альтернативных, более экологичных видов топлив. В результате создается межтопливная и технологическая конкуренция, которая определит будущее транспортного сектора в энергетике.

Как отмечалось в прошлом выпуске журнала<sup>1</sup>, для использования СПГ в качестве моторного топлива существуют экологические и технологические, а также инфраструктурные, организационные и регулятивные предпосылки, которые образуют надежную платформу для формирования сектора СПГ-бункеровки на морском транспорте. Возможно, что скорость проникновения СПГ во многом будет зависеть от объемов нефтепродуктов, вытесняемых в аналогичном сегменте торговли.

Текущий мировой уровень потребления бункерного топлива составляет порядка 200 млн т н.э. в год. При этом доля СПГ в качестве бункерного топлива крайне низка, и по оценкам экспертов, в 2017 году объем потребления СПГ составил всего 0,65 млн т н.э. Форсированное развитие судоходства создает хорошие перспективы для роста потребления энергоресурсов в этом секторе. Основная роль здесь принадлежит морскому торговому и рыболовному флоту.

Определяющим фактором регионального спроса на бункеровку является интенсивность движения судов. Объемы спроса зависят, в первую очередь, от количества заходов судна в местные порты, масштабов портовой деятельности, оборота тоннажа, географии морских путей в регионе, близости оживленных судоходных маршрутов и обслуживания транзитных судовых потоков.

Устойчивый спрос на бункеровку формируется в ключевых портах океанских и морских сообщений (рис. 1), где суда пополняют запасы топлива. Малозначимые

1. «Транспорт на альтернативном топливе», № 5 (65), 2018 г., стр. 13-22.



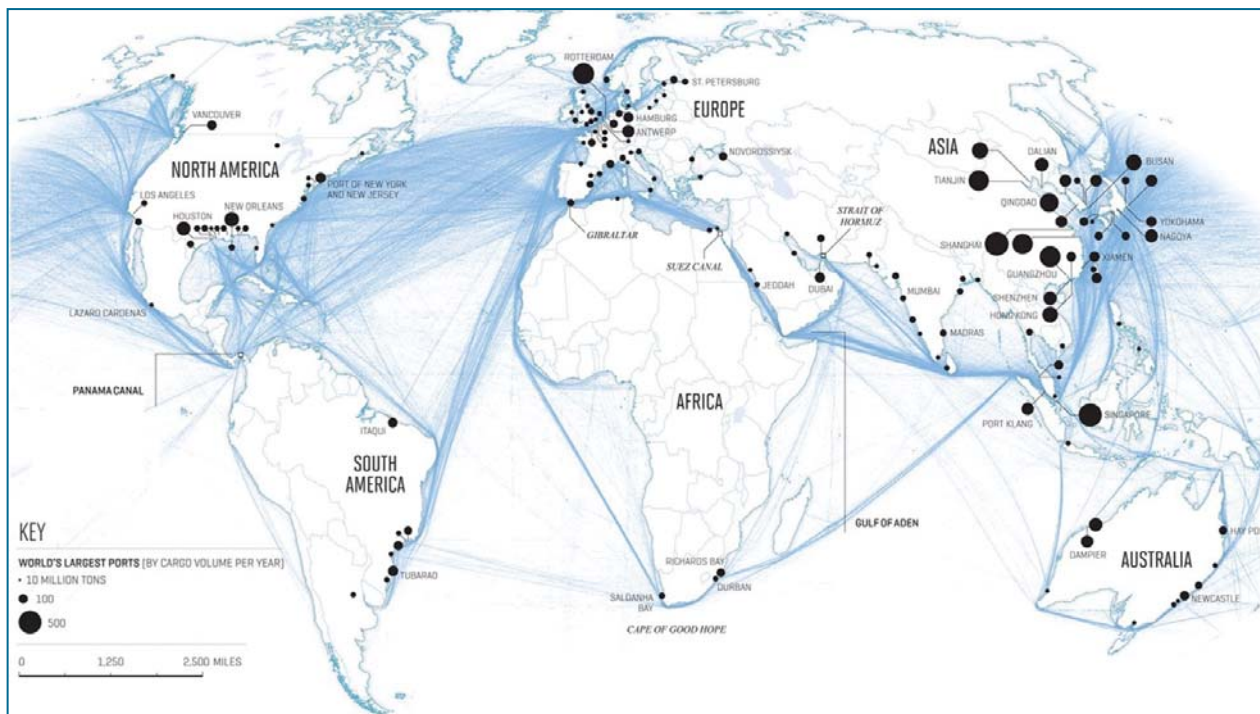


Рис. 1. Основные маршруты движения морских судов в мире

для торговли, такие порты превращаются в крупные бункеровочные центры международного значения с большим годовым объемом продаж судового топлива (Фуджейра, Гибралтар и др.). Интенсивные транзитные судопотоки создают высокий спрос на топливо и в зонах основных каналов (Суэцкий, Панамский).

Перспективы дальнейшего развития мирового бункеровочного рынка в целом оцениваются соизмеримо тренду роста международного морского судоходства на 2...2,5 % в год. Годовая потребность мирового торгового флота в топливе к 2050 году может достигнуть уровня 402...543 млн т н.э. в год. Такие цифры получены на основе предварительного прогноза<sup>2</sup> роста мирового флота до 125...170 тыс. судов к 2050 году. Прогнозные оценки спроса на СПГ-бункеровку очень различны: мировое потребление СПГ в качестве судового топлива к 2030 году может составить от 20 до 70 млн т СПГ. При этом доля СПГ на морском транспорте не превысит 15 % ожидаемого объема общемирового потребления бункерного топлива. Попробуем разобраться в обоснованности таких прогнозов.

Основным способом сокращения вредных выбросов считается использование топлива с низким содержанием серы. Повышенный спрос на такое топливо способствует росту цен. Текущие котировки цен на низкосернистое морское дизельное топливо – MGO (DMA),  $S \leq 0,1\%$  – в среднем на 150...250 долл./т выше по сравнению с ценами на мазут с содержанием серы до 3,5 % (IFO с максимальными вязкостями 180 и 380). Основная причина того, почему так мало судов сейчас используют экологически выгодное топливо, заключается в том, что оно получается экономически невыгодным. Таким образом, судовладельцам остается выбор: либо устанавливать скрубберы, либо использовать альтернативные виды топлива.

Если условно рассчитать цену СПГ для бункеровки в привязке к торговой площадке TTF, то получится, что она значительно ниже, чем цена на MGO, и в большей степени конкурирует с мазутом IFO 380. По некоторым оценкам, использование СПГ позволит сэкономить порядка 1,3 млн долл. на судно в год по сравнению с использованием низкосернистого топлива.

2. Предварительный прогноз компании ЛУКОЙЛ, 2013.

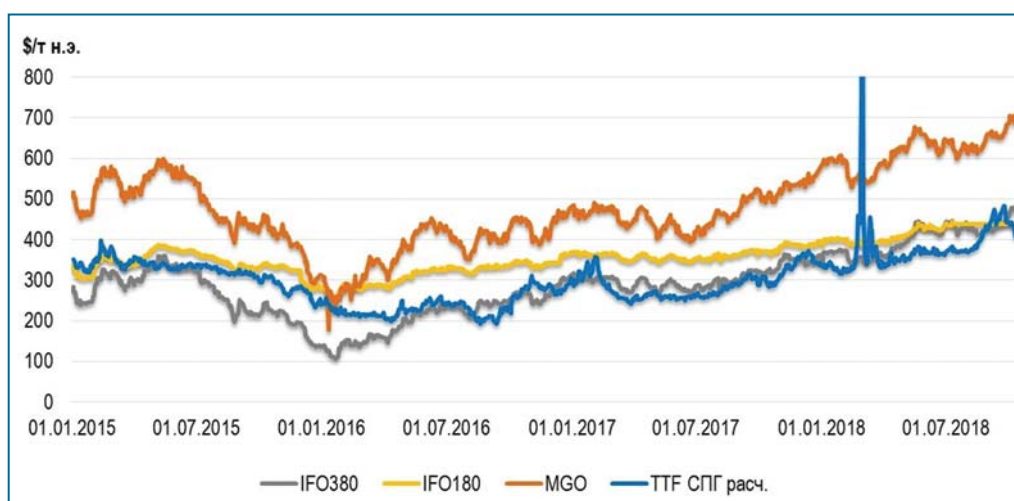


Рис. 2. Цены на основные виды бункерного топлива в порту Роттердам, 2015-2018 гг.

Источник: Bloomberg, собственные оценки

В результате стоимость СПГ в качестве моторного топлива в Нидерландах составляет 60...70 % стоимости экологичного морского дизеля (рис. 2). С учетом того факта, что затраты на топливо в эксплуатационных расходах каждого судна достигают 20...30 %, ценовое преимущество можно считать главной экономической предпосылкой перехода на СПГ в качестве судового топлива со стороны потребителей.

Однако для принятия окончательного решения о переходе на СПГ необходимо сравнить получаемые ценовые преимущества с необходимыми капитальными затратами на переоборудование судна.

Когда компании начинают рассматривать для себя возможность использования СПГ с целью снижения вредоносных выбросов и топливных издержек, также учитываются и альтернативные варианты соблюдения норм содержания вредных веществ в судовом топливе. Как уже говорилось, одним из вариантов может быть использование оборудования по очистке судовых выхлопов (скрубберы). По некоторым оценкам, это наиболее эффективный способ ввиду быстрой окупаемости (менее 5 лет), особенно для крупнотоннажных судов. Согласно новому экспертному докладу, опубликованному шведской финансовой компанией SEB, к 1 января 2020 года ожидается, что примерно 2 000 судов мирового торгового флота (около 3 %) будут оборудованы скрубберами. К примеру, Maersk уже установила скрубберы на 750 контейнеровозах. Компания для начала решила инвестировать в развитие этой технологии. Аналогично крупнейшие судовладельцы Spliethoff, Frontline, DHT и Star Bulk выбрали скрубберы для выполнения требований Международной морской организации (ИМО) к содержанию серы в судовом топливе.

В свою очередь, германский контейнерный перевозчик Hapag-Lloyd решил не торопить события и провести свой сравнительный анализ. В итоге Hapag-Lloyd объявила, что для соответствия новым требованиям ИМО, ей придется потратить порядка 1 млрд долл. В 2019 году компания поставит системы очистки на два контейнеровоза вместимостью 13 тыс. TEU (от англ. twenty-foot equivalent unit, двадцатифутовый эквивалент – условная единица измерения вместимости грузовых транспортных средств) и переоборудует одно из судов под использование СПГ в качестве топлива.

Мировое сообщество выражает сомнение в том, что скрубберы могут быть в долгосрочной перспективе экологически устойчивыми из-за отсутствия системы очистки сбрасываемых за борт растворов солей. На двух паромах компании DFDS, курсирующих между Клайпедой и Европой, установлены скрубберы. Однако мер по приему и утилизации их отходов портовые власти не приняли до сих пор. Вполне возможно, что следующим этапом ограничений МАРПОЛ станет запрет на сброс в воду этих отходов.

При относительно небольших инвестициях (3...10 млн долл. США) в установку скрубберов на судно дополнительными затратами является закупка необходимых расходных материалов – присадок типа AdBlue, использование которых является обязательным в зоне Балтийского моря. С учетом полного цикла затрат период окупаемости внедрения и использования скрубберов возрастает с одного года до трех лет. В табл. 1 приведен сравнительный анализ альтернативных видов топлива при переоборудовании судов.

Таблица 1

### Сравнительный анализ использования альтернативных видов топлива

Альтернативные виды топлива/устройства	Вместимость судна	Капитальные затраты	Операционные затраты
СПГ	Ограничена	++	-
Морское низкосернистое топливо	Не ограничена	-	++
Дизель/скруббер	Немного ограничена	+	+

**Примечание:** ++ очень высокий уровень; + высокий уровень; – низкий уровень.

Период окупаемости проектов по переводу судов на СПГ (рис. 3-5) во многом зависит от нескольких факторов: продолжительности пребывания в районах контроля выбросов (ЕСА), грузоподъемности и размеров судна, а также спреда между видами топлива. Рассмотрим возможное влияние этих факторов.

Если пребывание судна в районах ЕСА превышает 25 % времени рейса, период окупаемости переоборудования, например, большого контейнеровоза, составляет до 3 лет. С увеличением времени пребывания до 60 % период окупаемости для всех типов судов сокращается до 1...2 лет (рис. 3). Однако, стоит отметить, что пребывание крупных судов в районах ЕСА, как правило, непродолжительно. К таким районам относятся, в основном, прибрежные зоны, которые являются частью межконтинентальных коридоров. Наиболее восприимчивыми к переходу на СПГ станут небольшие суда с дедвейтом до 4600 TEU.

Как уже отмечалось, ценовой фактор является главной экономической предпосылкой для перехода на СПГ. В случае, если спред между СПГ и мазутом будет более 210 долл./т н.э., период окупаемости перевода судна на СПГ абсолютно любых размеров составит всего около одного года, даже с учетом дополнительных затрат на установку СПГ-танков.

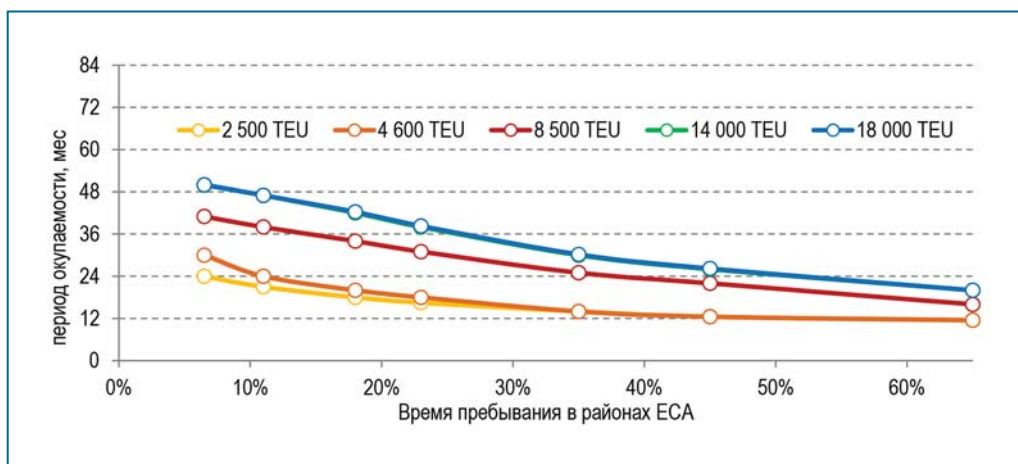


Рис. 3. Период окупаемости перевода судов различных типов на СПГ в зависимости от времени пребывания судна в районах ЕСА

Источник: Germanischer Lloyd SE

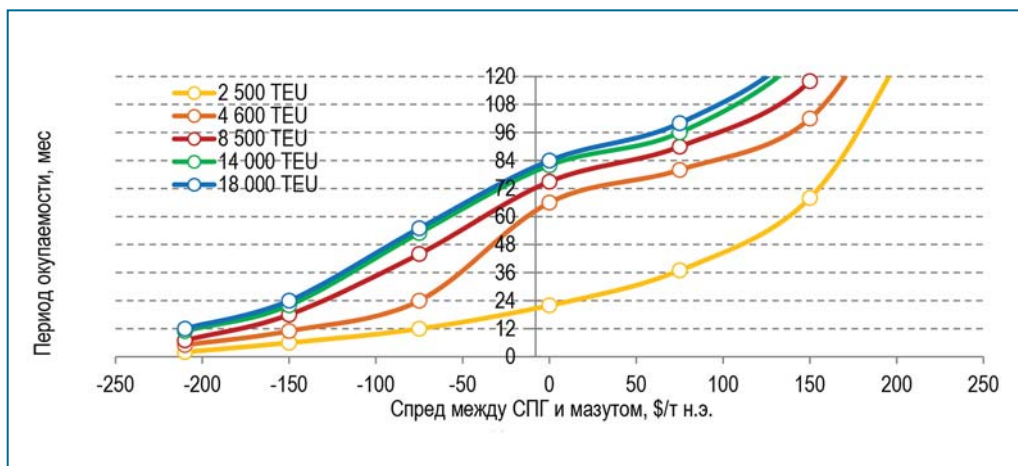


Рис. 4. Период окупаемости перевода на СПГ судов различных типов в зависимости от ценового дифференциала топлив

Источник: Germanischer Lloyd SE

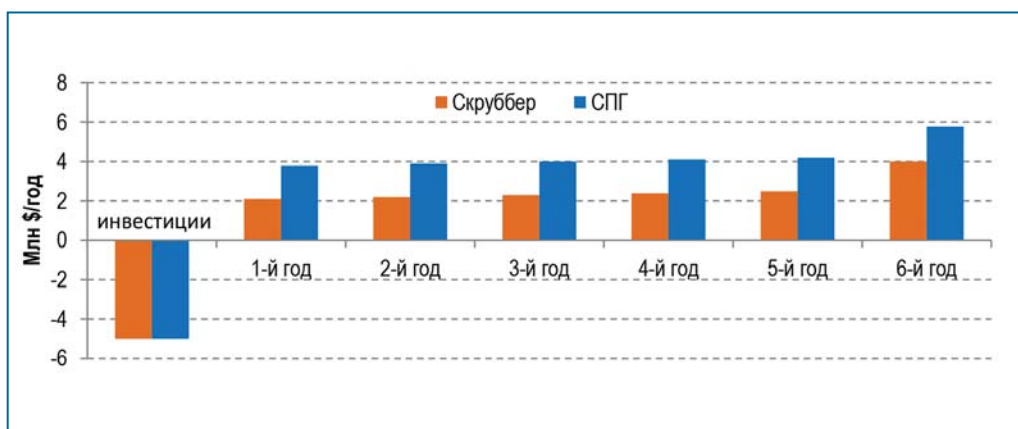


Рис. 5. Стоимостные преимущества перевода небольших судов (2 500 TEU) на СПГ

Источник: Germanischer Lloyd SE

В настоящее время экономически наиболее целесообразно осуществлять перевод небольших судов на СПГ (рис. 5). В этом случае снижение затрат на топливо скомпенсирует дополнительные операционные расходы (на обучение персонала, запчасти и ремонтные профилактические работы). При этом вложенные средства окупятся уже через 2...3 года, тогда как инвестиции в установку скрубберов – через 3...4 года.

В случае строительства нового судна преимущества СПГ в качестве судового топлива более чем очевидны. Несмотря на большой объем инвестиций (на 17...20 % по сравнению с судами на мазуте) за счет экономии на стоимости топлива строительство новых судов на СПГ более выгодно по сравнению с другими альтернативами (табл. 2).

Таблица 2

### Стоимость строительства новых судов с различными типами используемого топлива

Судно	Тип топлива			
	Морской дизель	Морской дизель + мазут	Мазут + скруббер	СПГ
Сухогруз, млн долл. США	50,0	50,5	54,0	58,5
Ролкер, млн долл. США	72,0	72,7	77,8	84,2

По данным международной сертификационной и классификационной компании DNV GL, на начало 2018 года мировой флот судов на СПГ составлял всего 121 судно, и на 126 судов были оформлены заказы на строительство. Лидером в использовании СПГ-судов является Норвегия, на которую приходится половина флота на СПГ – 61 судно. Пока доля СПГ-судов в мировом флоте очень мала.

Учитывая вышеизложенное, можно отметить, что переход на СПГ в качестве моторного топлива является экономически наиболее привлекательным способом для соблюдения всех действующих экологических норм. Сжиженный природный газ может занять существенную долю в объеме общемирового потребления бункерного топлива.

В отношении конкуренции со скрубберами следует добавить, что срок окупаемости скрубберов во многом зависит от типа и размера судна. Переоборудование судна под СПГ не всегда возможно, зависит от стоимости топлива на рынке, а также от развитости инфраструктуры. Поэтому решение относительно установки систем очистки будет приниматься судовладельцем исходя из особенностей флота, географии плавания, экономики и других важных параметров. Владельцы будут составлять маршруты для своих судов с учетом варианта или решения, которые будут для них наиболее коммерчески выгодными.

Своевременное развитие инфраструктуры, строительство новых судов на СПГ и сохранение ценовых преимуществ СПГ могут кардинальным образом изменить мировое судоходство.

# Обзор лучших практик стимулирования развития рынка ГМТ в странах присутствия Gazprom EP International B.V.

**А.А. Лухтан**, начальник отдела технического обеспечения инфраструктурных проектов Gazprom EP International B.V.,  
**А.М. Митрохин**, главный специалист отдела технического обеспечения инфраструктурных проектов Gazprom EP International B.V.,  
**И.В. Сидоров**, главный специалист отдела технического обеспечения инфраструктурных проектов Gazprom EP International B.V.,  
**Е.А. Чебаненко**, специалист отдела технического обеспечения инфраструктурных проектов Gazprom EP International B.V.

Сегодня Gazprom EP International B.V. ведет деятельность на трех континентах в 17 странах мира. Основной профиль – это разведка и добыча углеводородов, однако в последнее время компания активно развивается в области монетизации добываемых углеводородов и стремится выстраивать интегрированные цепочки газового бизнеса, в том числе, осваивая сегмент газомоторного топлива (ГМТ).

В качестве наиболее перспективного направления применения газомоторного топлива Gazprom EP International B.V. видит использование сжиженного природного газа (СПГ) для магистрального, железнодорожного и водного транспорта, карьерной и сельскохозяйственной техники в странах присутствия, например, таких как Боливия, Вьетнам и Узбекистан.

## Боливия

Боливия является одной из стратегически важных стран для Группы Газпром и Gazprom EP International B.V. На данный момент компания планирует нарастить долю добычи газа на месторождениях с участием Группы Газпром до 25...30 % всего производства голубого топлива страны.

Руководство Многонационального Государства Боливии уделяет большое внимание развитию рынка газомоторного топлива в стране. Так, при Министерстве углеводородов создан отдельный исполнительный орган по организации перевода автотранспортных средств на ГМТ Entidad Ejecutora de Conversion a Gas Natural Vehicular (EEC-GNV), в задачи которого входят разработка и внедрение нормативно-правовой базы в области ГМТ, перевод транспортных средств на ГМТ, сертификация и аттестация сервисных центров по переоборудованию, контроль за оборотом газобаллонного оборудования, учет реализации природного газа в качестве моторного топлива на заправочных станциях, а также контроль за отчислениями с каждого проданного кубического метра топлива в специальный Фонд по переводу транспорта на ГМТ. Кроме того, в Боливии действует государственная про-



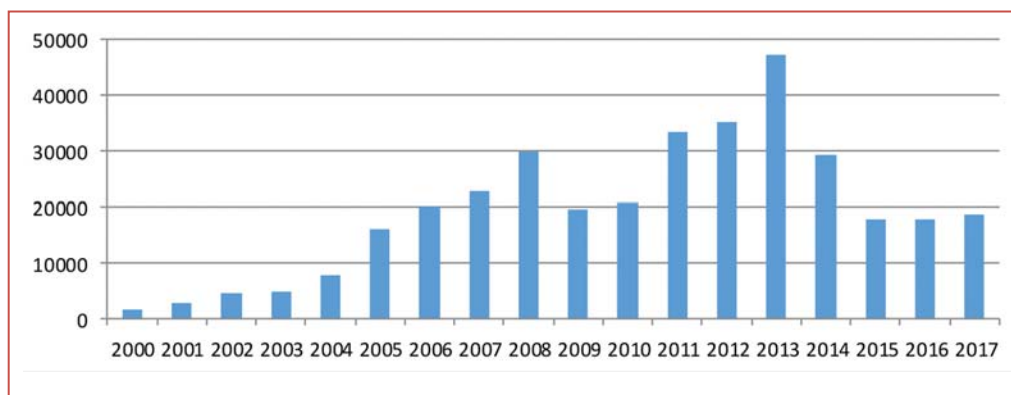


Рис. 1. Динамика численности автомобилей на ГМТ в Боливии, ед.

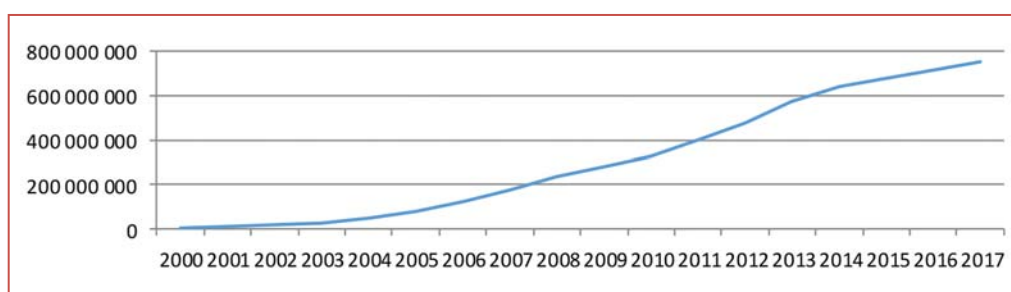


Рис. 2. Объем реализованного ГМТ в Боливии, м³

грамма бесплатного перевода транспорта на ГМТ. Функция контроля за исполнением этой программы возложена также на ЕЕС-GNV.

Общее количество транспорта, переведенного на сжиженный природный газ (СПГ), по состоянию на 2018 год составляет около 400 тыс. единиц, из них 359 601 ед. переведена за период действия мер финансовой поддержки с 2000 по 2017 г. (рис. 1).

Подобный рост числа автомобилей, работающих на ГМТ, позволил существенно нарастить уровень потребления ГМТ в стране (рис. 2).

Стоит отметить, что на сегодняшний день на территории Боливии эксплуатируется более 250 частных автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), однако в качестве предпосылок дальнейшего развития рынка газомоторного топлива правительство Боливии видит развитие сегмента потребления СПГ для грузового и пассажирского транспорта в связи с высокими темпами развития промышленного производства и аграрного сектора, которые требуют увеличения объемов грузоперевозок и, как следствие, увеличения потребления моторного топлива.

Для этих целей был построен и в 2016 году введен в эксплуатацию завод по сжижению природного газа мощностью 210 тонн СПГ в сутки и запущены пять заправочных станций СКПГ. В продолжение работы по данному направлению между Министерством углеводородов и энергетики Боливии и Gazprom EP International B.V. был подписан и успешно реализуется Меморандум о сотрудничестве в области развития применения СПГ. В рамках меморандума в 2016 году состоялась передача газодизельного автомобиля КАМАЗ 5490 со стороны ПАО «Газпром» в адрес Министерства углеводородов и энергетики для проведения тестовых испытаний на территории Боливии. Испытания проходили на протяжении 2017-2018 гг. и показали высокие эксплуатационные характеристики российской техники.

Следующим шагом в развитии двусторонних мероприятий по стимулированию использования ГМТ на территории Боливии стало обсуждение возможности поставок более 15 тыс. единиц транспортных средств российского производства с участием Российского экспортного центра в качестве финансового партнера.



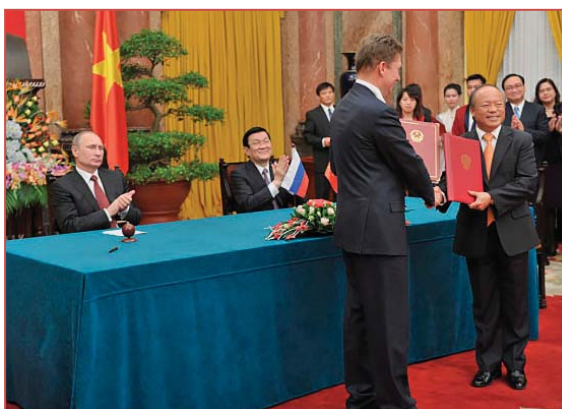
Передача автомобиля КАМАЗ 5490

## Вьетнам

Gazprom EP International B.V. уделяет особое внимание стимулированию развитию рынка ГМТ на территории Социалистической Республики Вьетнам (СРВ). Компания работает на рынке Вьетнама более 15 лет и участвует в проектах по развитию потребления газомоторного топлива на всей территории этой страны.

До 2018 года рынок потребления газомоторного топлива был очень слабо развит в СРВ. На всей территории Вьетнама эксплуатировались девять дочерних заправочных станций КПП, а парк автотранспорта составлял чуть более 250 единиц. В 2018 году была утверждена государственная программа, направленная на субсидирование обновления автобусных парков в г. Хошимин и введен запрет на закупку новых автобусов не на газомоторном топливе. Данный опыт в ближайшее время будет трансформирован на все провинции страны. Это произошло, кроме прочего, благодаря активному участию со стороны ПАО «Газпром» и КНГ «Петровьетнам», которые начиная с 2013 года ведут совместную работу по стимулированию потребления газомоторного топлива.

В октябре 2015 года была зарегистрирована совместная компания PV Gazprom NGV, в состав которой входят Gazprom EP International B.V, ООО «Газпром газомоторное топливо» и Petrovietnam Gas (дочерняя компания вьетнамской государственной нефтегазовой компании Petrovietnam). В соответствии с постановлением совета директоров Petrovietnam от 12 августа 2016 года PV Gazprom NGV входит в цепочку производственно-хозяйственной деятельности по реализации газомоторного топлива (система Autogas) и имеет возможность дистрибуции природного газа в качестве моторного топлива на всей территории Вьетнама.



Подписание Соглашения о создании СП по производству ГМТ

Согласно проведенным компанией PV Gazprom NGV маркетинговым исследованиям, объем потребления газомоторного топлива, преимущественно СПГ, уже в 2035 году составит 1,5 млрд кубометров в год при 10%-м уровне проникновения ГМТ в сегменте дорожного транспорта и 5%-м – в сегменте водного транспорта. Для начала формирования рынка потребления СПГ было принято решение о реализации пилотного проекта по строительству малотоннажного завода СПГ мощностью до 20 млн кубометров в год и сети криогенных заправочных станций. Компанией PV Gazprom NGV подписаны меморандумы о намерениях с потенциальными потребителями – городскими транспортными компаниями, предприятиями, занимающимися грузоперевозками и бункеровкой судов, которые к 2022 году будут готовы потреблять

до 200 млн кубометров природного газа в год в качестве моторного топлива. Первый СПГ, произведенный на новом заводе, планируется заправить в автомобили в конце 2019 года.

В дальнейшем Gazprom EP International B.V. планирует начать работу над амбициозным и масштабным проектом по производству и использованию природного газа в качестве моторного топлива на территории СРВ со строительством терминала импорта СПГ, в том числе из портфеля Группы Газпром, для удовлетворения спроса со стороны потребителей.

### Узбекистан

Кредитное и налоговое стимулирование частных предпринимателей со стороны государства привело к резкому развитию инфраструктуры газомоторного топлива после 2010 года. Государство предоставляет предпринимателям упрощенную процедуру выделения земельных участков и льготное подключение к газопроводу, при этом прямого субсидирования владельцев АГНКС или потребителей не происходит.

Газ на рынке ГМТ в Узбекистане представлен в двух видах: СПБТ (смесь пропан-бутана техническая) и КПП. В связи со сравнительно высокой стоимостью и большим сроком окупаемости газобаллонного оборудования рынок СПБТ перестал развиваться, а рынок КПП активно растет. Если до 2010 года функционировало всего около 100 автомобильных газонаполнительных станций и АГНКС, то в настоящее время в стране одних только АГНКС 670, и практически все находятся во владении частных предпринимателей (таблица).

#### Динамика роста АГНКС и потребления природного газа

Годы	2006	2013	2014	2015	2016	2017	На 01.09.2018
Число, ед.	43	356	439	500	564	596	670
Потребление, млн м <sup>3</sup>	160,6	1329,4	1700,5	1951,3	2137,5	2432,3	1870,6 (с 01.01.2018)

Значительный рост в последние годы показывает также и количество автомобилей, работающих на газомоторном топливе. Если в 2013 году из 2 067 500 автомобилей в Узбекистане 669 200 (32,4 %) были переведены на работу на КПП, то по состоянию на 1 июля 2018 года из 2 273 400 автомобилей на КПП были переведены 1 104 100 ед. (48,6 %).

Важно отметить, что в розничную стоимость ГМТ в Узбекистане входит транспортный налог и прочие начисления, часть которых направляется на развитие нефтегазовых проектов в стране.

Несмотря на зрелость рынка ГМТ в Узбекистане в стране отсутствуют заправокные станции СПГ. Среди предпосылок к их созданию можно выделить экологическое состояние окружающей среды. В столице страны г. Ташкенте с населением 3,5 млн человек автомобильные выхлопы стали городской проблемой. Перевод транспорта на СПГ (в дополнение к уже эксплуатируемому транспорту на КПП) позволит сократить выбросы углекислого газа. Кроме того, перевод автотранспортных средств, а также сельскохозяйственной и строительной техники на СПГ даст возможность высвободить дизельное топливо в объеме не менее 35 тыс. тонн в год только по Ташкенту.

На сегодняшний день создана специальная рабочая группа между представителями ПАО «Газпром» и АО «Узбекнефтегаз» по подготовке предложений для совместной реализации проектов в области увеличения потребления природного газа в качестве моторного топлива, в первую очередь, в области производства и потребления СПГ для грузовых автомобилей, железнодорожного транспорта и сельскохозяйственной техники.

# Обзор зарубежных публикаций по ГМТ

35

По последним данным, мировой автопарк прирастает на 2-3 млн газобаллонных автомобилей (ГБА) ежегодно. Становится очевидным, что пока что альтернативой бензину и дизельному топливу остается только газ.



## Индия: Строительство сети АГНКС

Французская компания Total и индийская Adani создают совместное предприятие для строительства сети из 1,5 тыс. заправочных станций на основных магистралях Индии. Проект рассчитан на 10 лет.

В Индии ожидается рост потребления газового топлива с низким уровнем выбросов и вытеснение дизельного топлива. Низкие цены на сетевой газ и надбавка, которую платят индийские потребители за дизельное топливо в Дели, Мумбаи и Бангалоре, способствуют росту спроса на природный газ.

В 2019 году в Дели при поддержке местного правительства и Indian Oil Corporation Ltd. появятся первые автобусы, работающие на смеси водорода и компримированного природного газа (КПГ).

## Китай: Запрет на продажи автомобилей с дизельными и бензиновыми двигателями

Уже несколько лет Китай выступает в роли апологета экологически чистого транспорта. Правительство страны в ближайшем будущем может полностью запретить продажу автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями.

Министерство промышленности и инновационных технологий Китая разработает график для автомобильных концернов страны со сроками введения запрета. Пока не сообщается, когда именно закон вступит в силу, но очевидно, что Китай настроен решительно.

Автомобильный рынок Китая – крупнейший в мире. В 2017 году было произведено в общей сложности около 28 млн автомобилей, на 17 % больше, чем в 2016 году. Сейчас Китай активно поддерживает производство экологически чистого транспорта. К примеру, для иностранных автопроизводителей действует запрет на создание более двух совместных предприятий с китайским участием. Но с 2018 года разрешена организация трех совместных предприятий при условии, что одно из них будет заниматься производством электромобилей.

## Великобритания–Испания: Рекордный заезд

Тягач IVECO Stralis NP460hp 4×2 установил новый мировой рекорд для данного класса коммерческих автомобилей, преодолев расстояние от Лондона до Мадрида на одной заправке сжиженным природным газом (СПГ/LNG). Оснащенный газовым двигателем, тягач преодолел без дозаправки расстояние в 1728 км. Stralis NP460hp показал средний расход топлива 22,6 кг/100 км. Общая масса тягача и полуприцепа была 30 т. Экономия на топливе составила около 40 % или 200 евро

по сравнению с аналогичным тягачом, оснащенным дизельным силовым агрегатом.

Рекордный заезд был призван продемонстрировать преимущества автомобилей, использующих СПГ в качестве топлива на британских и европейских дорогах. По сравнению с эквивалентным вариантом дизельного топлива экологического класса Евро-6 Stralis NP меньше выбрасывает в атмосферу вредных веществ:  $\text{NO}_2$  на 90 %, твердых частиц на 99 %,  $\text{CO}_2$  на 15 %. На данный момент в мире эксплуатируется более 25 тыс. транспортных средств с газовым двигателем IVECO.

IVECO спланировала маршрут при помощи веб-приложения MyBestRoute, разработанного Michelin для владельцев Stralis NP. Оно позволяет водителям и менеджерам коммерческих автопарков выбирать оптимальный маршрут для поездки в страны Европы, планируя заранее удобные заправки.

Занятые в транспортной сфере эксперты считают КПП и СПГ лучшей альтернативой электрическим грузовикам. Поэтому такие государства как Бельгия, Франция, Испания, Индия, США активно развивают инфраструктуру КПП/СПГ-автозаправок и расширяют парк газифицированных транспортных средств.

### Германия: Первая заправка СПГ в Гамбурге

Royal Dutch Shell открыла в Гамбурге первую станцию заправки грузовых автомобилей сжиженным природным газом. Топливные резервуары заправки рассчитаны на 30 тонн СПГ, что позволит в день обслуживать до 200 грузовых автомобилей, прибывающих из Роттердама (Нидерланды).

### Швеция: Туристический автобус на СПГ



На выставке IAA (Международный автосалон) в Ганновере компания Scania представила туристический лайнер Interlink MD LNG, который на одной заправке сжиженным природным газом сможет преодолеть до 1000 километров. При этом на 20 % сократятся выбросы углекислого газа, а также снизится количество оксидов азота в выхлопе. Газовый двигатель работает тише дизельного и производит меньше вибрации, поэтому пассажирам будет комфортнее в дальних поездках.

Новая разработка продолжит линейку предложений Scania по использованию альтернативных видов топлива на пассажирском транспорте, в том числе и на междугородних направлениях.

### Авиастроение

На авиацию приходится около 25 % вредных выбросов всего транспорта и всего 2 % выбросов углекислого газа от общего количества. По сравнению с автомобильной промышленностью уровень загрязнения атмосферы авиационными выхлопами кажется совсем небольшим. Тем не менее Европейская комиссия настаивает, чтобы к 2020 году в авиационной отрасли использовалось около 4 % топлива, полученного из биологических источников.

2010-2011 гг. были для авиационной отрасли периодом мониторинга. Участники авиаперевозок учились контролировать уровень выбросов  $\text{CO}_2$  и передавать данные органам Евросоюза.



Требования по определению количества израсходованного топлива изложены в Руководстве по мониторингу и отчетам (Monitoring and Reporting Guidelines), которое является законодательным актом. Количество израсходованного топлива в течение определенных полетов умножается на специальные коэффициенты, в частности, для авиакеросина Jet-A1 применяется коэффициент 3,15, для авиакеросина Jet-B и авиационного бензина – 3,10, для биотоплива поправочный коэффициент равен 0. Полученные результаты являются количеством выбросов CO<sub>2</sub>.

Далее с 2012 года Евросоюз планировал включить авиацию в Систему торговли квотами на выбросы (EU ETS). Авиакомпании 85 % квот получали бы бесплатно, оставшиеся квоты – докупали. С 2013 до 2020 г. количество бесплатных квот сократилось бы до 82 %.

При всех своих плюсах (борьба против загрязнения окружающей среды, мотивация различных отраслей промышленности к улучшению экологических показателей) схема EU ETS натолкнулась на протесты авиаперевозчиков тех стран, которые не являются членами Евросоюза.

Американская ассоциация воздушного транспорта (ATA) подала иск в Европейский суд против включения перевозчиков других стран в систему EU ETS. ATA просила Европейский суд отсрочить введение в действие системы EU ETS для авиации. В качестве объективных причин назывались противоречия нормам международного права в области гражданской авиации (нормы Чикагской конвенции). Кроме этого, дополнительные затраты американских авиаперевозчиков за участие в системе EU ETS составили бы до 2020 года 3 млрд долл. Ассоциация европейских авиакомпаний оценила расходы своих перевозчиков в 17 млрд долл.

В результате с 2013 года ЕС ограничил до 2017 года действие квот рейсами внутри Европейского экономического пространства (страны ЕС, Норвегия, Исландия, Лихтенштейн). От платежей освобождены авиакомпании с низким уровнем выбросов, остальные для полетов внутри ЕС получали 85 % квот бесплатно, еще 15 % они должны были приобретать на едином рынке ETS.

В 2016 году Международная организация гражданской авиации (ИКАО) поддержала ЕС и приняла решение о повышении топливной эффективности эксплуатируемых самолетов на 1,5 % до 2020 года. А после этого в авиации будет введено ограничение на выбросы вредных веществ. При превышении выбросов отрасль будет платить денежные компенсации. Планируется, что первые три года участие стран в программе будет добровольным, затем станет обязательным для стран с крупным парком самолетов.

Россия не присоединилась к экспериментальному этапу схемы регулирования выбросов парниковых газов (ETS) в авиаперевозках, одобренной ИКАО. РФ посчитала, что покупка квот на ETS превратит авиацию в источник возврата инвестиций для экологических проектов в других отраслях, вытеснит с рынка авиакомпании из развивающихся стран и снизит безопасность полетов. Россия совместно с Индией и Китаем готова представить альтернативный вариант данному соглашению – единый экологический сбор с каждой тонны топлива. Тем временем российские конструкторы авиационной техники из ЦАГИ начали разработку самолета, который будет летать на СПГ вместо керосина. В итоге должен получиться самолет, летающий на расстояния до 1500 км с 50 пассажирами на борту при скорости около 500 км/ч. Сейчас оценивается, как топливный баллон с СПГ, который будет располагаться над фюзеляжем, влияет на аэродинамические характеристики планера.

Использование СПГ как альтернативного топлива для авиации основывается на возможностях его производства в различных регионах страны практически

без серьезного ущерба для потребления природного газа. Проблема создания альтернативного топлива для авиации, которое позволило бы ликвидировать дефицит авиационного топлива, улучшить экологическую обстановку и в то же время повысить технические и тактические характеристики самолетов, все еще остается актуальной.

А пока мир авиации пристально наблюдает за новинками в сфере технологий, форм и материалов.

### Первый рейс Virgin Atlantic на биотопливе

В октябре 2018 года британская авиакомпания Virgin Atlantic осуществила первый в мире коммерческий рейс с использованием биотоплива. Для заправки самолета Boeing 747, совершившего перелет из Орlando в Лондон, использовалась смесь, на 5 % состоявшая из этанола, полученного в ходе переработки промышленных отходов (отработанные газы, выделяемые сталелитейными заводами).

Производитель биотоплива – американская компания LanzaTech. Использование такого авиатоплива может сократить выбросы парниковых газов на 65 %. Virgin Atlantic ведет переговоры с британскими властями о господдержке строительства в Великобритании заводов, которые будут производить такое топливо. Предлагается построить до 2025 года три таких завода общей мощностью до 4,7 гектолитра биотоплива в год.

Испытания альтернативных видов топлива в авиации проводились неоднократно. Еще в 2008 году Virgin Atlantic провела первый рейс, во время которого тестировались образцы биотоплива из семян масличных культур и животных жиров. Индустрией также испытывались образцы реактивного топлива из древесных опилок.

Кроме Virgin Atlantic, летать на чистом топливе планируют авиакомпании JetBlue Airways и Cathay Pacific Airways. Компания United использует смесь обычного топлива с биотопливом с 2016 года. Заправлять самолеты смесью авиакеросина с биотопливом предлагают аэропорты Осло, Стокгольма и Бергена. Согласно действующим нормам, в настоящее время процент биотоплива в смеси не может превышать 50 %.

Первое поколение «зеленых» самолетов будет использовать гибридные технологии. В соответствии с нормами безопасности полетов воздушные суда должны иметь достаточно резервного топлива для того, чтобы они могли уйти на запасной аэродром в случае возникновения проблем.

### Перевод авиации на «чистое» топливо

Нефтегазовая Норвегия является мировым лидером по распространению электромобилей, а практически всю электроэнергию в стране вырабатывают гидроэлектростанции. В Норвегии уже давно внедряется электрический водный транспорт – паромы, пересекающие местные фьорды.

Норвегия стала первой страной, которая приняла решение о переводе авиации с 2020 года на экологичное топливо. В составе авиационного топлива должно быть минимум 0,5 % биотоплива. Инициатива правительства свидетельствует о том, что авиационный сектор также принимает участие в трансформации рынка топлив.

Поставщик топлива – Air BP, авиационное подразделение компании BP. По соглашению с компанией Avinor, оператором всех аэропортов в Норвегии,

Air BP обеспечит поставки биотоплива в объеме 1,25 млн литров.

К инициативе Норвегии присоединятся авиакомпании KLM (Нидерланды), Lufthansa (Германия), SAS (Швеция). В качестве мер стимулирования для авиакомпаний-участников будет снижен налог на выбросы углекислого газа при выполнении полетов над территорией Норвегии.

KLM планирует к 2020 году сократить выбросы CO<sub>2</sub> на 20 % благодаря использованию биотоплива. SAS уже смогла уменьшить выбросы примерно на 15 % по сравнению с 2000 годом.

К 2040 году все перелеты на короткие расстояния из аэропортов Норвегии будут осуществляться только на электрических воздушных судах. Продолжительность таких авиарейсов может составлять всего 15-30 минут.

Норвегия развивает рынок электрических самолетов. К 2025 году производители выпустят на рынок страны электрический самолет вместимостью 25-30 пассажиров, который можно использовать на внутренних рейсах.

В мире уже есть порядка 100 проектов электрических самолетов. Над темой работают, кроме прочих, и лидеры рынка – Airbus и Boeing. Airbus разработает к 2030 году электрический самолет, который сможет перевозить 100 пассажиров на 1000 км. Перевозчик лоукостер, авиакомпания EasyJet, планирует первый рейс на электрическом самолете уже через 10 лет.

Калифорнийская компания Kitty Hawk разработала аэротакси Cora, электрический гибридный самолет и многопропеллерного дрона с возможностью вертикального взлета и посадки.



Электрический самолет



Аэротакси Cora

## Судостроение

Судовладельцы и операторы судов по всему миру продолжают приспосабливаться к новым требованиям по содержанию вредных веществ в судовом топливе.

Альтернативой мазуту и традиционному дизельному топливу становятся СПГ, низкосернистые виды топлива, устройства для очистки (скрубберы) и другие оригинальные способы, которые могут снизить содержание серы.

## Бункеровщик СПГ

Крупнейшее в мире судно для бункеровки судов на СПГ – Kairos – 17 октября 2018 года вышло в рейс с судостроительного завода в Южной Корее в район выполнения операций в Северо-Западной Европе. Kairos способен обеспечить бункеровку 7,5 тыс. кубометров СПГ. Заказчик бункеровщика – Babcock Schulte Energy (ФРГ). Арендовало судно-газовоз совместное предприятие немецкой компании Nauticos и литовской компании Klaipedos nafta – SGD logistika.

## Эко-балкеры

Суда Naaga и Viikki на СПГ компании ESL Shipping преодолели Северный морской путь. Самые «зеленые» балкеры (разновидность сухогруза) в мире привезли груз из Японии в Швецию. После выполнения сложного задания балкеры присоединятся к остальным судам ESL Shipping в Балтийском море.



Суда стоимостью 60 млн евро построены в Китае на верфи Jinling shipyard. Длинной 160 м и дедвейтом 25,6 тыс. тонн, суда оборудованы двигателями на СПГ. Выбросы углекислого газа от них снижены на 50 % по сравнению с судами предыдущего поколения. Новые балкеры спроектированы финской проектной компанией Deltamarin. Viikki и Наага будут эксплуатироваться в Балтийском море под финским флагом.



Наага идет из Японии в Швецию по СПГ

### Проекты гибридных судов на СПГ

Hyundai Heavy Industries планирует построить два крупнотоннажных балкера по заказу южнокорейской судоходной компании H-Line. Суда будут оборудованы двигателями на СПГ. Стоимость заказа – 124 млн долл. США. Суда будут доставлены заказчику в 2021 году. Финансовую поддержку проекту оказала корпорация Korea Ocean Business Corp. (КОВС).

Испанская судоходная компания Balearia переоборудует три судна под использование СПГ. На судах установят два двухтопливных двигателя мощностью 8,7 тыс. кВт производства Caterpillar Marine. Конверсия позволит сократить выбросы углерода и азота, что сделает суда более экологичными и соответствующими требованиям ИМО. Проект начнется в начале 2019 года.

По заказу Атомфлота финское проектное бюро Aker Arctic Technology завершило дизайн-проект ледокола на СПГ. В ближайшее время проект планируется передать на российские верфи для получения индикативных цен. Ледокол СПГ-ЛК (ЛК-40) будет оснащен двухтопливной энергетической установкой (дизель и СПГ) общей мощностью 55 МВт. Ледопробитость составит 2,85 м. Автономность судна будет достигать до 40 дней. Начало строительства запланировано в 2019 году.

Первый «гибридный» ледокол будет простроен для судоходной компании Ponant (Франция). Ледокол уже получил имя – Le Commandant Charcot, в честь французского полярного исследователя и океанографа Жана-Батиста Шарко. Судно ледового класса PC2 разработано компанией Aker Arctic Technology. На ледоколе будут установлены электрическая ПУ и двигатель на СПГ, за счет чего судно и получило название «гибридный ледокол». Инновационное судно будет построено на верфи норвежской компании Vard и передано заказчику в 2021 году.

В Японии состоялась церемония именнаяречения еще одного судна на СПГ. Буксир Ishin построен на верфи Kanagawa Dockyard по заказу Mitsui OSK Line (MOL). Тоннаж буксира – 250 т. Ishin оборудован двумя двухтопливными двигателями Yanmar. Выбросы углекислого газа снижены на 25 % по сравнению с аналогичным судном, работающим на тяжелом топливе. MOL получит буксир в феврале 2019 года.

### Первый в мире балкер на водороде

Бельгийская судоходная компания CMB решила не тратить деньги на скрубберы, а сфокусироваться на инновациях. Компания уже провела испытания маленького пассажирского судна на водороде и создала отдельное подразделение CMB Technologies, которое находится в процессе разработки двигателя на водороде для малотоннажных балкеров. Балкер на водороде может войти в эксплуатацию уже в 2023-2025 гг.

## Суда с аккумуляторными батареями

Круизные суда по заказу компании Navila Kystruten оборудуют мощнейшими аккумуляторными батареями. Их мощность составит 7,7 тыс. кВт на одно судно. Суда будут также оборудованы гибридной газозлектрической пропульсивной установкой. Они спроектированы норвежской компанией Navyard. Всего будет построено четыре судна – на верфи Tersan в Турции и Barreras в Испании. Navila Kystruten начнет эксплуатацию лайнеров в 2021 году.

## Возвращение энергии ветра

В сентябре 2018 года в порт Саудовской Аравии прибыл нефтеналивной танкер Maersk – Pelican датской компании Maersk. Уникальность судна – в двух роторных турбопарусах высотой 30 м. Турбопаруса разработаны финской компанией Norsepower, и состоят из углеродного волокна. По расчетам участников проекта – Norsepower, Maersk Tankers, Energy Technologies Institute (ETI) и Shell Shipping & Maritime, роторы позволят сократить потребление топлива на 7-10%.

Кроме танкера Maersk Pelican, Norsepower установила турбопаруса на Ro/Ro судне компании VoreM/V Estraden, работающем на маршруте между Великобританией и Бельгией, а также на круизном пароме Viking Grace компании Viking Line, который курсирует между Финляндией и Швецией.

Судовой двигатель, действующий на основе физического процесса, возникающего при обтекании вращающегося цилиндра потоком жидкости или газа (известен как эффект Магнуса), был запатентован немецким инженером Антоном Флеттнером в 1922 году. В 1924 году турбопаруса Флеттнера были установлены на шхуне Вискау. Судно совершило успешные переходы в Северном море и Атлантике, но турбопарус по эффективности уступал обычным винтам. В результате технология не получила распространения в коммерческом судоходстве.

В 80-х гг. Жак-Ив Кусто усовершенствовал систему Флеттнера и установил ее на гидрографическое судно Alcyone, которое в 1985 году успешно пересекло Атлантику. По данным команды Кусто, турбопаруса обеспечивали в 3,5-4 раза больший коэффициент тяги и экономию топлива до 35 %.

Затем на некоторое время о турбопарусах забыли. Пока компания Norsepower громко не объявила о возвращении роторов Флеттнера из углеродного волокна, гораздо более легких по сравнению с теми, что были установлены на судне Вискау. Спрос на технологию растет, но медленно. Высокая цена и длительный срок окупаемости не способствуют широкому использованию роторов Norsepower. Оснащение турбопарусами будет стоить судовладельцу 1-2 млн евро. При низких затратах на топливо технология может окупиться лишь через 5 лет.

В Китае компании Dalian Shipbuilding Industry Corporation (DSIC) и China Merchants Energy Shipping (CMES) протестировали



Нефтеналивной танкер  
Maersk – Pelican



Круизный паром Viking Grace  
с турбопарусом



Шхуна Вискау с роторными  
парусами



Танкер New Vitality с турбопарусами

паруса на новом крупнотоннажном танкере (VLCC) New Vitality. По результатам испытаний DSIC продолжит совершенствование системы. Компания разрабатывает систему металлических парусов совместно с China Merchants и классификационным обществом Китая. Установка парусов на танкере New Vitality является первым опытом Китая в области использования энергии ветра в коммерческом судоходстве.

Существуют и другие оригинальные способы применения на судах энергии ветра. Судоходная компания Beluga Projects установила на одном из своих грузовых судов MS Beluga SkySails огромного воздушного змея, способного генерировать достаточно движительной энергии для сокращения потребления топлива на 35 %.

В испанском проектно бюро Oliver Design разрабатывают любопытный проект «самого экологичного» круизного лайнера в мире. На судне будет установлено 10 выдвигающихся парусов из солнечных панелей общей площадью 6 тыс. м<sup>2</sup>. Паруса будут выполнять роль движителей и производить энергию мощностью 750 кВт.

Суда с выдвигающимися жесткими парусами разрабатываются и в Японии.

### Концепт электрической подводной лодки

Французская компания Naval Group разрабатывает инновационную подводную лодку SMX-31 Electric. Подводная лодка напоминает кашалота. Она имеет несколько плоскую форму корпуса и оснащена двумя подруливающими устройствами вместо традиционного гребного винта. SMX-31 будет оборудована литий-ионными батареями, емкость которых примерно в 6 раз превышает современные показатели. Корабль сможет оставаться под водой до 40 дней при скорости хода 6 узлов. Экипаж подлодки будет сведен к минимуму благодаря технологии искусственного интеллекта.

Подводная лодка была представлена на 26-й Международной выставке военно-морской техники и вооружения Euronaval 2018, которая проходила 23-26 октября 2018 года в Париже (Бурже).



### Новые правила

#### Требования для судов на СПГ

Российский морской регистр судоходства (РС) разработал комплекс требований для работающих на СПГ судов, не являющихся газовозами. Использование на судах газового топлива в качестве альтернативного топлива вызвано, в первую очередь, введением с 2019 года международных требований к уровню выбросов в атмосферу оксидов азота (NO<sub>x</sub>), оксидов серы (SO) и углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Для судов-газовозов возможность использования природного газа предусматривалась «Правилами Регистра по газовозам» с момента их издания в 1983 году. В настоящее время, отвечая на запросы морской индустрии, РС присваивает судам дополнительный знак в символе класса, информирующий о следующем:

- GFS (Gas Fuelled Ship) – на судне реализованы требования, обеспечивающие безопасное применение газового топлива;
- LNG bunkering ship – судно-газовоз подготовлено для обеспечения безопасной бункеровки судов;

- GRS (Gas Ready Ship) – судно подготовлено к переоборудованию для использования газового топлива с целью уменьшения затрат при переходе на это топливо.

К судам-газовозам со знаком GFS предъявляются дополнительные требования по расположению емкостей для хранения топлива, противопожарной защите, вентиляции, автоматическому обнаружению газа в помещениях и сигнализации, топливным системам.

Нотация LNG bunkering ship содержит дополнительные требования к судам-газовозам для возможности их использования в качестве бункеровщиков СПГ. К LNG bunkering ship могут быть добавлены знаки для обозначения дополнительных функций:

- RE – предусмотрен прием СПГ с судна, работающего на газе, топливные емкости которого должны быть очищены от СПГ;
- IG-Supply – предусмотрена подача инертного газа и сухого воздуха для обеспечения дегазации и аэрации;
- BOG – предусмотрена система контроля и утилизации паров, образующихся в процессе бункеровки.

Знак GRS был разработан для упрощения процесса перевода судов с жидкого на газовое топливо с минимальными потерями грузовых объемов, максимальным сохранением корпусных конструкций, возможностью конвертации на газ механического оборудования и, как следствие, с сокращением финансовых и временных затрат. Минимальные требования к судам с характеристикой GRS подразумевают, что проект переоборудования включает одобрение технической документации топливных танков, на судне предусмотрено место для их установки, выполнены необходимые расчеты и подкрепления корпуса, установленный двигатель допускает конвертацию на газовое топливо, и его газовая версия имеет типовое одобрение PC.

Степени готовности судна к переоборудованию в символе класса отражаются следующим образом:

- GRS-D – проект переоборудования судна одобрен PC;
- GRS-H – в процессе постройки на судне выполнены необходимые подкрепления корпуса в местах установки топливных танков СПГ и другого дополнительного оборудования;
- GRS-T – в процессе постройки на судне установлен танк хранения СПГ;
- GRS-P – на судне установлены трубопроводы газового топлива и другие специальные системы;
- GRS-E – установленные на судне потребители топлива являются двухтопливными.

При выполнении всей совокупности требований (что может происходить поэтапно) судам может быть присвоен знак GFS.

### **Новое руководство для бункеровочной отрасли**

Балтийский и международный морской совет (Baltic and International Maritime Council, BIMCO) и Международная ассоциация бункеровщиков (IBIA) совместно подготовили и издали дополненное руководство по осуществлению бункеровочных операций в портах.

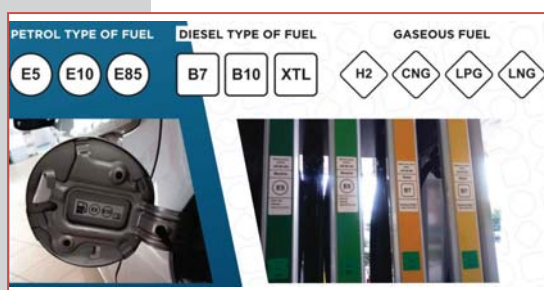
Руководство содержит новую информацию о взятии проб топочного мазута и накладной на поставку бункеровочного топлива, советы и рекомендации, помогающие участникам бункеровочных операций соблюдать правила безопасности

и экологичности.

ВМСО – неправительственная организация, занимающаяся вопросами международной политики в судоходной отрасли и унификации транспортных документов, а также информированием своих членов по различным аспектам международной морской торговли. В организацию входят 2 тыс. членов, представляющих 56 % мирового тоннажа флота, включая судовладельцев, судовых брокеров и агентов, Р&I-клубы и ассоциации из 121 страны мира.

IBIA, созданная в 1992 году, представляет интересы поставщиков и конечных потребителей судового топлива. Сегодня в IBIA состоит более 600 членов из 66 стран.

44



Бензин – E5, E10, E85; дизель – B7, B10, XTL; газообразное топливо – H2 (водород), LPG (сжиженный нефтяной газ), CNG (компримированный природный газ), LNG (сжиженный природный газ)

### *Правила маркировки топлива на автозаправочных станциях в Европе*

В Европе вступили в силу новые правила маркировки топлива на автозаправочных станциях.

Правила действуют в странах ЕС, а также в Норвегии, Швейцарии, Исландии, Македонии, Лихтенштейне, Сербии и Турции. Маркировка для бензина – круг, внутри которого сообщается максимальное содержание этанола. Дизель обозначен квадратом с указанием максимальной доли биокомпонентов. Маркировка для газа – ромб, внутри которого указаны различные типы. Новые обозначения должны размещаться как на колонке, так и на рукоятке заправочного пистолета.

Система визуального различия топлива по видам позволит легче ориентироваться в его маркировке на заправках. Ранее маркировка различалась по странам. Например, в Польше дизельное топливо обозначается сокращением ON, а во Франции бензин – SP.

Благодаря единой системе маркировки в Европе теперь дизельное горючее на колонке и заправочном пистолете будет обозначаться квадратом, бензин – кругом, газ – ромбом.

Согласно новым правилам, топливо на европейских заправках также будет обозначаться следующим образом: бензин – E5, E10, E85; дизель – B7, B10, XTL; газообразное топливо – H2 (водород), LPG (сжиженный нефтяной газ), CNG (компримированный природный газ), LNG (сжиженный природный газ).

### *Отмена дорожного сбора для транспорта на КПП и СПГ*

Парламент Германии (бундестаг) освободил с 1 января 2019 года от уплаты дорожного сбора грузовые транспортные средства массой свыше 7,5 т, использующие сжатый и сжиженный природный газ (CNG/LNG) в качестве топлива. Грузовики на КПП и СПГ будут пользоваться в Германии теми же льготами, что и электромобили. Владельцы газифицированных транспортных средств будут оплачивать только инфраструктурные затраты и налог на шум.

Резолюция парламента Германии и субсидии на покупку газифицированных транспортных средств, объявленные в июле (8 тыс. евро для автомобилей на КПП и 12 тыс. евро для СПГ), увеличивают финансовые выгоды от расширения КПП/СПГ-автопарка для немецких логистических операторов. В зависимости от класса грузовика дополнительная экономия составит от 9,3 до 18,7 евроцента/км.

# Экологические аспекты использования природного газа в качестве моторного топлива на основе оценки полного жизненного цикла

**А.Г. Ишков**, заместитель начальника департамента – начальник управления ПАО «Газпром», профессор, д.х.н.,

**Н.Б. Пыстина**, директор центра экологической безопасности, энергоэффективности и охраны труда ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.э.н.,

**К.В. Романов**, начальник отдела ПАО «Газпром», к.э.н.,

**Р.В. Тетеревлев**, главный технолог ПАО «Газпром»

В условиях поиска эффективных путей снижения влияния автотранспортных средств на окружающую среду и население сравнительное исследование жизненного цикла моторных топлив позволяет оценить главные факторы и потенциал улучшения экологической ситуации. В процессе исследования моторных топлив в полном жизненном цикле представлены экологические характеристики использования на автотранспорте моторных топлив нефтяного и газового происхождения. Показана экологическая эффективность газомоторного топлива с использованием сценария перевода 50 % автотранспортных средств на сжатый природный газ в федеральных округах и крупных городах России.

Проведен анализ расходования природных ресурсов, потерь сырья на различных стадиях цикла, а также анализ негативного воздействия на окружающую среду. Даны результаты оценки экологической эффективности моторных топлив по расчетам основных параметров, включающих следующие: удельные выбросы загрязняющих веществ; «углеродный след» и «токсический след».

Показано, что из известных в настоящее время эффективных путей снижения влияния газомоторного транспорта на экологическую ситуацию и повышения экологической безопасности автомобильного транспорта, работающего на различных видах топлива, реальное практическое значение имеет замещение моторных топлив природным газом. Исследования экологических показателей топлива направлены на развитие экологически безопасного транспорта, отвечающего высоким стандартам качества окружающей среды.

#### Ключевые слова:

жизненный цикл моторных топлив, автотранспортный комплекс, «углеродный след» и «токсический след» моторных топлив, экологическая эффективность, экологические преимущества природного газа.

**Г**лобальные проблемы (такие как изменение климата, перенаселение, высокие темпы урбанизации и, следовательно, рост потребления энергетических ресурсов и антропогенной нагрузки на биосистемы) требуют гармонизации технологических, экологических и коммерческих интересов,

принятия как стратегических, так и тактических мер по снижению техногенного воздействия на окружающую среду.

Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) автомобильным транспортом (АТ) в сравнении с другими источниками наносят наиболее весомый ущерб окружающей среде, особенно в крупных городах. В настоящее время доля автомобильного транспорта в общем объеме выбросов ЗВ в атмосферный воздух составляет около 45 % в целом по Российской Федерации (табл. 1), а в мегаполисах этот показатель достигает 80...90 % [1].

Таблица 1

### Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух (по данным Росстата и Росприроднадзора), тыс. т

Показатель	Годы				
	2005	2010	2014	2015	2016
Выброшено ЗВ, всего	35835	32353	31228	31269	31617
В том числе:					
от стационарных источников	20425	19116	17452	17296	17349
от передвижных источников, всего	15410	13237	13776	13973	14268
Из них:					
от автомобильного транспорта	15410	13105	13622	13819	14105
от железнодорожного транспорта	–	132	154	154	163
Удельный вес выбросов от АТ в общем объеме выбросов загрязняющих веществ, %	43,0	40,5	43,6	44,2	44,6

В табл. 2 представлены обобщенные данные Росприроднадзора о выбросах ЗВ в атмосферный воздух от автотранспорта в 2017 году в разрезе федеральных округов Российской Федерации и в целом по стране [2].

Таблица 2

### Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта в 2017 году по федеральным округам и по Российской Федерации в целом, тыс. т

Наименование федерального округа	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	ЛОСНМ	CO	C	NH <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub>	Всего
Центральный	20,4	392,7	386,2	2958,2	6,7	9,7	15,8	3789,8
Северо-Западный	7,5	143,4	141,6	1098,4	2,6	3,4	5,8	1402,8
Южный	9,31	183,4	170,3	1272,8	2,94	4,68	6,7	1650,3
Северо-Кавказский	5,2	96,9	86,6	662,8	1,8	2,1	3,4	858,8
Приволжский	16,4	324,8	301,2	2252,5	5,2	8,2	12	2920,4
Уральский	7,8	147,9	134,2	1014,1	2,6	3,5	5,3	1315,3
Сибирский	10,3	201,6	185,7	1393,3	3,3	5	7,4	1806,6
Дальневосточный	4,2	79,3	71,7	542,9	1,4	1,8	2,8	704,2
<b>Итого по Российской Федерации</b>	<b>81,11</b>	<b>1570</b>	<b>1477,5</b>	<b>11195</b>	<b>26,54</b>	<b>38,38</b>	<b>59,2</b>	<b>14448,2</b>

Примечание: ЛОСНМ – неметановые летучие органические соединения.

Среди парниковых газов, выбрасываемых в атмосферу транспортом в России, доминирует  $\text{CO}_2$ , при этом на долю АТ приходится 98 % совокупного объема выбросов от всего транспорта. Рост выбросов обусловлен в значительной степени продолжающимся увеличением количества личных автомобилей, число которых к 2035 г. в РФ достигнет среднего для Восточной Европы уровня (350...400 транспортных средств на 1000 жителей), что будет сопровождаться соответствующим увеличением объема выбросов парниковых газов с 116 т (оценочный показатель в 2009 г.) до 210 т  $\text{CO}_2$ -экв. (прогнозируемый показатель в 2030 г.) [3].

По данным отчета Европейской газомоторной ассоциации за 2014-2015 гг. углеродный след при использовании бензина в качестве моторного топлива равен 164 г  $\text{CO}_2$ -экв./км. В то же время для природного газа данный показатель составляет 124 г  $\text{CO}_2$ -экв./км. С учетом выбросов парниковых газов в транспортном секторе в целом по Евросоюзу перевод транспорта на природный газ обеспечивает сокращение этих выбросов на 5,1 % от всех выбросов ЕС (экспертная оценка ООО «Газпром ВНИИГАЗ» на основе данных World Energy Outlook 2017).

В табл. 3 представлены данные по выбросам парниковых газов от автотранспорта из Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов 2018 года [4].

Таблица 3

#### Выбросы парниковых газов от автотранспорта за 2016 год, тыс. т

Тип автотранспорта	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2\text{O}$
Легковой транспорт	51204,39	15,41	0,99
Грузовой транспорт и автобусы массой <3,5 т	9737,86	2,62	0,16
Грузовой транспорт и автобусы массой >3,5 т	86945,13	12,90	2,41

Поиск новых методов и перспективных технологий, направленных на совершенствование экологических качеств автотранспортных средств и изучение конкуренции различных видов топлива (бензин, дизельное топливо, природный газ) по показателям экологической эффективности, может стать существенным шагом в активизации развития газомоторной отрасли и стимулировании спроса на природный газ на внутреннем рынке России.

Газовой промышленности, как одной из наиболее перспективных отраслей развития национальной экономики России, принадлежит ключевая роль в формировании рынка газомоторного топлива, задачи которой – обеспечение населения более приемлемым моторным топливом с экологической точки зрения, повышение экологической безопасности и качества жизни населения России. На территории Российской Федерации по состоянию на конец 2017 года действуют более 320 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), 271 из которых принадлежит Группе «Газпром» и ООО «Газпром газомоторное топливо».

Негативное воздействие на окружающую среду транспортным сектором происходит не только в результате сгорания топлива в тепловых двигателях, но также по всей технологической цепочке (от добычи сырья до поставки топлива на заправочную станцию). Для оценки экологического эффекта при использовании различных видов топлив важно учитывать все этапы их жизненного цикла.





Рис. 1. Жизненный цикл производства и использования моторных топлив

Экспертами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» выполнена сравнительная оценка негативного воздействия различных видов моторных топлив на окружающую среду по критериям, характеризующим экологическую эффективность топлив в жизненном цикле. При этом под жизненным циклом (ЖЦ) моторного топлива понимается комплекс последовательно реализуемых этапов обращения с углеводородным сырьем, в результате чего в атмосферный воздух выбрасываются загрязняющие вещества и парниковые газы.

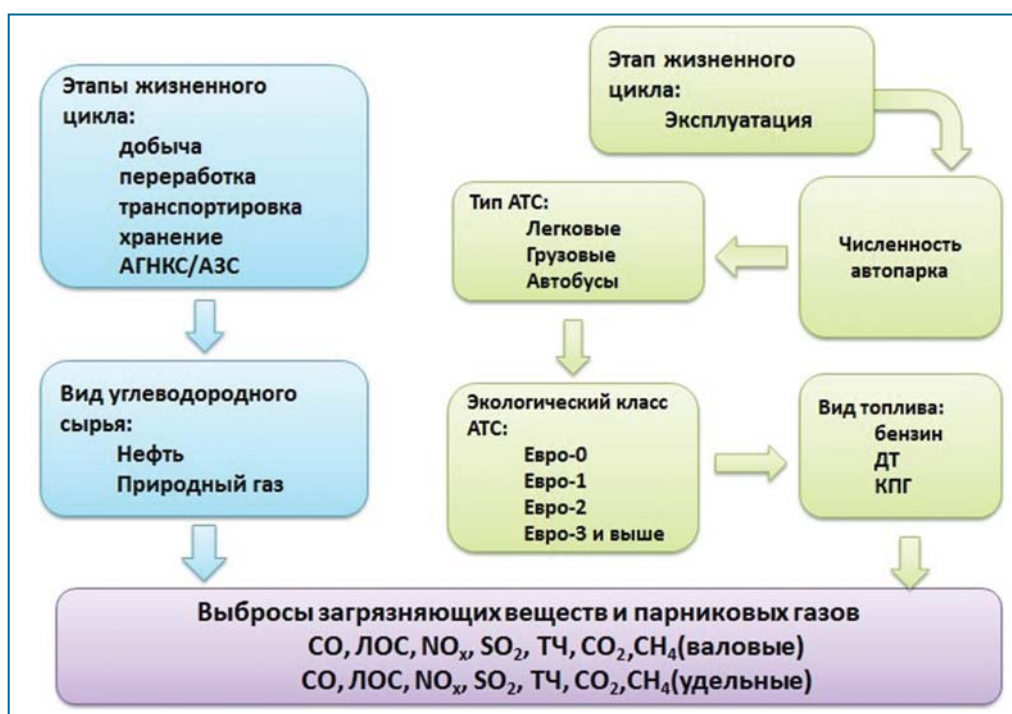
Жизненный цикл газомоторного топлива включает добычу углеводородного сырья, его транспортировку, хранение, производство компримированного природного газа (КПГ) на АГНКС и его использование на автотранспорте.

К жизненному циклу нефтяных топлив (бензин, дизельное топливо) относятся следующие этапы технологической цепочки: добыча, транспортировка сырья, хранение, переработка с получением моторного топлива, реализация на автозаправочных станциях (АЗС), использование бензина и дизельного топлива (ДТ) в автотранспорте.

Схематично этапы жизненного цикла производства и использования моторных топлив представлены на рис. 1.

В процессе оценки взаимосвязанных составляющих системы жизненного цикла, начиная с получения сырья и до конечной стадии – использования топлив в ДВС, проводится анализ расходования энергии, природных ресурсов, потерь сырья на различных стадиях цикла. Для комплексной оценки влияния жизненного цикла моторных топлив следует добавить показатели, характеризующие, помимо влияния на климат, степень воздействия на здоровье человека и компоненты окружающей среды.

Особую значимость в оценке ЖЦ моторных топлив имеет экологическая эффективность, которая является комплексным показателем и оценивается по всему жизненному циклу топлива по следующим параметрам: удельные выбросы ЗВ,



**Рис. 2.** Показатели, используемые при расчете выбросов ЗВ и парниковых газов по этапам ЖЦ моторных топлив, получаемых из нефти и природного газа

«углеродный след», «токсический след». Сравнительная экологическая оценка топлив нефтяного и газового происхождения по этим параметрам позволяет выявить наиболее эффективные, дружественные окружающей среде, виды топлива.

Удельные выбросы ЗВ, как известно, являются основными параметрами, которые следует контролировать для проверки соблюдения утвержденных нормативов выбросов и оценки результатов внедрения природоохранных мероприятий.

Понятие «углеродный след» может определяться как совокупность выбросов всех парниковых газов, произведенных субъектами, предметами, действиями (человеком, организацией, мероприятием, продуктом, городом, государством) и понимается как отношение выбросов парниковых газов (например, диоксид углерода) к объему израсходованного топлива на каждом этапе ЖЦ. Проблема сокращения «углеродного следа» сегодня становится важной как никогда, поскольку наращивание объемов потребления энергии в результате сжигания полезных ископаемых приводит к росту выбросов парниковых газов в атмосферу.

«Токсический след» топлива по аналогии с «углеродным» можно определить как совокупность выбросов всех загрязняющих веществ с учетом их токсичности, прямо или косвенно произведенных через повседневную деятельность. Токсический след является показателем антропогенного давления на человека и экосистему в целом и позволяет провести сравнительную оценку экологических преимуществ использования разных видов топлив, например, ГМТ, по отношению к нефтяному топливу.

Показатели для расчета удельных значений выбросов ЗВ и парниковых газов и экологической оценки этапов ЖЦ моторных топлив, получаемых из нефти и природного газа, определены с учетом основных параметров, обуславливающих эффективность топлив, и схематично представлены на рис. 2.

Расчет значений удельных выбросов ЗВ, углеродного следа, суммарного токсического следа и сравнение экологических характеристик моторных топлив, получаемых из нефти и природного газа, по всем этапам жизненного цикла выполнялся экспертами ООО «Газпром ВНИИГАЗ» на основе анализа статистических данных крупных нефтегазовых компаний России (ПАО «Газпром», ПАО «НК Роснефть», ПАО «Газпром нефть», ПАО «Транснефть» и др.) об экологических (объемы выбросов ЗВ и  $\text{CO}_2$ ) и производственных (объем добычи, транспортировки, переработки сырья) показателях.

Оценка топлив проведена для условий, когда на всех этапах жизненного цикла выполняются требования по соблюдению Российских (Европейских) норм на выброс ЗВ ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ , твердые частицы) по испытательным циклам, снижению выброса  $\text{CO}_2$ , минимизации расхода природных ресурсов и энергии, а также ущерба окружающей среде.

Экологические показатели в жизненном цикле моторных топлив определены следующим образом:

- удельные выбросы ЗВ (удельное значение выбросов ЗВ на тонну нефтяного эквивалента добытого сырья – нефть/газ) как отношение суммы выбросов ЗВ по всем этапам жизненного цикла топлив (добыча, транспортировка, хранение, переработка, АЗС/АГНКС, эксплуатация АТС) к объему добычи сырья, использованного для производства определенного вида моторного топлива (в т н.э.);
- углеродный след – отношение суммы выбросов  $\text{CO}_2$ -экв. по всем этапам жизненного цикла топлив (добыча, транспортировка, хранение, переработка, АЗС/АГНКС, эксплуатация АТС) к объему добычи сырья, использованного для производства определенного вида моторного топлива (в т н.э.);
- токсический след – отношение суммы выбросов ЗВ ( $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , летучие органические соединения, твердые частицы, бенз(а)пирен) по всем этапам жизненного цикла топлив к соответствующей предельно допустимой концентрации данного загрязняющего вещества в атмосферном воздухе (ПДК<sub>м.р.</sub> индивидуального ЗВ), приведенное к пробегу АТС в год (усредненные показатели) на разных видах топлива (в усл. ед.).

Значения удельных выбросов ЗВ и парниковых газов (в  $\text{CO}_2$ -экв.) рассчитывали с учетом следующих данных:

- объемов расхода/потерь сырья/топлива на каждом этапе жизненного цикла;
- удельных выбросов ЗВ и  $\text{CO}_2$ -экв. в жизненном цикле топлив (Расчетная инструкция НИИАТ, 2008 г. [5]);
- данных Госдоклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году» (Государственный доклад, 2017 г.) о структуре и численности парка АТС;
- с уточнениями и дополнениями по видам использованного топлива, сроку эксплуатации, типам АТС (экспертные оценки).

Расчитанные значения экологических показателей в комплексе последовательно реализуемых этапов обращения с углеводородным сырьем (от процесса добычи / получения до использования моторных топлив на транспорте) – удельные выбросы ЗВ, «углеродный след» и «токсический след» при использовании различных видов моторного топлива – представлены в табл. 4 (экологические показатели приведены к единице).

В результате выполненных расчетов было установлено, что все показатели экологической эффективности использования природного газа лучше показателей, характерных для бензина и дизельного топлива. В частности, при использовании КПГ:

Таблица 4  
Показатели экологической эффективности использования КПП  
и других видов топлив для автотранспортных средств

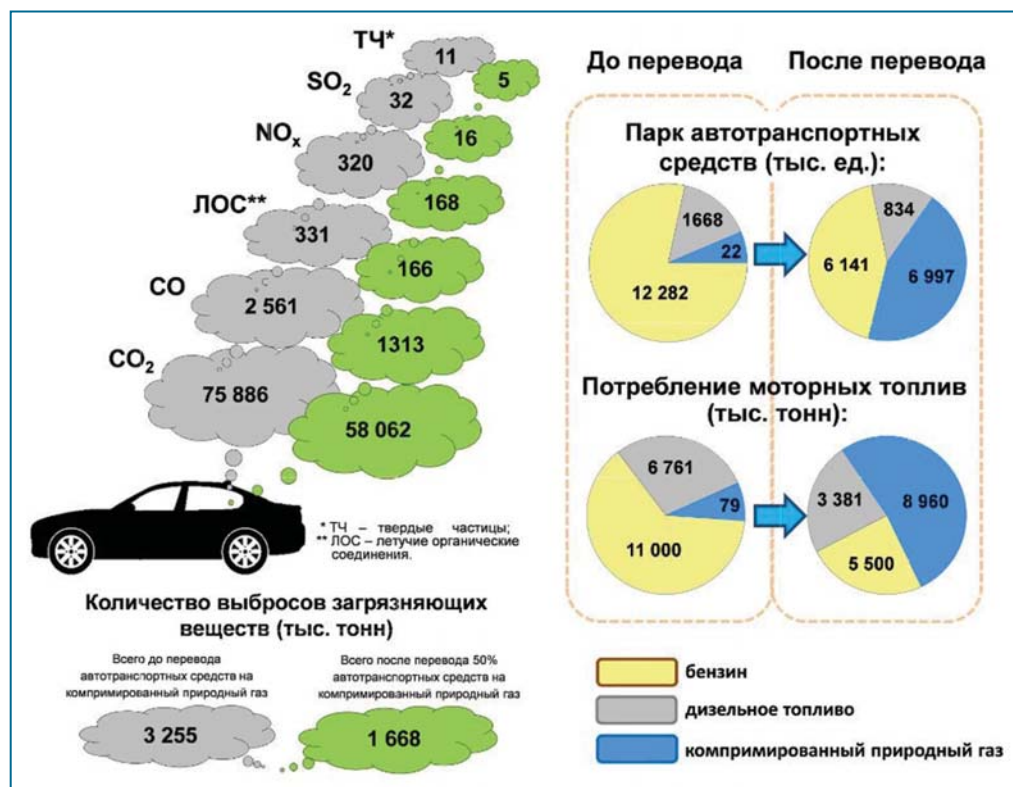
Вид топлива	Удельные выбросы ЗВ, тЗВ/т н.э.	Кратность выбросов по отношению к КПП	Углеродный след, т CO <sub>2</sub> -экв./т н.э.	Кратность выбросов по отношению к КПП	Токсический след, усл. ед.	Кратность выбросов по отношению к КПП
<i>Добыча – АЗС/АГНКС</i>						
Бензин	0,02	5,5	0,96	4	0,75	7
ДТ	0,02	4,4	0,96	4	1,22	12
КПП	0,004	1	0,24	1	0,10	1
<i>Эксплуатация</i>						
Бензин	0,04	7	4,07	2,0	0,78	2
ДТ	0,01	2	3,04	1,5	1,41	3
КПП	0,006	1	2,08	1	0,45	1
<i>По всем этапам жизненного цикла</i>						
Бензин	0,06	6	5,03	2,1	1,53	3
ДТ	0,03	3	4,01	1,7	2,65	5
КПП	0,01	1	2,34	1	0,55	1

- удельные выбросы ЗВ в 3 раза меньше, чем у дизельного топлива, и в 6 раз меньше, чем у бензина;
- удельные выбросы парниковых газов в 1,7 раза меньше, чем у дизельного топлива, и в 2 раза меньше, чем у бензина;
- значение «токсического следа» в 5 раз меньше, чем у дизельного топлива, и в 3 раза меньше, чем у бензина.

Таким образом, сравнительная оценка негативного воздействия на окружающую среду по критериям, характеризующим экологическую эффективность моторных топлив в жизненном цикле, показывает, что использование природного газа в качестве моторного топлива имеет преимущества по всем исследованным показателям.

Перевод автотранспорта на газомоторное топливо приведет к снижению негативного воздействия на окружающую среду и окажет положительное влияние на качество жизни, прежде всего, городского населения. Эксплуатация транспорта на газомоторном топливе может снизить в 3-6 раз выбросы ЗВ и почти в 2 раза выбросы диоксида углерода в составе отработанных газов. Использование КПП скажется на снижении вибрации от двигателей внутреннего сгорания, обеспечив комфортные условия пассажирам. Улучшатся условия жизни населения, проживающего у автомагистралей, так как шум от автомобилей и автобусов, работающих на газовом топливе, в три раза ниже, чем от автотранспорта, работающего на ДТ.

Использование газомоторного топлива способствует реализации национальных проектов в области здравоохранения за счет снижения негативного воздействия на окружающую среду. В крупных городах, в частности, в Москве, с высокой долей транспортных средств переход на газомоторное топливо может обеспечить



**Рис. 3.** Сокращение выбросов загрязняющих веществ и CO<sub>2</sub> от автомобильного транспорта в ЦФО по сценарию перевода 50 % всех автотранспортных средств на КПГ<sup>1</sup>

снижение нагрузки выбросов ЗВ на человека и, как следствие, улучшить показатели здоровья. Одним из наиболее важных показателей, отражающих изменения качества окружающей среды, который может значительно улучшиться при использовании на транспорте газомоторного топлива, является состояние здоровья детей. Потенциальная нагрузка на ребенка по сравнению со взрослым увеличивается в связи с повышенной чувствительностью детского организма к негативному воздействию экологических факторов. Проведенный расчет изменения нагрузки выбросов ЗВ на жителя г. Москвы (при эксплуатации автотранспорта) показал, что эта нагрузка может снизиться с 65 до 34 кг ЗВ на человека в год, если предположить, что 50 % существующего московского автопарка будет переведено на КПГ.

Использование природного газа в качестве топлива для автомобилей при перевозке на большие расстояния и автобусов международного сообщения может улучшить экологическую обстановку в масштабах страны. Так, сокращение выбросов ЗВ и CO<sub>2</sub> от автотранспорта по сценарию перевода 50 % всех автотранспортных средств на КПГ на примере Центрального федерального округа представлено на рис. 3 [6].

Результаты сокращения выбросов CO<sub>2</sub> по сценарию перевода 50 % парка автотранспортных средств на КПГ в крупных городах РФ показаны на рис. 4.

Рост использования природного газа в качестве моторного топлива является глобальной тенденцией. В качестве моторного топлива природный газ применяется более чем в 80 странах мира. Мировой парк автомобилей, работающих на КПГ,

1. Атлас «Экологический эффект перевода автотранспорта на газомоторное топливо в регионах Российской Федерации», 2016 год.

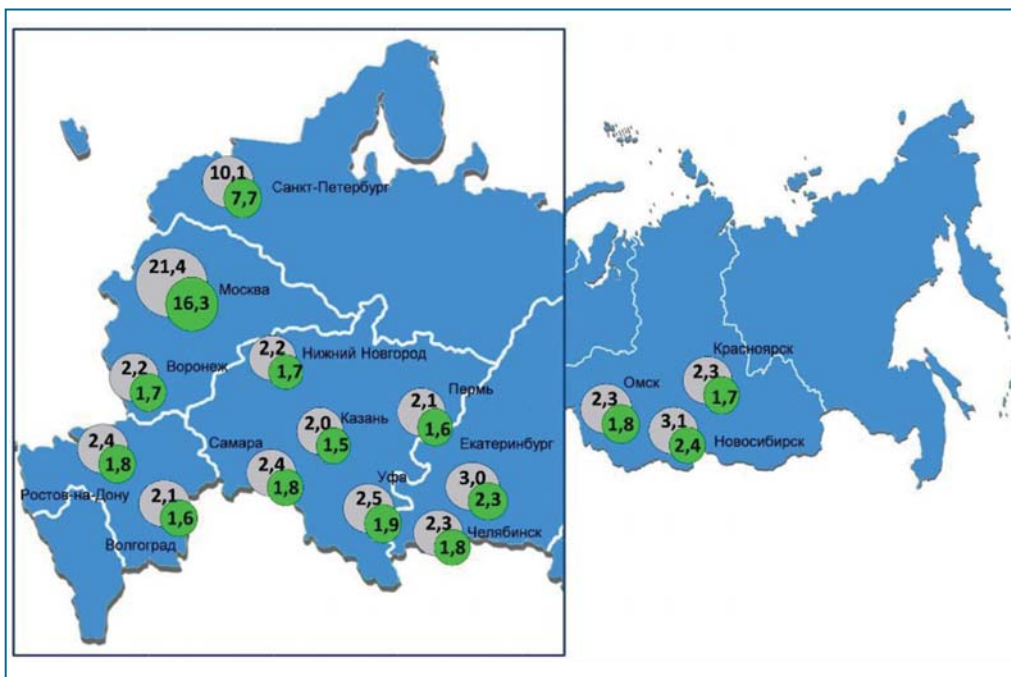


Рис. 4. Сокращение выбросов CO<sub>2</sub> (млн т) по сценарию перевода 50 % парка автотранспортных средств на КПП в крупных городах РФ (население более 1 млн чел.)

ежегодно увеличивается на 25...30 %. Международный опыт свидетельствует о том, что перевод транспорта на природный газ является одним из приоритетных направлений в части сохранения климата, здоровья населения, особенно жителей мегаполисов, и в целом обеспечения устойчивого энергетического развития страны.

Мировые показатели потребления газомоторного топлива демонстрируют неуклонный ежегодный рост. Только по итогам 2017 года количество транспорта на КПП и СПГ выросло на 5,5 %. Всего в мире газомоторным топливом, по данным на 31.12.2017 г., заправляется около 25,5 млн автомобилей, что составляет 1,36 % общего количества. Для заправки транспортных средств в мире действует более 30 тыс. АГНКС. На рис. 5 показана динамика глобального рынка ГМТ на 2017 год [7].

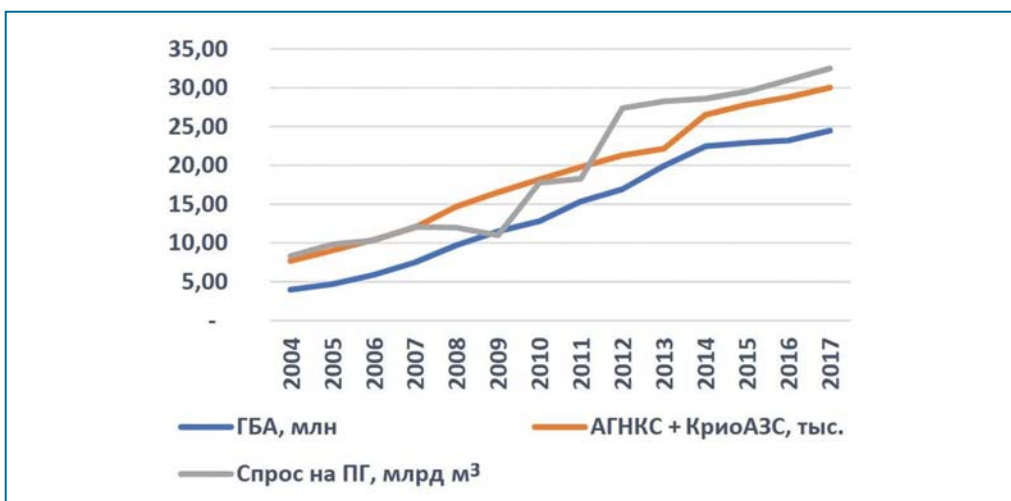


Рис. 5. Динамика мирового рынка ГМТ (по данным NGV Global на 31.12.2017)

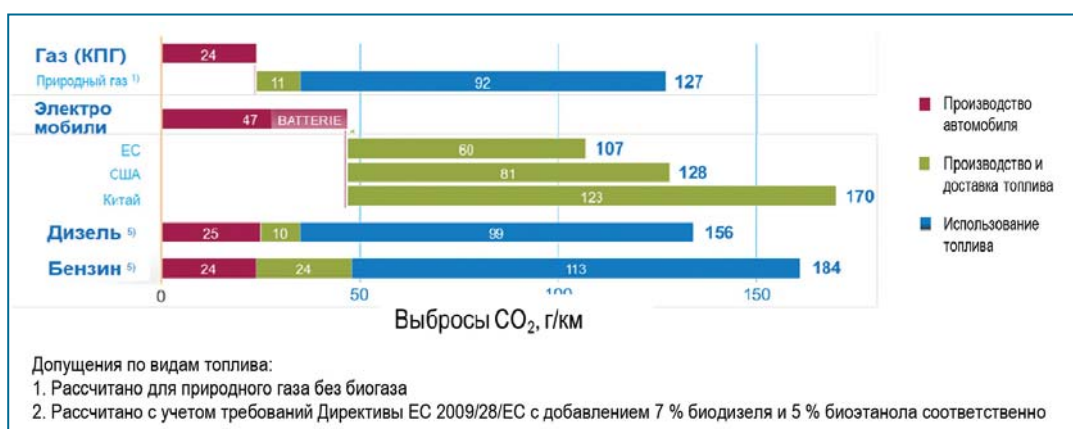


Рис. 6. Сравнение углеродного следа автотранспорта с ДВС и электромобилей<sup>2</sup>

Рассмотрение других видов энергии, и в частности электрической, с точки зрения перспектив и экологических показателей в оценке ЖЦ показывает, что производство электромобилей связано с большим объемом выбросов парниковых газов, чем производство автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС), поскольку производство аккумуляторов отличается высокой энергоемкостью. Использование электроэнергии в ЖЦ начинается с этапа ее производства из разных видов ресурсов (уголь, ядерная энергия, возобновляемая, газ, нефть) и дальнейшего распределения и потребления. При этом в сравнении с электромобилями КПГ имеет преимущества при значительной доле угля в энергобалансе. На рис. 6 приводится сравнение углеродного следа автотранспорта на различных видах топлива.

Проведенные исследования по оценке комплексного экологического эффекта замещения нефтяных топлив свидетельствуют о том, что газомоторное топливо, как наиболее безопасное для окружающей среды, экономически целесообразное и технологичное в сравнении с традиционными видами моторных топлив, имеет весомые основания быть наиболее востребованным в ближайшие годы.

## Использованные источники

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году». – М.: Минприроды России; НИА-Природа, 2017. – 760 с.

2. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Обобщенные данные о выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух от передвижных источников (автотранспорта и железнодорожного транспорта) в разрезе городов, субъектов, федеральных округов Российской Федерации. <http://data.gov.ru/opendata/7703381225-transport/data-20180417T1243-structure-20180417T1243.csv>

3. Проект Программы развития ООН / Глобального экологического фонда – Министерства транспорта Российской Федерации «Сокращение выбросов парниковых газов от автомобильного транспорта в городах России», <http://www.undp.ru/index.php?iso=RU&lid=2&cmd=programs&id=220>

4. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом. Москва, 2018.

5. Расчетная инструкция (методика) по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ автотранспортными средствами в атмосферный воздух. – М.: НИИАТ, 2008 г.

6. Атлас «Экологический эффект перевода автотранспорта на газомоторное топливо», <http://www.gazprom.ru/f/posts/61/454874/atlas-ecology-effect-gas-transport.pdf>

7. Мировой рынок ГМТ 17.03.2018, [http://www.gazpronin.ru/World\\_NGV\\_Stats2017.pdf](http://www.gazpronin.ru/World_NGV_Stats2017.pdf).

2. База для расчета: Volkswagen Golf (пробег 200 тыс. км).

# Применение легковоспламеняющейся жидкости для повышения эффективности холодного пуска дизеля

**Н.Н. Патрахальцев**, профессор РУДН, д.т.н.,  
**П.П. Ощепков**, доцент РУДН, к.т.н.,  
**И.С. Мельник**, инженер по сертификации АО(н) «Вольво», к.т.н.

Применение легковоспламеняющейся жидкости как добавки к дизельному топливу в процессе холодного пуска, то есть по принципу внутреннего смесеобразования, обеспечивает повышение надежности пуска холодного дизеля при низких температурах окружающего воздуха без предварительного прогрева. В сочетании с методом регулирования дизеля отключением части цилиндров достигается повышение устойчивости пуска и выхода двигателя на заданный режим.

**Ключевые слова:**

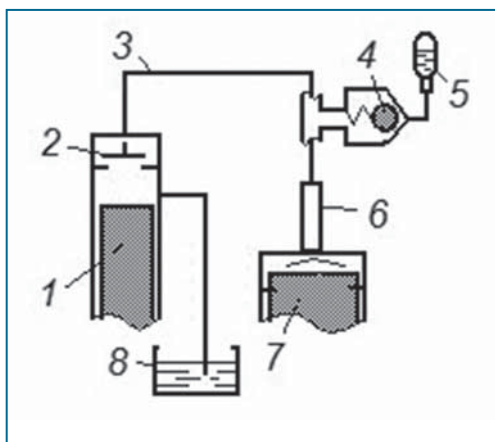
дизель, пуск дизеля, холодный пуск, устойчивость пуска, альтернативное топливо, легковоспламеняющаяся жидкость, отключение цилиндров.

**Э**ффективность, надежность пуска дизеля в условиях низких температур окружающего воздуха и безгаражного хранения машины, то есть «холодного» дизеля, существенно зависит от применяемого метода и средств обеспечения пуска. Возможности предпусковой подготовки дизеля часто ограничены, а ее проведение всегда требует больших затрат времени, сил, нередко сложного оснащения, а в экстремальных случаях – просто невозможно. В подобных ситуациях часто применяют электрофакельное устройство (ЭФУ) на впуске в дизель или подачу в цилиндры легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ). При этом ЛВЖ может подаваться на всасывание дизеля [1], то есть по принципу внешнего смесеобразования. ЛВЖ может впрыскиваться в цилиндры специальной форсункой [2] (что практически требует создания нового двигателя), то есть по принципу внутреннего смесеобразования. А также может впрыскиваться в цилиндры в виде смеси с дизельным топливом (ДТ) с помощью штатной форсунки [3], то есть также по принципу внутреннего смесеобразования, в этом случае уже по смеси топливу (ДТ+ЛВЖ).

Для реализации последнего метода штатная топливная система дизеля должна быть модернизирована в соответствии с принципиальной схемой, приведенной на рис. 1.

Система работает следующим образом. При прокрутке вала дизеля пусковым средством топливный насос (ТНВД) 1 подает топливо в ЛВД 3 и обычным порядком впрыскивает его через форсунку 6 в дизель 7. Клапан РНД 4 в это время закрыт усилием возвратной пружины и давлением топлива в ЛВД 3. При отсечке первого цикла подачи топлива нагнетательный клапан 2 садится в седло и своим





**Рис. 1.** Принципиальная схема системы подачи в дизель смеси ДТ и ЛВЖ: 1 – штатный топливный насос высокого давления (ТНВД); 2 – нагнетательный клапан с разгрузочным объемом; 3 – линия высокого давления (ЛВД); 4 – клапан регулирования начального давления (РНД); 5 – баллон с ЛВЖ; 6 – штатная форсунка закрытого типа; 7 – дизель; 8 – топливный бак с дизельным топливом

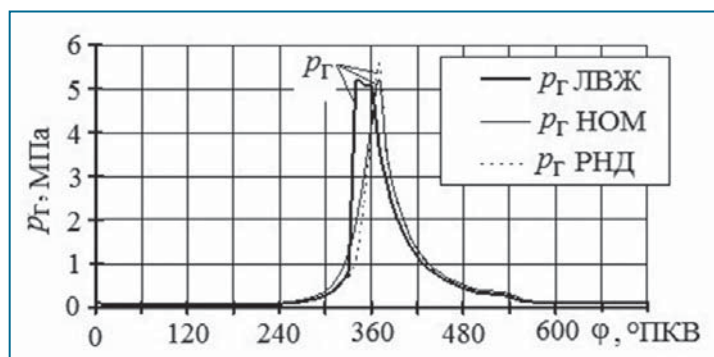
разгрузочным пояском формирует в ЛВД 3 волну пониженного давления – разрежения. При подходе волны к клапану РНД 4 он открывается под действием перепада между давлением ЛВЖ в баллоне 5 и давлением в ЛВД 3. ЛВЖ поступает в объем топлива в ЛВД, перемешивается с ним и образует смесевое топливо ДТ + ЛВЖ. В очередных циклах топливоподачи это смесевое топливо обычным порядком впрыскивается форсункой 6 в цилиндры дизеля. (Клапан 4 применялся ранее для регулирования начального давления в линии высокого давления, а потому был назван клапаном РНД [4]. В работах МГТУ им. Н.Э. Баумана этот клапан стали называть клапаном импульсной подачи добавки [5]). Низкая вязкость ЛВЖ, высокая испаряемость, высокое цетановое число обеспечивают хорошие распыливание, испарение и воспламеняемость горючей смеси в цилиндрах дизеля.

Методы «холодного» пуска с помощью ЭФУ и системы с клапаном РНД экспериментально исследованы применительно к дизелю типа КАМАЗ 7405 (зав. № 611644) в термобарокамере мод. ТВУ 8000/2 НТЦ АО «КАМАЗ» при температурах около  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При этом ЭФУ являлось штатным средством облегчения «холодного» пуска дизеля. Результаты и условия проведения экспериментальных исследований соответствовали ОСТ 37 001.052–87.

В ходе исследования получено, что при пусковой частоте вращения вала  $n_{\text{пуск}} \approx 100 \dots 130 \text{ мин}^{-1}$  время пуска дизеля со штатной системой составляло порядка 15 сек, а с системой с РНД – 5...7 сек. Следует отметить, что систему с подачей ЛВЖ через РНД можно использовать и при дальнейшем разгоне и прогреве двигателя.

Эффективность «холодного» пуска повышается и при вводе ЛВЖ на всасывание дизеля. Однако в этом случае продолжительность подачи пусковой жидкости должна быть ограничена, так как по мере протекания пуска – разгона происходит повышение температуры камеры сгорания. При этом задержка воспламенения горючей смеси уменьшается, что может приводить к слишком раннему, задолго до ВМТ, воспламенению, повышенной жесткости процесса, снижению развиваемого момента или даже к появлению отрицательного момента, то есть даже к проворачиванию вала против нормального направления вращения.

Эти явления демонстрируются на рис. 2, где приведено сравнение индикаторной диаграммы цикла номинального режима дизеля 4Ч11/12,5 ( $n_{\text{ном}} = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ), первого цикла пуска ( $n_{\text{пуск}} = 150 \text{ мин}^{-1}$ ) «холодного» двигателя при температуре  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  с подачей ЛВЖ на всасывание и с подачей смесевого топлива (ДТ+ЛВЖ) в цилиндры дизеля с помощью клапана РНД. (Экспериментальные результаты получены при испытаниях в климатической камере НТЦ Минского моторного завода).



**Рис. 2.** Сравнение индикаторных диаграмм ( $p_{\gamma}$ ) циклов номинального режима (НОМ), пуска «холодного» дизеля с ЛВЖ на всасывании (ЛВЖ) и с подачей ЛВЖ через клапан РНД (РНД)

Показано, что самовоспламенение горючей смеси (ЛВЖ с воздухом) при реализации внешнего смесеобразования произошло за 30 °ПКВ до ВМТ. Максимальная скорость нарастания давления превысила 0,45 МПа/°ПКВ, в то время как на номинальном режиме она составляла 0,14 МПа/°ПКВ. Максимальное давление цикла не превысило аналогичного показателя цикла номинального режима ( $p_z = 5,2$  МПа). Максимальные значения удельных суммарных сил при пуске с ЛВЖ на всасывании достигали 5 МПа, в то время как на номинальном режиме они составляют лишь 2,5 МПа. Мгновенные значения текущих положительного и отрицательного крутящих моментов на кривошипе коленчатого вала, полученные расчетом с использованием экспериментальных индикаторных диаграмм, составляли для номинального режима соответственно +1200 и -500 Н·м. А для первого цикла «холодного» пуска с подачей ЛВЖ на всасывании они составили +750 и -1300 Н·м.

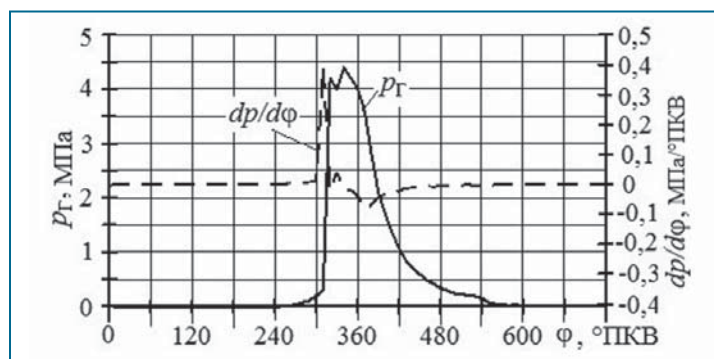
При вводе ЛВЖ через клапан РНД начало сгорания располагается вблизи ВМТ,  $p_z$  достигло 5,5 МПа, хотя максимальная жесткость процесса не превысила 0,2 МПа/°ПКВ. Мгновенные значения положительного и отрицательного крутящих моментов составили: +900 и -300 Н·м.

Следует отметить, что при таком методе достигается также увеличение эффективности процесса топливоподачи (повышается мелкость распыливания) как за счет снижения вязкости подаваемого (в этом случае смесевое) топлива, так и за счет повышения и стабилизации начального давления топлива перед циклами топливоподачи [6].

После обработки экспериментальных индикаторных диаграмм получено, что при «холодном» пуске с подачей ЛВЖ на всасывании средний индикаторный крутящий момент от всех цилиндров дизеля достигал 177 Н·м (для сравнения: на номинальном установившемся режиме он составляет 288 Н·м). А при подаче ЛВЖ через РНД он достигает 321 Н·м, что даже при очевидных повышенных механических потерях приближается к номинальному эффективному крутящему моменту.

Еще более существенно искажается индикаторная диаграмма, когда после трех неудавшихся попыток пуска с подачей ЛВЖ на всасывании произошло воспламенение почти за 50 °ПКВ до ВМТ (рис. 3).

Чрезмерный прогрев двигателя произошел из-за того, что три предыдущие попытки пуска при тех же условиях окружающей среды (-15 °С) закончились неудачно, то есть пуск не состоялся, а при четвертой попытке воспламенение состоялось, и этот первый цикл и показан на осциллограмме. При таком пуске



**Рис. 3.** Индикаторная диаграмма ( $p_r$ ) и скорость изменения давления ( $dp/d\phi$ ) первого цикла пуска ( $n = 150 \text{ мин}^{-1}$ ) дизеля 4С11/12,5 с подачей ЛВЖ на всасывании при чрезмерно прогревом двигателя

мгновенный отрицательный крутящий момент достигал 2000 Н·м. Максимальное значение жесткости процесса превысило 0,4 МПа/°ПКВ. В результате существенно снизился развиваемый при пуске средний крутящий момент, который стал практически в 10 раз меньше, чем при пуске в тех же условиях, но с подачей ЛВЖ через систему с клапаном РНД.

Следует отметить, что приведенные отрицательные, даже опасные свойства метода внешнего смесеобразования по ЛВЖ появляются при нарушениях установленных техническими требованиями условий, при которых рекомендуется применение метода. Однако в реальных условиях эксплуатации редко удается строго поддерживать эти установленные ограничительные параметры.

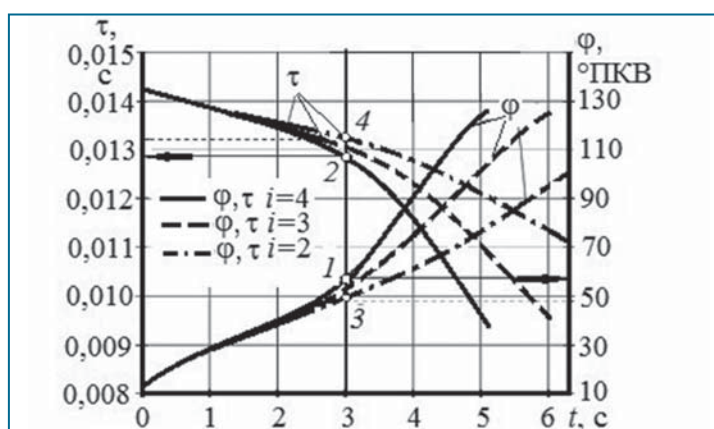
Как правило, различные средства для облегчения пуска используются только для одной указанной цели. Это снижает рентабельность применения таких решений. То есть, например, ЭФУ в остальных эксплуатационных режимах хоть и не является помехой, но и не улучшает показатели работы двигателя.

Иначе обстоит дело, если на двигателе применена система с РНД. Она, конечно, вносит определенные осложнения в систему топливоподачи дизеля, но зато может применяться и на других эксплуатационных режимах. Так, на режимах малых нагрузок и холостых ходов, подавая к РНД не ЛВЖ, а штатное дизельное топливо, можно повышением и стабилизацией начального давления топлива в ЛВД повысить стабильность и равномерность минимальных цикловых подач и тем самым снизить минимально устойчивую частоту вращения, расход топлива и т.д.

На режимах полных нагрузок целесообразно использовать РНД для ввода в топливо, например, жидкой фазы пропан-бутана [7]. Это позволяет снизить дымность ОГ, а при необходимости форсировать дизель по мощности без превышения ограничительного предела дымления. Таким путем достигается также дополнительное положительное корректирование внешней скоростной характеристики дизеля.

В условиях низких температур окружающего воздуха, когда высокая вязкость топлива создает проблемы с качеством топливоподачи и распыливания топлива, добавка через клапан РНД сжиженного пропан-бутана или других легких фракций углеводородов восстанавливает эти качества.

Систему с РНД можно применять для подачи в дизель многих других топлив, особенно целесообразно региональных, альтернативных, что в определенной степени помогает решению как энергетических, так и экологических проблем. Так, в условиях нефтедобычи в северных труднодоступных районах это может быть газовый конденсат.



**Рис. 4.** Изменение задержки воспламенения в единицах времени ( $\tau$ , с) и в градусах поворота коленчатого вала ( $\phi$ , °ПКВ) при разных вариантах разгона после пуска из холодного состояния (число активных, не выключенных цилиндров  $i = 4, 3, 2$ ); опережение впрыска при пуске составляет 10 °ПКВ до ВМТ

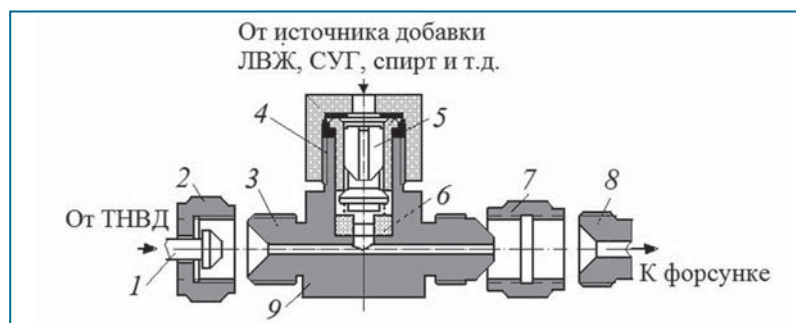
Одной из особенностей холодного пуска – разгона дизеля является вероятность появления неустойчивости пуска [8]. Его существо заключается в том, что после появления первых вспышек и начала разгона двигателя неожиданно происходит прекращение самовоспламенения смеси и двигатель «глохнет». Возможность и вероятность таких явлений предусмотрена ГОСТом, согласно которому успешным считается холодный пуск дизеля, если он произошел в течение заданного времени и не более чем после трех попыток.

Такие явления объясняются тем, что чрезмерно быстрое нарастание частоты вращения вала после появления первых вспышек приводит к смещению угла начала воспламенения смеси все дальше за ВМТ, то есть в области все более низких давлений и температур, а в результате – к прекращению самовоспламенения смеси. Это явление объясняет рис. 4, где расчетным путем показано, что при разгоне холодного двигателя время задержки воспламенения ( $\tau$ , с) изменяется сравнительно медленно, а угловое его значение ( $\phi$ , °ПКВ) возрастает чрезмерно. Изменить такую ситуацию можно практически снизив интенсивность разгона, то есть увеличив время прогрева двигателя по мере разгона, а следовательно уменьшив время задержки. Это может достигаться отключением части цилиндров двигателя после начала разгона без уменьшения цикловых пусковых подач.

Например, к третьей секунде разгона полноразмерного двигателя типа 4С11/12,5 с добавкой ЛВЖ к топливу задержка воспламенения по времени (точка 2 на рис. 4) составляет 0,0129 с. То есть меньше, чем при медленном разгоне (число активных цилиндров  $i = 2$ , точка 4), когда  $\tau = 0,0132$  с. Это происходит потому, что в этом случае выше частота вращения и более интенсивен прогрев двигателя. Но при этом задержка ( $\phi$ ) в угловых единицах (точка 1) составляет 58 °ПКВ, то есть больше, чем при медленном разгоне (точка 3,  $\phi = 49$  °ПКВ). Таким образом, при быстром разгоне раньше достигается критическая частота, при которой пропадает самовоспламенение смеси, и раньше проявляется неустойчивость пуска.

Другой способ устранения неустойчивости пуска – продолжение подачи ЛВЖ в дизельное топливо во время всего процесса разгона после пуска и стабилизации теплового состояния двигателя.

В проведенных до настоящего времени исследованиях узел с клапаном РНД



**Рис. 5.** Конструктивная схема включения узла с клапаном РНД в штатную систему топливоподачи:

1 – трубопровод от штатного ТНВД; 2 – накидная гайка; 3 – штуцер узла клапана РНД; 4 – штуцер корпуса клапана; 5 – клапан РНД; 6 – ограничитель хода клапана РНД; 7 – стяжная гайка; 8 – штуцер штатной форсунки; 9 – корпус узла клапана

всегда выполнялся так, чтобы его легко можно было монтировать на топливную систему без изменения конструкции дизеля, то есть путем модернизации. Один из вариантов такого исполнения показан на рис. 5. Очевидно, что для расширения возможностей система усложняется включением в нее источников добавок, возможно, и фильтров, необходимых трубопроводов. Дополнительных насосов, как правило, не требуется. А вот изменение нагнетательных клапанов штатного ТНВД иногда приходится осуществлять для увеличения степени разгрузки ЛВД при отсечке подачи с целью интенсификации волнового процесса в ней.

Таким образом, исследования подтвердили целесообразность организации холодного пуска дизеля подачей легковоспламеняющейся жидкости в смеси с основным дизельным топливом внутрь цилиндров с помощью системы топливоподачи с клапаном РНД. А в сочетании с методом регулирования дизеля отключением части цилиндров при разгоне после пуска обеспечивается дополнительное повышение устойчивости и надежности холодного пуска.

## Использованные источники

1. Купершмидт В.Л. Средства облегчения пуска двигателей в холодных условиях // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 1. – С. 30-32.
2. Burke James O., Solberg Dean R. Starting fluid injection system. Пат. № 5388553. США. МКИ<sup>6</sup> F 02 N 17/05. Опубл. 14.02.95.
3. Повышение эффективности холодного пуска дизеля / Н.Н. Патрахальцев, А.В. Фомин, Д.Х. Валеев и др. // Двигателестроение. – 1995. – № 2. – С. 79-80.
4. Патрахальцев Н.Н. Дизельные системы топливоподачи с регулированием начального давления // Двигателестроение. – 1980. – № 10. – С. 33-37.
5. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учеб. для вузов. 2-е изд. – М.: Легион – Автодата, 2005. – 344 с.
6. Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В. Повышение эффективности пуска – разгона дизеля созданием начального давления топлива // ДВС. Межвед. науч.-техн. сб. – Харьков: Вища школа, 1984, вып. 34. – С. 64-68.
7. Возможности форсирования дизеля изменением физико-химических свойств топлива / Н.Н. Патрахальцев, А.К. Синицын, А.А. Бадеев и др. // Строительные и дорожные машины. – 2005. – № 3. – С. 33-35.
8. Леонов О.Б., Патрахальцев Н.Н., Фомин А.В. Проблема неустойчивого пуска дизеля и пути ее решения // Известия вузов. Машиностроение. – 1999. – № 3. – С. 69-75.

# Повышение экологической безопасности дизельных двигателей путем использования топлив на основе метилового спирта

**В.А. Лиханов**, профессор, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА», д.т.н.,  
**О.П. Лопатин**, доцент кафедры ФГБОУ ВО «Вятская ГСХА», к.т.н.

Обоснована необходимость использования экологичного биотоплива для автотранспортных средств. Проанализированы возможности и пути использования ими биотоплива на основе метанола и метилового эфира рапсового масла (МЭРМ). Представлены физико-химические свойства указанных видов биотоплива. В целях разработки, определения и оптимизации состава экологичных видов биотоплива для дизелей проведены их испытания при работе на метаноле-топливной эмульсии (МТЭ) и метаноле с МЭРМ. Проведены экспериментальные исследования дизелей на указанных видах биотоплива и обосновано перспективное решение улучшения их экологических показателей. При работе дизеля на МТЭ происходит снижение содержания в отработавших газах (ОГ) – оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ) на 41,3 %, сажи на 85,5 %, диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) на 6,7 %, оксида углерода (СО) на 45,0 %; при работе на метаноле и МЭРМ –  $\text{NO}_x$  на 47,4%, сажи на 90,4 %, СО на 44,8 %.

**Ключевые слова:**

биотопливо, метанол, эмульсия, рапсовое масло, дизель.

**Х**орошо известно, что для автотранспорта постоянно разрабатываются и совершенствуются нормы выбросов вредных веществ не только в масштабах конкретного региона или страны, но и в рамках международных программ ЕЭК ООН. В настоящее время экологические требования к автотранспорту являются наиболее приоритетными, при этом экологичность ОГ производители уже закладывают в конструкцию автотранспортных средств на стадии проектирования, причем она не должна ухудшаться при их эксплуатации. Следовательно, несложно предположить, что будущее за экологически чистыми автомобилями, работающими на видах топлива, альтернативных нефтяному [1, 2].

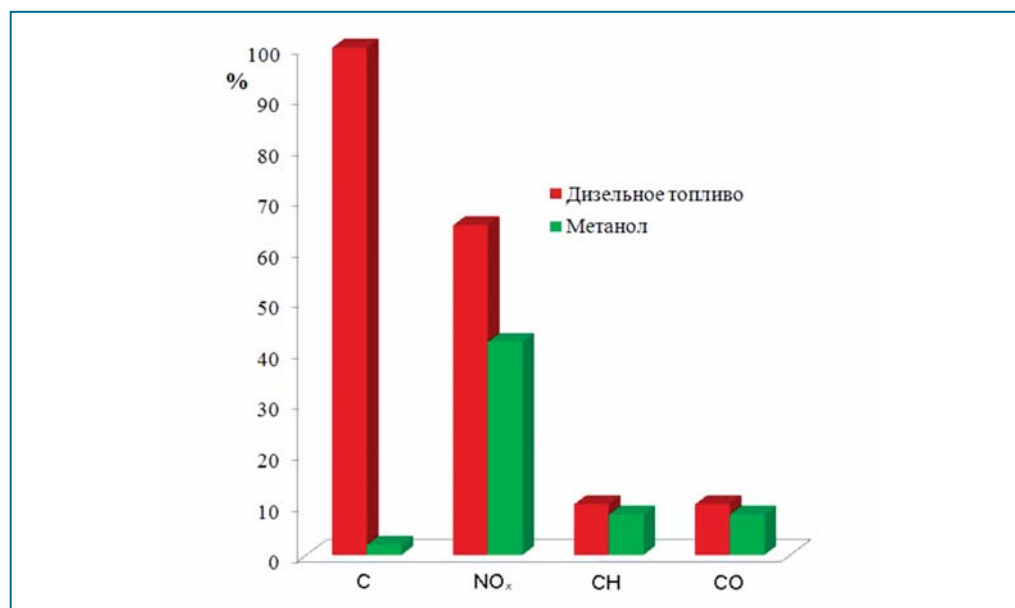
Все более широкое распространение получают альтернативные виды биотоплива на основе спиртов и растительных масел (рапсовое, подсолнечное, соевое, арахисовое, пальмовое), а также их производных. Интенсивные работы по переводу автотранспорта на биотопливо ведутся как в странах с ограниченным энергетическим потенциалом, так и в странах с большими запасами нефти, а также имеющих финансовую возможность приобретения различных альтернативных видов топлива [1, 3].

Наиболее исследованными и перспективными на сегодняшний день для применения в автотранспорте являются одноатомные первичные спирты, такие как метанол ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ). Среди положительных свойств метанола для применения в дизелях можно отметить наличие в его молекуле атома кислорода, что дает возможность использовать метанол в качестве оксигенатов (кислородсодержащие компоненты), способствующих снижению вредных выбросов сажи и CO в продуктах сгорания [4].

Метанол широко используется в химической промышленности, и немалые его объемы применяются в производстве топлив для автотранспорта. Использование этого спирта в качестве альтернативного биотоплива для автотранспорта стало возможным в результате его получения доступным способом из сельскохозяйственных и пищевых отходов, из газообразного топлива. Но более важная причина применения метанола – это снижение выбросов токсичных компонентов с ОГ автотранспорта (рис. 1) [5].

При использовании метанола как топлива для дизелей можно значительно снизить выбросы сажевых частиц и оксидов азота. Это происходит вследствие того, что при горении спирта в камере сгорания дизеля образуется в сравнении с дизельным топливом (ДТ) меньше промежуточных продуктов, способствующих зарождению ацетиленовых и ароматических углеводородов, которые и приводят к образованию сажи. Кроме того, в ОГ при сгорании метанола значительно меньше различных соединений серы. Метиловый спирт со своей более простой структурой и незначительными размерами молекул является одним из определяющих факторов более «чистого сгорания» топлива [5, 6].

Из всех существующих альтернативных видов топлива достаточно перспективными являются биотоплива и их смеси с ДТ в разных пропорциях (растительно-минеральные смеси), а сельскохозяйственные предприятия, потребляющие в качестве топлива главным образом нефтепродукты, в настоящее время вполне способны производить как для городского автотранспорта, так и для своей техники экологически чистое возобновляемое биотопливо [1, 7].



**Рис. 1.** Относительное содержание вредных веществ в ОГ автотранспорта, работающего на дизельном топливе и метаноле, % (за 100 % принято дизельное топливо по саже) [5]

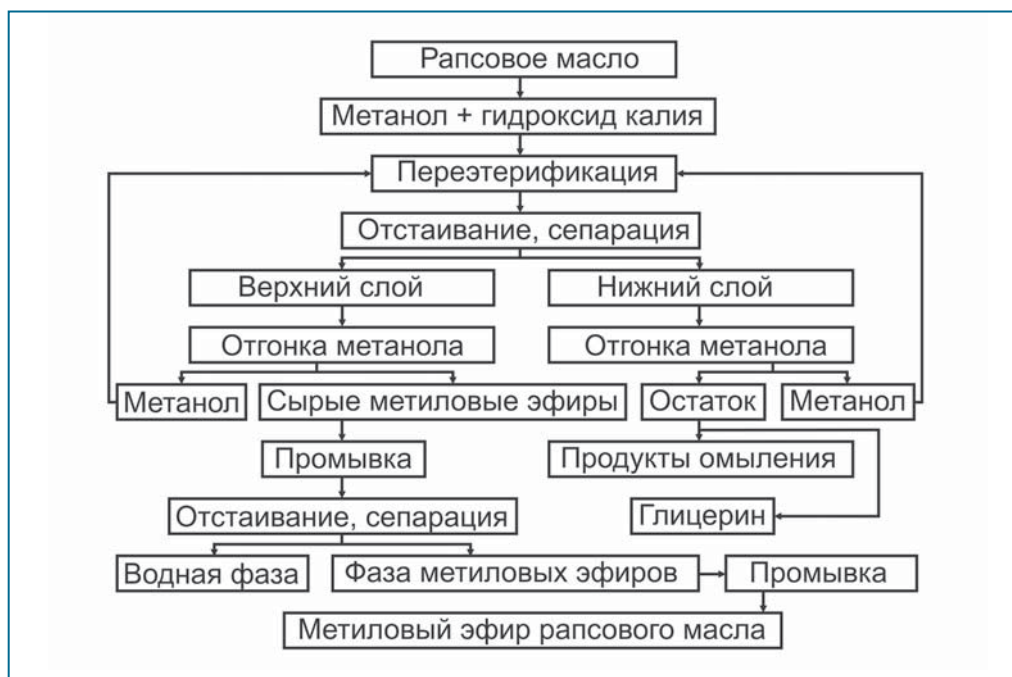


Рис. 2. Процесс метанолиза рапсового масла [5]

Произведенные расчеты [5] показывают, что энергозатраты на получение рапсовых семян составляют 17700 МДж/кг, на получение масла – 700 МДж/кг, при этом энергия, получаемая от масла, составляет 22200 МДж/кг. В связи с вышесказанным можно сделать вывод, что энергетическая прибыль с одного гектара посева рапса составляет 3800 МДж (что соответствует 110 л нефтяного дизельного топлива по своей энергетической ценности) [5].

Растительное масло любого вида – это смесь триглицеридов, то есть эфиров, соединенных с молекулой глицерина. Глицерин, в свою очередь, и придает вязкость и плотность растительному маслу. Таким образом, основной задачей при получении биотоплива является удаление глицерина путем замещения его спиртом. На данный момент альтернативные виды топлива из рапсового масла находят применение в натуральном виде, а также в виде метилового и диметилового эфиров рапсового масла [8].

На рис. 2 представлен процесс метанолиза рапсового масла. Производство МЭРМ из масла заключается в следующем: предварительно очищают рапсовое масло, затем добавляют метиловый спирт. Катализатором для данной реакции служит щелочь. Затем смесь нагревают до 50 °С, отстаивают и охлаждают. Жидкость расслаивается на две фракции – легкую и тяжелую. Легкая представляет собой метиловый эфир (или биотопливо), а тяжелая – глицерин [9].

Метиловый эфир рапсового масла можно охарактеризовать более низким уровнем коксования деталей дизелей, чем у этилового эфира рапсового масла, из-за более низкой вязкости и молекулярной массы. К тому же метиловые эфиры лучше сохраняются. К преимуществам этиловых эфиров можно отнести снижение дымности и температуры ОГ и меньшую агрессивность к деталям двигателя. В дальнейшем процессе производства этиловые эфиры менее вредны, но при очистке биотоплива с целью удаления излишков спирта возникают некоторые сложности, поскольку этиловый спирт формирует устойчивую водную эмульсию.



В связи с этим из-за более низкой себестоимости метанола производство МЭРМ рентабельнее. Поэтому МЭРМ как альтернативное экологичное биотопливо приобретает наибольшую популярность в странах Европы [10].

По сравнению с другими альтернативными топливами стоимость метанола невысока, а одним из его недостатков является большая теплота испарения при низкой температуре кипения (1104 кДж/кг против 250 кДж/кг у штатного дизельного топлива). Это приводит к охлаждению воздушного заряда вследствие испарения спирта при низких цетановых числах и высоких температурах самовоспламенения, что в итоге является причиной плохого воспламенения в камере сгорания дизеля. Поэтому воспламенение метанола в таких условиях возможно с помощью дополнительно установленных источников воспламенения, подачи его на впуске или использования различных катализаторов, которые способствуют снижению температуры воспламенения метанола, а также ускоряют процесс реакций горения. К еще одному эффективному способу воспламенения метанола в камере сгорания дизеля можно отнести подачу запальной порции штатного дизельного топлива в камеру сгорания. С целью улучшения воспламенения спиртов используют двойные системы топливоподачи, которые одновременно с подачей спирта (основное биотопливо) осуществляют и подачу запальной порции ДТ [11].

Требуемые физико-химические свойства альтернативного биотоплива обуславливают применение соответствующих технологий, способных обеспечить эксплуатационные, экономические и экологические показатели. При производстве биотоплива применяют различные виды растительных масел, таких как рапсовое, льняное, подсолнечное, пальмовое и др. При этом полученное биотопливо из разных растительных масел имеет ряд отличительных физико-химических признаков. К таким признакам относятся: низшая теплота сгорания, вязкость, плотность, фильтруемость, температура застывания, коксуемость, цетановое число и др. (табл. 1) [5].

Представленные в табл. 1 данные наглядно демонстрируют схожесть параметров биотоплива с ДТ по плотности и расхождению по кинематической вязкости, низшей теплоте сгорания и цетановому числу. Естественно, все это говорит о том, что в чистом виде один вид биотоплива сложно применим в дизеле, поэтому и было принято решение о применении биотоплива в формате МТЭ и МЭРМ в сочетании с метанолом, что позволяет приблизить значения физико-химических свойств биотоплива к штатному дизельному топливу [5, 12].

Таблица 1

### Физико-химические характеристики биотоплива и дизельного топлива [5]

Параметр	Метанол	Рапсовое масло	МЭРМ	ДТ
Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	795	877	860...900	863
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	0,55	80	12	3,0...6,0
Низшая теплота сгорания, МДж/м <sup>3</sup>	19,7	36,7	37,2	42,5
Цетановое число	3	44	51	45

Целью данной работы является применение экологических видов биотоплива в дизелях для улучшения их экологических показателей и экономии нефтяного моторного топлива.

Для проведения исследований создана экспериментальная база в научно-исследовательской лаборатории испытания дизелей кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов Вятской государственной сельскохозяйственной академии. Экспериментальная база включает электротормозной стенд SAK-N670 с балансирующим маятниковым механизмом, устанавливаемые на него дизели, измерительную аппаратуру.

Приготовление эмульсий осуществлялось гомогенизатором MPW-302 при частоте вращения вала  $2000 \text{ мин}^{-1}$ . Отбор проб отработавших газов производился газозаборниками автоматической системы газового анализа (АСГА-Т), установленными в выпускном трубопроводе дизеля. Дымность отработавших газов измерялась с помощью дымомера BOSCH-EFAW-68A.

При работе на метаноле и МЭРМ дизель оборудовался двойной системой топливоподачи. При этом воспламенение метанола осуществлялось за счет подачи запальной порции МЭРМ. Такая схема топливоподачи полностью исключает необходимость использования нефтяного ДТ. Запуск и прогрев автотранспортного дизеля происходил на МЭРМ, вслед за этим осуществлялась подача метанола, а подача МЭРМ снижалась до начала пропусков воспламенения. Затем для достижения устойчивой работы двигателя ее увеличивали. Таким образом, при использовании метанола и МЭРМ с двойной системой топливоподачи достигалось полное замещение нефтяного дизельного топлива [5, 13].

При испытаниях дизеля на спиртовой эмульсии использовался следующий состав: метанол – 25 %, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С-5А – 0,5 %, вода – 7 %, дизельное топливо – 67,5 %. Также для дизеля было разработано экологичное биотопливо, состоящее из метанола (88 %) и МЭРМ (12 %) [5, 14].

На рис. 3 представлены зависимости от нагрузки экологических показателей дизеля, работающего на МТЭ при номинальном скоростном режиме ( $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ). При анализе графиков токсичности и дымности ОГ дизеля при работе на МТЭ видно, что происходит снижение содержания во всем диапазоне исследования нагрузки  $\text{NO}_x$ , сажи С и  $\text{CO}_2$ , при этом содержание СО снижается только при максимальных значениях эффективной нагрузки  $p_e$ , а СН растет.

Результаты исследований экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 представлены в табл. 2.

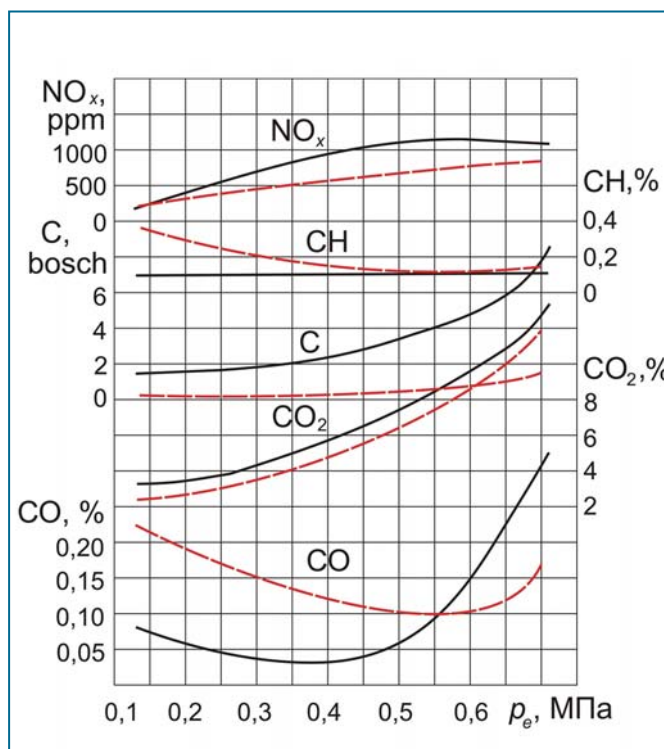


Рис. 3. Изменение экологических показателей работы дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки ( $p_e$ ):  
 — ДП;  
 - - - МТЭ

Таблица 2

Результаты исследований экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 на номинальном режиме работы ( $n = 2200 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,64 \text{ МПа}$ )

Топливо	Показатели			
	NO <sub>x</sub> , ppm	C, Bosch	CO <sub>2</sub> , %	CO, %
Дизельное	1320	6,2	10,5	0,20
МТЭ	775 (снижение на 41,3 %)	0,9 (снижение на 85,5 %)	9,8 (снижение на 6,7 %)	0,11 (снижение на 45,0 %)

Таблица 3

Результаты исследований экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 на номинальном режиме работы ( $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ ,  $p_e = 0,59 \text{ МПа}$ )

Топливо	Показатели		
	NO <sub>x</sub> , ppm	C, Bosch	CO, %
Дизельное	760	5,0	0,29
Метанол 88 %, МЭРМ 12 %	400 (снижение на 47,4 %)	0,48 (снижение на 90,4 %)	0,16 (снижение на 44,8 %)

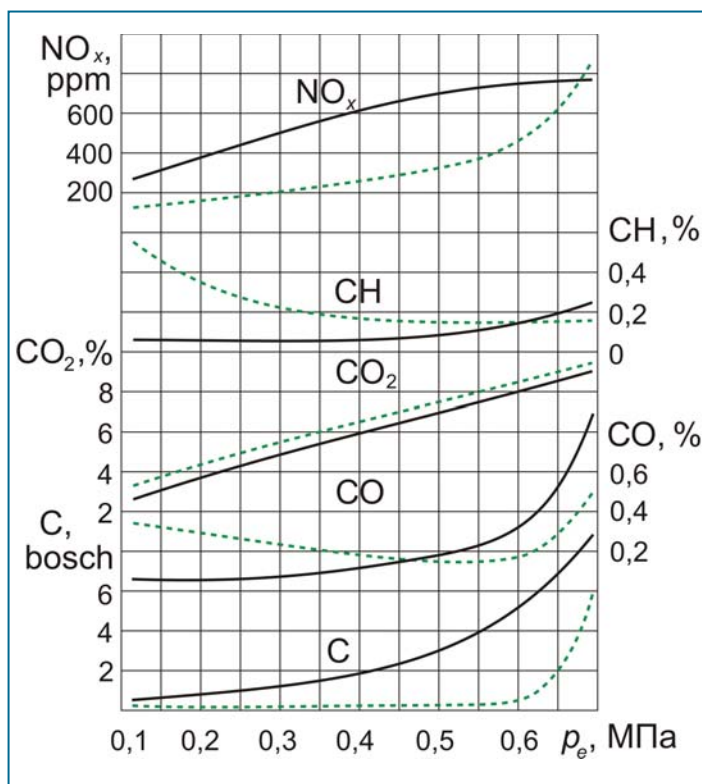


Рис. 4. Изменение экологических показателей работы дизеля 2Ч 10,5/12,0 в зависимости от изменения нагрузки ( $p_e$ ):

— — — — — ДП;  
- - - - - метанол и МЭРМ

На рис. 4 представлены зависимости от нагрузки экологических показателей дизеля, работающего на метаноле и МЭРМ с двойной системой топливоподачи при номинальном скоростном режиме ( $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ ).

При анализе графиков токсичности и дымности ОГ дизеля при работе на метаноле с МЭРМ видно, что происходит снижение содержания NO<sub>x</sub> во всем диапазоне исследования нагрузки (кроме максимального значения  $p_e = 0,69 \text{ МПа}$ ) и сажи C. Применение метанола и МЭРМ приводит к снижению оксида углерода CO при нагрузке, превышающей 0,47 МПа, и суммарных углеводородов CH на максимальных нагрузках при  $p_e > 0,60 \text{ МПа}$ , при этом отмечен незначительный рост диоксида углерода CO<sub>2</sub> во всем диапазоне исследования  $p_e$ .

Результаты исследований экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 приведены в табл. 3.

## Выводы

Предложено перспективное решение для улучшения экологических

показателей дизелей, работающих на биотопливе следующих составов:

- МТЭ: метанол – 25 %, моюще-диспергирующая присадка сукцинимид С-5А – 0,5 %, вода – 7 %, дизельное топливо – 67,5 %;
- метанол – 88 %, МЭРМ – 12 %.

При работе дизеля на МТЭ происходит снижение содержания в ОГ – оксидов азота на 41,3 %, сажи на 85,5 %, диоксида углерода на 6,7 %, оксида углерода на 45,0 %; при работе на метаноле и МЭРМ – оксидов азота на 47,4 %, сажи на 90,4 %, оксида углерода на 44,8 %.

## Использованные источники

1. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях: монография / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов, А.В. Шахов, В.В. Багров. – М.: ООО НИЦ «Инженер» (Союз НИО), ООО «Онико-М», 2011. – 536 с.
2. Jeevahan J., Mageshwaran G., Joseph G.B., Raj R.B.D., Kannan R.T. Various strategies for reducing NO<sub>x</sub> emissions of Biodiesel Fuel used in conventional Diesel engines: a review // Chemical Engineering Communications. – 2017. – V. 204. – № 10. – P. 1202-1223.
3. Pradelle F., Braga S.L., de Aguiar Martins A.R.F., Turkovics F., Pradelle R.N.C. Stabilization of Diesel-biodiesel-ethanol (DBE) blends: formulation of an additive from renewable sources // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2017. – V. 39. – № 9. – P. 3277-3293.
4. Sales E.A., Ghirardi M.L., Jorquera O. Subcritical ethylic Biodiesel production from wet animal fat and vegetable oils: a net Energy ratio analysis // Energy Conversion and Management. – 2017. – V.141. – P. 216-223.
5. Лиханов В.А., Копчиков В.Н., Фоминых А.В. Применение метанола и метилового эфира рапсового масла для работы дизеля 2Ч 10,5/12,0. – Киров: Вятская ГСХА, 2017. – 226 с.
6. Imdadul H.K., Zulkifli N.W.M., Masjuki H.H., Kalam M.A., Rashed M.M., Rashedul H.K., Alwi A., Kamruzzaman M. Experimental assessment of non-edible candlenut Biodiesel and its blend characteristics as diesel engine Fuel // Environmental Science and Pollution Research. – 2017. – V. 24. – № 3. – P. 2350-2363.
7. Aldhaidhawi M., Chiriac R., Badescu V. Ignition delay, Combustion and emission characteristics of Diesel engine fueled with rapeseed Biodiesel – a literature review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – V.73. – P. 178-186.
8. Kumar N. Oxidative stability of Biodiesel: causes, effects and prevention // Fuel. – 2017. – V.190. – P. 328-350.
9. Tran D.-T., Chang J.-S., Lee D.-J. Recent insights into continuous-flow Biodiesel production via catalytic and non-catalytic transesterification processes // Applied Energy. – 2017. – V.185. – P. 376-409.
10. Liu J., Nan Y., Tavlarides L.L. Continuous production of Ethanol-based Biodiesel under subcritical conditions employing trace amount of homogeneous catalysts // Fuel. – 2017. – V.193. – P. 187-196.
11. Bogatishcheva N.S., Faizullin M.Z., Nikitin E.D. Heat capacities and thermal diffusivities of n-alkane acid ethyl esters-biodiesel Fuel components // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2017. – V. 91. – № 9. – P. 1647-1653.
12. Likhanov V.A., Lopatin O.P. Use of Natural Gas, Methanol, and Ethanol Fuel Emulsions as Environmentally Friendly Energy Carriers for Mobile Heat Power Plants // Thermal Engineering. – 2017. – V.64. – № 12. – P. 935-944.
13. Likhanov V.A., Lopatin O.P. The Study of the Process of Combustion of the Alcohol-Fuel Emulsions and Natural Gas in a Diesel Engine // International Journal of Applied Engineering Research. – 2018. – V.13. – № 3. – P. 1703-1709.
14. Likhanov V.A., Lopatin O.P. Study of Loading Regimes of Diesel Engines Operating on Natural Gas // International Journal of Applied Engineering Research. – 2018. – V.13. – № 5. – P. 2936-2939.

## Устойчивость течения при газификации жидких сред

68

**В.А. Шишков**, начальник технического отдела ООО «Палладио»,  
г. Тольятти, академик РАН, д.т.н.

Цель исследования: повышение эффективности работы и устойчивости течения теплоносителя в парогенерирующем канале в энергетических машинах и установках. Разработаны конструкции теплообменных аппаратов и систем для газификации жидких сред, в том числе и криогенных, имеющие высокие показатели по устойчивой работе в широком диапазоне режимных параметров. За счет оптимального соотношения площадей проходных сечений парогенерирующих каналов, входных и выходных шайб, а также теплопередающих поверхностей повышена устойчивость течения в парогенерирующих каналах, кроме этого, снижена вероятность образования стержневого течения в каналах. За счет оптимизации площади теплопередачи парогенерирующих каналов различной протяженности уменьшена их длина, а значит и линейные габариты всего теплообменника, а также повышена эффективность теплопередачи. За счет подвода охлаждающей среды и при отключении подачи рабочего продукта в парогенерирующие каналы повышена надежность конструкции теплообменника-парогенератора на всех режимах работы энергетической установки.

**Ключевые слова:**

парогенерирующий канал, теплообменник, гидравлическое сопротивление, устойчивость течения.

**В** настоящее время как в энергетическом машиностроении, так и при использовании криогенных видов топлива возникает проблема с устойчивостью его течения в системе топливоподачи, связанная с изменением фазового состояния.

В известных устройствах для повышения устойчивости системы используют дополнительные гидравлические сопротивления по длине трубопровода парогенерирующего канала [1]. Недостатки этого способа в том, что он трудоемок в осуществлении из-за необходимости проведения значительного количества экспериментальных работ по определению места постановки гидравлического сопротивления для обеспечения устойчивости системы, а также в том, что не всегда можно добиться устойчивости течения теплоносителя без дополнительных мероприятий, например, увеличения гидравлического сопротивления на входе в парогенерирующий канал. В аналогичном устройстве [2] для повышения устойчивости системы применяют способ локализации процесса испарения жидкого продукта между двумя гидравлическими сопротивлениями. Недостаток способа в том, что не всегда возможно обеспечение устойчивости системы без значительного увеличения гидравлического сопротивления на входе и выходе парогенерирующего канала, что требует дополнительной мощности на прокачку рабочего продукта через этот канал.

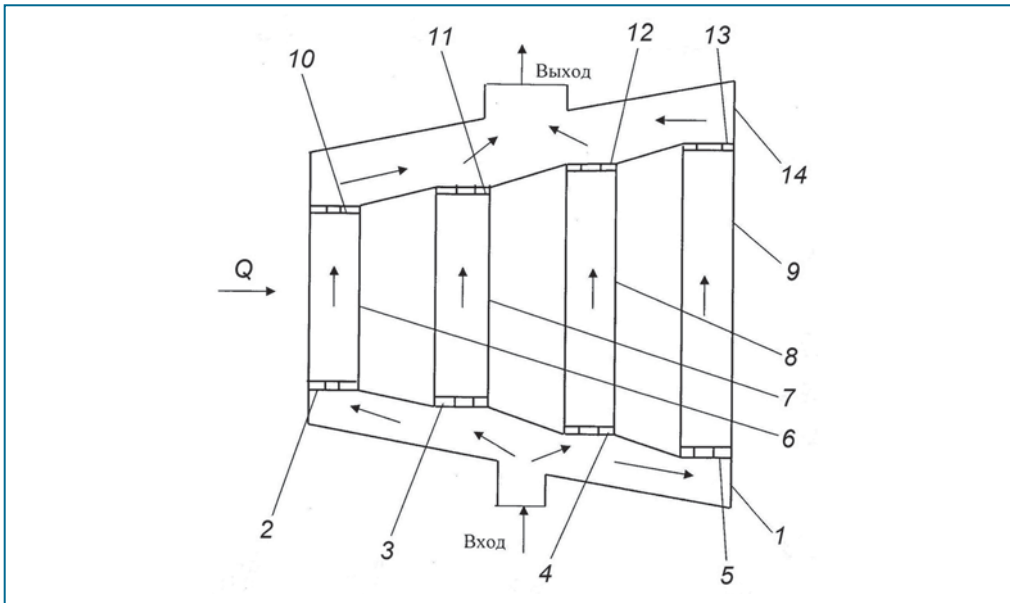
Задача данного исследования: повышение эффективности работы и устойчивости течения теплоносителя в парогенерирующем канале.

На рис. 1 представлена схема парогенератора с каналами различной длины и разными площадями дроссельных шайб на входе и выходе [3].

Площади проходных сечений входных шайб 2...5 парогенерирующих каналов большей длины превышают те, что у парогенерирующих каналов меньшей длины, то есть  $F_5 > F_4 > F_3 > F_2$ . Площади проходных сечений выходных шайб 10...13 для парогенерирующих каналов большей длины также превышают те, что у парогенерирующих каналов меньшей длины, то есть  $F_{13} > F_{12} > F_{11} > F_{10}$ . Рабочий продукт поступает из входного коллектора 1 через шайбы 2...5 (см. рис. 1) в соответствующие парогенерирующие каналы 6...9 различной длины с одинаковой площадью проходного сечения, где испаряется за счет подводимой через его стенки внешней теплоты  $Q$ . Далее через выходные шайбы 10...13 газовая фаза рабочего продукта выходит в смесительный коллектор 14. Отношение площадей  $F_{шиi} / F_{шиj}$  проходного сечения шайб 2...5 на входе в парогенерирующие каналы 6...9 прямо пропорционально отношению площадей  $F_{Qi} / F_{Qj}$  теплопередающих поверхностей этих же каналов, или, например, диаметр шайбы 2 на входе в один из парогенерирующих каналов в зависимости от диаметра шайбы 3 на входе в другой канал прямо пропорционален корню квадратному из отношения длин этих парогенерирующих каналов:

$$d_{шиi} = d_{шиj} (L_i / L_j)^{-0,5},$$

где  $L_i$  и  $L_j$  соответственно длина  $i$  и  $j$  парогенерирующих каналов.



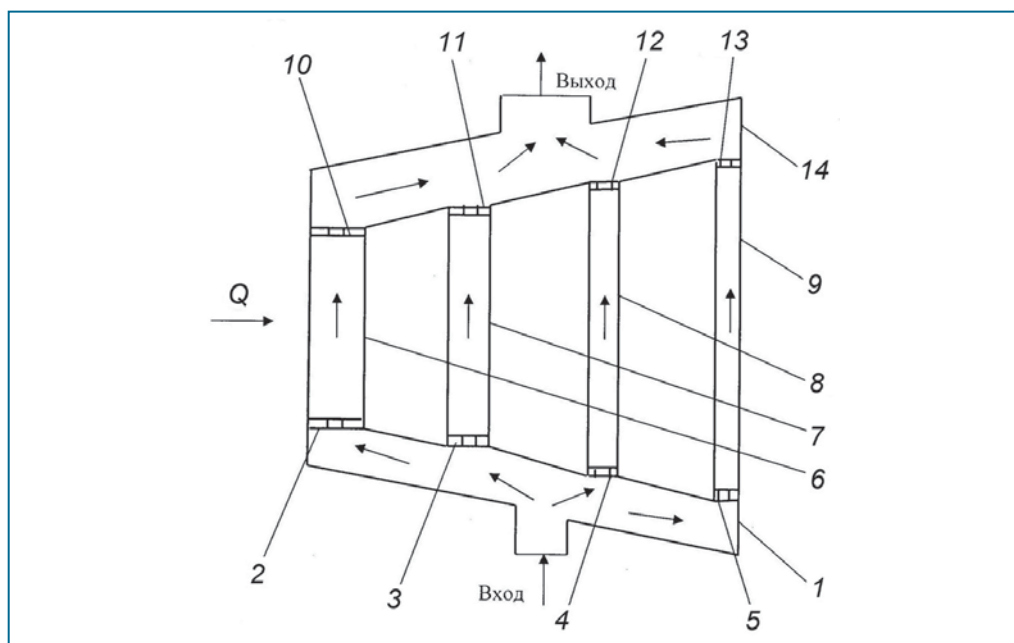
**Рис. 1.** Парогенератор с каналами различной длины и разными площадями дроссельных шайб на входе и выходе:

1 – входной коллектор; 2...5 – дроссельные шайбы; 6...9 – парогенерирующие каналы; 10...13 – дросселирующие шайбы; 14 – выходной коллектор

Расход рабочего тела на входе, например, в  $i$  парогенерирующий канал 6 пропорционален площади проходного сечения шайбы 2 на его входе:  $G_i = \rho W F_{шиi}$ . Из-за того, что площадь проходных сечений дросселирующих шайб 3...5 для парогенерирующих каналов 7...9 большей длины превышает ту, что у парогенерирующего канала 6 меньшей длины, и прямо пропорциональна отношению соответствующей

площади теплопередающей поверхности парогенерирующих каналов 7...9 большей длины к соответствующей площади теплопередающей поверхности парогенерирующих каналов 6...8 меньшей длины, количество теплоты, подводимой к единице расхода рабочего тела в парогенерирующих каналах 6...9 различной длины, будет примерно одинаковым. Идентичное количество подводимой теплоты к рабочему телу в парогенераторе, во-первых, снизит пульсационную составляющую давления и расхода рабочего тела в параллельных парогенерирующих каналах 6...9 различной длины, во-вторых, исключит вероятность образования стержневого режима течения рабочего продукта в коротких парогенерирующих каналах 6...8, при котором жидкая фаза рабочего продукта достигает соответствующих шайб 10...12 на выходе из парогенерирующих каналов 6...8, что в свою очередь приводит к возрастанию гидравлического сопротивления на его выходе, а значит и к неустойчивости работы парогенератора.

На рис. 2 представлена схема парогенератора с каналами различной длины и различного диаметра проходного сечения, у которого площади проходных сечений шайб на входе одинаковы для всех парогенерирующих каналов [3].



**Рис. 2.** Парогенератор с каналами различной длины и различного диаметра проходного сечения, у которого площади проходных сечений шайб на входе одинаковы для всех каналов:

1 – входной коллектор; 2...5 – дроссельные шайбы; 6...9 – парогенерирующие каналы разной площади проходного сечения; 10...13 – дросселирующие шайбы; 14 – выходной коллектор

Площади проходных сечений парогенерирующих каналов большей длины меньше, чем для парогенерирующих каналов меньшей длины, то есть  $F_6 > F_7 > F_8 > F_9$ . Площади проходных сечений входных шайб 2...5 для всех парогенерирующих каналов одинаковы, то есть  $F_5 = F_4 = F_3 = F_2$ . Площади проходных сечений выходных шайб 10...13 для всех парогенерирующих каналов одинаковы, то есть  $F_{13} = F_{12} = F_{11} = F_{10}$ . При этом теплопередающие площади всех парогенерирующих каналов 6...9 одинаковы, то есть  $F_{Q6} = F_{Q7} = F_{Q8} = F_{Q9}$ . Рабочий продукт поступает

из входного коллектора 1 через шайбы 2...5, имеющие одинаковое проходное сечение (см. рис. 2), в парогенерирующие каналы 6...9 различной длины парогенератора, где испаряется за счет подводимой через его стенки внешней теплоты  $Q$ , а далее через выходные шайбы 10...13 газовая фаза рабочего продукта выходит в смесительный коллектор 14.

Площади проходного сечения парогенерирующих каналов 7...9 большей длины меньше площади проходного сечения парогенерирующего канала 6 меньшей длины:  $F_9 < F_8 < F_7 < F_6$ , при этом площади теплопередающих поверхностей этих парогенерирующих каналов одинаковы:  $F_{Q5} = F_{Q4} = F_{Q3} = F_{Q2}$ , или диаметр парогенерирующего канала  $i$  большей длины  $L_i$  в зависимости от диаметра парогенерирующего канала  $j$  меньшей длины  $L_j$  обратно пропорционален отношению длин этих каналов:  $d_{ki} = d_{kj} (L_j / L_i)$ . Через входные шайбы 2...5, имеющие одинаковое проходное сечение, в парогенерирующие каналы 6...9 поступает одинаковый расход рабочего продукта. Из-за того, что площадь поперечного сечения парогенерирующих каналов большей длины меньше, чем парогенерирующих каналов меньшей длины, а площади теплопередающей поверхности парогенерирующих каналов 6...9 одинаковы, то подвод теплоты к рабочему продукту во всех парогенерирующих каналах различной длины примерно одинаков. Это позволяет, во-первых, уравнивать линейное гидравлическое сопротивление парогенерирующих каналов всех длин, что снижает пульсационные составляющие давления и расхода рабочего продукта в различных парогенерирующих каналах 6...9 парогенератора, во-вторых, исключить вероятность образования стержневого режима течения рабочего продукта в коротких парогенерирующих каналах 6...8, при котором жидкая фаза рабочего продукта может достигать шайб 10...12 на выходе из парогенерирующих каналов 6, 7 или 8, что в свою очередь приводит к возрастанию гидравлического сопротивления на их выходе, а значит и к неустойчивости работы парогенератора.

Устройство (см. рис. 1 и 2) в дополнение может содержать входные 2...5 и выходные 10...13 шайбы с одинаковым отношением соответствующих площадей проходных сечений этих шайб, то есть  $F_5 / F_{13} = F_4 / F_{12} = F_3 / F_{11} = F_2 / F_{10}$ . Одинаковое отношение площадей проходных сечений входных шайб к соответствующим площадям проходных сечений выходных шайб для длинных 8, 9 и коротких 6, 7 парогенерирующих каналов позволяет оптимально подводить жидкую фазу рабочего продукта к каждому из парогенерирующих каналов, а также оптимально отводить из них газовую фазу рабочего продукта. Это позволяет уменьшить пульсацию давления рабочего продукта в парогенерирующих каналах различной длины.

Устройство (см. рис. 1 и 2) может содержать все парогенерирующие каналы 6...9 (с соответствующими им шайбами) равного гидравлического сопротивления, то есть:

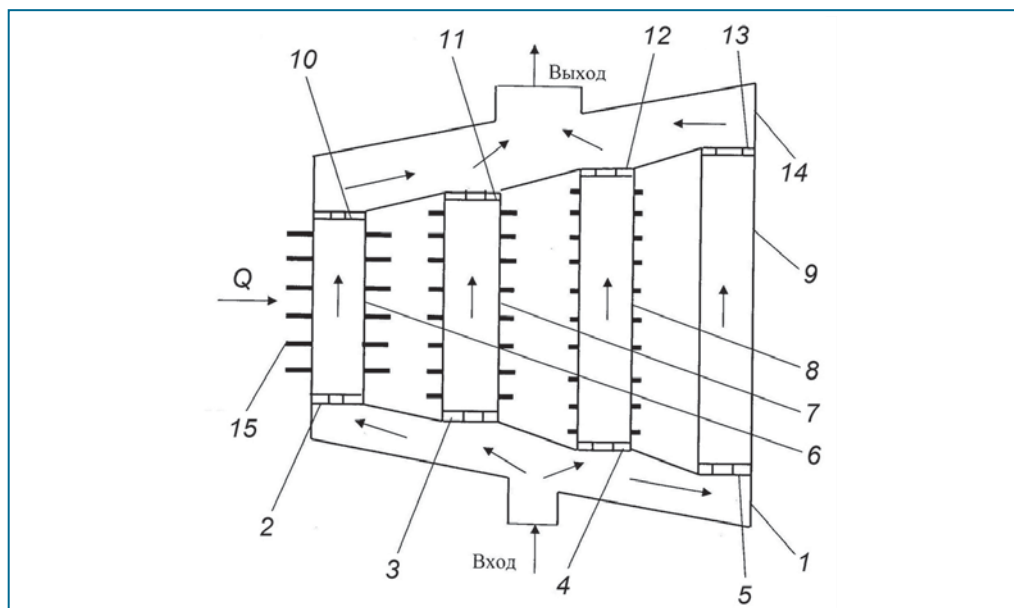
$$\Delta P_2 + \Delta P_6 + \Delta P_{10} = \Delta P_3 + \Delta P_7 + \Delta P_{11} = \Delta P_4 + \Delta P_8 + \Delta P_{12} = \Delta P_5 + \Delta P_9 + \Delta P_{13}.$$

Гидравлическое сопротивление каждого из парогенерирующих каналов 6...9 парогенератора вместе с соответствующими входными 2...5 и выходными 10...13 шайбами одинаково для всех парогенерирующих каналов. Одинаковое гидравлическое сопротивление парогенерирующих каналов позволяет иметь расход рабочего продукта пропорциональный количеству подводимой через стенку парогенерирующих каналов теплоты  $Q$ , что снижает пульсации плотности рабочего продукта в парогенерирующих каналах 6...9, а значит повышает устойчивость работы парогенератора.

На рис. 3 представлена схема парогенератора с каналами различной длины.



Короткие парогенерирующие каналы имеют наружные ребра, при этом для каждого короткого парогенерирующего канала сумма теплопередающей площади ребер и теплопередающей площади парогенерирующего канала равна площади теплопередающей поверхности длинного парогенерирующего канала без ребер [3].



**Рис. 3.** Парогенератор с каналами различной длины, короткие парогенерирующие каналы имеют наружные ребра:

1 – входной коллектор; 2...5 – дроссельные шайбы; 6...8 – короткие парогенерирующие каналы; 15 – наружные ребра; 9 – длинный парогенерирующий канал, не имеющий наружных ребер; 10...13 – дросселирующие шайбы; 14 – выходной коллектор

Соответствующие суммы теплопередающей площади ребер 15 (рис. 3) и теплопередающей площади парогенерирующих каналов 6...8 одинаковы и равны теплопередающей площади парогенерирующего канала 9, то есть:

$$F_{Q6} + F_{\text{ребра}Q6} = F_{Q7} + F_{\text{ребра}Q7} = F_{Q8} + F_{\text{ребра}Q8} = F_{Q9}.$$

Рабочий продукт поступает из входного коллектора 1 через шайбы 2...5 в парогенерирующие каналы 6...9 различной длины парогенератора, где испаряется за счет подводимой через его стенки и ребра 15 внешней теплоты  $Q$ , а далее через выходные шайбы 10...13 газовая фаза рабочего продукта выходит в смешительный коллектор 14. Площади теплопередающих поверхностей парогенерирующих каналов 6...8 в сумме с теплопередающей площадью ребер и парогенерирующего канала 9 одинаковы, то есть:

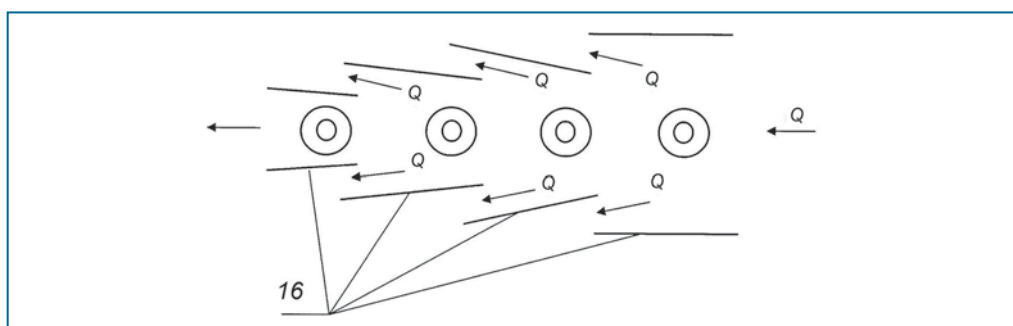
$$F_{Q6} + F_{\text{ребра}Q6} = F_{Q7} + F_{\text{ребра}Q7} = F_{Q8} + F_{\text{ребра}Q8} = F_{Q9}.$$

Из-за того, что площади теплопередающей поверхности вместе с ребрами 15 парогенерирующих каналов 6...8 и парогенерирующего канала 9 без ребер одинаковы, то и подвод теплоты к рабочему продукту во всех парогенерирующих каналах различной длины одинаков. Это позволяет, во-первых, уравнять линейное гидравлическое сопротивление парогенерирующих каналов 6...9 всех длин, что снижает пульсационные составляющие давления и расхода рабочего продукта в различных парогенерирующих каналах 6...9 парогенератора, во-вторых, исключить вероятность образования стержневого режима течения рабочего продукта в коротких парогенерирующих каналах 6...8, при котором жидкая фаза рабочего

продукта может достигать шайб 10...12 на выходе из парогенерирующих каналов 6, 7 или 8, что в свою очередь приводит к возрастанию гидравлического сопротивления на их выходе, а значит и к неустойчивости работы парогенератора.

Устройство также может иметь (см. рис. 1, 2, 3) поперечное направление внешнего горячего теплоносителя  $Q$  со стороны короткого парогенерирующего канала 6 в сторону длинного парогенерирующего канала 9. При подводе внешней теплоты  $Q$  в поперечном направлении со стороны парогенерирующего канала 6 меньшей длины в сторону парогенерирующего канала 9 большей длины часть теплоты  $Q$  горячего теплоносителя затрачивается на подогрев рабочего продукта в коротких парогенерирующих каналах 6...8. Это, во-первых, позволяет уменьшить вероятность стержневого течения рабочего продукта в коротких парогенерирующих каналах 6, 7, во-вторых, снизить температуру горячего теплоносителя при его движении от короткого 6 к длинным парогенерирующим каналам 8 и 9, что в свою очередь позволяет уменьшить тепловой поток к рабочему продукту в длинных парогенерирующих каналах 8 и 9. Но из-за их большей длины и большей площади теплопередачи эффективность теплопередачи во всех парогенерирующих каналах 6...9 парогенератора примерно одинакова. Кроме этого, снижается вероятность образования стержневого режима течения во всех парогенерирующих каналах 6...9, так как при подаче горячего теплоносителя со стороны длинного парогенерирующего канала 9 в сторону короткого парогенерирующего канала 6 он охлаждается в большей степени, чем если бы его подача была в обратном направлении, и количества теплоты было бы недостаточно для испарения жидкой фазы в коротких парогенерирующих каналах 6 и 7.

На рис. 4 представлен поперечный разрез парогенератора, у которого на пути внешнего горячего теплоносителя установлен дефлектор, распределяющий расход горячего теплоносителя по парогенерирующим каналам прямо пропорционально площадям теплопередающих поверхностей этих каналов [3].

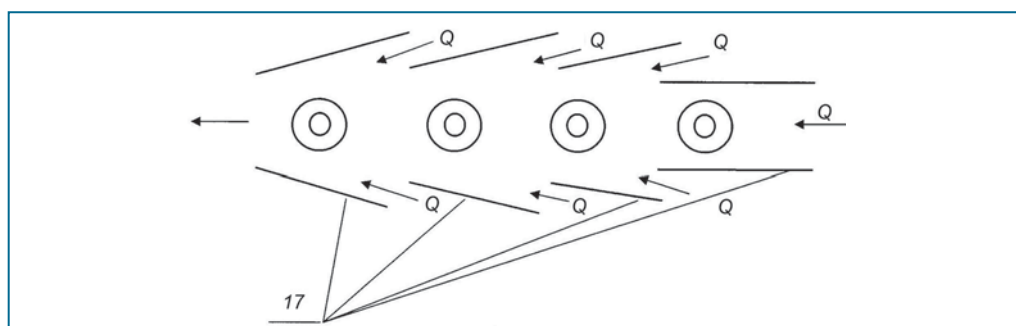


**Рис. 4.** Парогенератор с внешним отводящим дефлектором:  
16 – распределяющий дефлектор

Дефлектор 16 распределяет внешний горячий теплоноситель  $Q$  со стороны длинного парогенерирующего канала 9 в сторону короткого парогенерирующего канала 6, причем на короткий парогенерирующий канал 6 поступает наименьшее количество внешнего горячего теплоносителя  $Q$ , то есть  $Q_9 > Q_8 > Q_7 > Q_6$ . Дефлектор 16 позволяет распределить теплоту  $Q$  от внешнего теплоносителя в поперечном направлении к парогенерирующим каналам 6...9 различной длины пропорционально площадям их теплопередающей поверхности. Теплота, подведенная к парогенерирующим каналам различной длины пропорционально расходу рабочего тела, протекающему в них, позволяет снизить пульсации давления

между каналами, а также повысить эффективность теплопередачи в каждом из парогенерирующих каналов.

На рис. 5 представлен поперечный разрез парогенератора, у которого на пути внешнего горячего теплоносителя установлен направляющий дефлектор, распределяющий расход горячего теплоносителя по парогенерирующим каналам обратно пропорционально площадям теплопередающих поверхностей этих каналов [3].

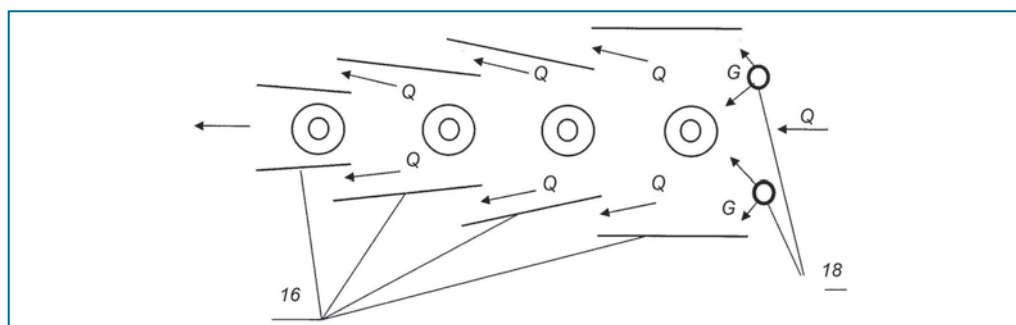


**Рис. 5.** Парогенератор с внешним направляющим дефлектором:  
17 – направляющий дефлектор

Направляющий дефлектор 17 (рис. 5) служит для поперечного распределения внешнего горячего теплоносителя  $Q$  со стороны длинного парогенерирующего канала 9 (см. рис. 1) в сторону короткого парогенерирующего канала 6 (см. рис. 1), причем на короткий парогенерирующий канал 6 поступает наибольшее количество внешнего горячего теплоносителя  $Q$ , то есть  $Q_6 > Q_7 > Q_8 > Q_9$ .

Дефлектор 17 позволяет распределить теплоту  $Q$  от внешнего теплоносителя в поперечном направлении к парогенерирующим каналам 6...9 (см. рис. 1) различной длины обратно пропорционально площадям их теплопередающей поверхности. Теплота, подведенная к парогенерирующим каналам меньшей длины 6 и 7, будет больше, чем для парогенерирующих каналов большей длины 8 и 9. Это позволяет устранить вероятность образования стержневого режима течения в коротких парогенерирующих каналах 6...8.

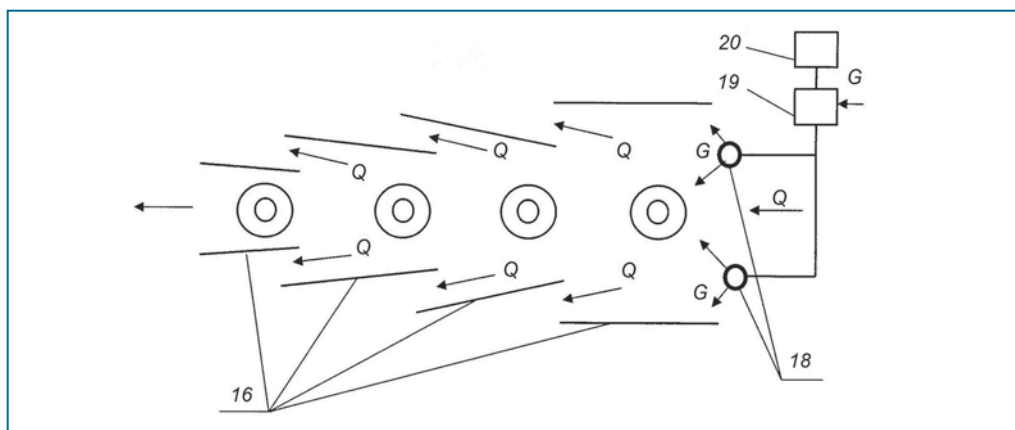
На рис. 6 представлен поперечный разрез парогенератора, у которого параллельно перед дефлектором и парогенерирующими каналами на входе горячего теплоносителя установлены перфорированные теплоизолированные каналы для подачи охлаждающей среды на дефлектор и парогенерирующие каналы [3].



**Рис. 6.** Парогенератор с каналами для подачи охлаждающей среды:  
16 – дефлектор; 18 – теплоизолированные каналы с отверстиями в направлении дефлектора и парогенерирующих каналов; G – расход охлаждающей среды;  
Q – горячий теплоноситель

При прекращении или снижении подачи рабочего тела в парогенерирующие каналы 6...9 (см. рис. 1), но при подаче снаружи теплоносителя  $Q$ , через перфорированные теплоизолированные каналы 18 (см. рис. 6) на наружную поверхность парогенерирующего канала 9 и на наружную поверхность дефлекторов 16 (см. рис. 6) или 17 (см. рис. 5) подают охлаждающую среду  $G$ . Это позволяет повысить надежность конструкции парогенерирующих каналов 6...9 (см. рис. 1) и дефлекторов 16 (см. рис. 6) или 17 (см. рис. 5) за счет создания пленочной завесы охлаждающей среды  $G$  (защита от прогорания стенок парогенерирующих каналов 6...9 и дефлекторов 16 или 17, а также их коробления под воздействием высокой наружной температуры при прекращении или снижении расхода рабочего продукта в парогенерирующих каналах 6...9). Кроме этого, за счет смешения горячего теплоносителя  $Q$  с охлаждающей средой  $G$  снижается суммарная температура среды снаружи парогенерирующих каналов 6...9 (см. рис. 1) и на поверхности дефлекторов 16 или 17.

На рис. 7 представлен поперечный разрез парогенератора, у которого перфорированные теплоизолированные каналы 18 соединены с регулятором расхода 19 охлаждающей среды, который в свою очередь соединен с блоком управления 20 [3].



**Рис. 7.** Парогенератор с регулируемой подачей охлаждающей среды:  
16 – дефлектор; 18 – теплоизолированные каналы с отверстиями в направлении дефлектора и парогенерирующих каналов; 19 – регулятор расхода;  
20 – блок управления;  $G$  – расход охлаждающей среды;  $Q$  – горячий теплоноситель

При увеличении количества внешней подводимой теплоты  $Q$  к парогенерирующим каналам 6...9 (см. рис. 1) и при прекращении подачи или снижении расхода рабочего продукта увеличивают расход охлаждающей среды  $G$  с помощью регулятора расхода 19, которым управляют от блока управления 20 (см. рис. 7) в зависимости от режима работы энергетической установки. Это повышает надежность конструкции парогенерирующих каналов 6...9 и дефлекторов 17 или 16 во всем диапазоне режимных параметров.

За счет оптимального соотношения площадей проходных сечений парогенерирующих каналов, входных и выходных шайб, а также теплопередающих поверхностей повышается устойчивость течения в парогенерирующих каналах, кроме этого, снижается вероятность образования стержневого течения в каналах. Благодаря оптимизации площади теплопередачи парогенерирующих каналов различной длины уменьшается их длина, а значит и линейные габариты

всего теплообменника, а также повышается эффективность теплопередачи. За счет подвода охлаждающей среды при отключении подачи рабочего продукта в парогенерирующие каналы повышена надежность конструкции теплообменника-парогенератора на всех режимах работы энергетической установки.

Таким образом, усовершенствован парогенератор, в котором изменены и оптимизированы характеристики парогенерирующего канала, входных и выходных дроссельных шайб.

### Использованные источники

1. Теплопередача в двухфазном потоке. Под ред. Д. Баттерворса и Г. Хьюитта: пер. с англ. – М.: Энергия, 1980. – 328 с.
2. Устойчивость кипящих аппаратов. И.И. Морозов, В.А. Герлига. – М.: Атомиздат, 1969. – С. 39.
3. Парогенератор: патент на изобретение № 2664038: МКИ<sup>6</sup> F 22 В 1/06, F 22 D 1/12, F 28 D 7/10 / Шишков В.А.; заявитель Шишков В.А. – №2017127938/06(048128); заявл. 3.08.2017.

#### Лукшо Владислав Анатольевич

15 сентября 2018 г. после тяжелой болезни на 70-м году жизни скончался Лукшо Владислав Анатольевич, один из старейших сотрудников ФГУП НАМИ.

В.А. Лукшо окончил Московский автодорожный институт (МАДИ) и работал в ФГУП «НАМИ» с 1973 г. Доктор технических наук, Заслуженный машиностроитель Российской Федерации, Лукшо В.А. за время работы в институте прошел путь от инженера до начальника управления энергосберегающих технологий и альтернативных топлив. Под его руководством и при непосредственном участии было проведено множество работ по газовой тематике. Он был признанным лидером в области научных и инженерных разработок двигателей внутреннего сгорания, работающих на газообразных и жидких альтернативных моторных топливах, систем хранения топлива на борту автомобилей и их подачи в двигатель.

Наиболее значимые разработки, выполненные под руководством Владислава Анатольевича: создание автономных автомобильных заправщиков природным газом сельскохозяйственной техники для министерства сельского хозяйства России; разработка, испытание и подготовка к серийному производству автомобильных газовых двигателей с искровым зажиганием на базе современных и перспективных двигателей семейств ЯМЗ-530 и КАМАЗ-910; разработка битопливных силовых установок на базе двигателей семейств ЯМЗ-656 и КАМАЗ-910.

За время работы в НАМИ Владислав Анатольевич зарекомендовал себя высококвалифицированным специалистом, успешным организатором работ, способным решать любые задачи. Будучи известным ученым, он находился в постоянном научном поиске, собрав вокруг себя учеников и специалистов, создал в НАМИ научную школу по газомоторной тематике, являющейся ведущей в России.

Он был постоянным автором научных статей в журнале «Транспорт на альтернативном топливе». Коллектив Национальной газомоторной ассоциации и журнала выражают искреннее соболезнование родным, друзьям и коллегам.

## Abstracts of articles

P. 45

*Environmental aspects of using natural gas as a motor fuel based on full life cycle assessment*

Alexander Ishkov, Natalia Pystina, Konstantin Romanov, Roman Teterevlev

In the search for effective ways to reduce the impact of motor vehicles on the environment and the population, a comparative study of the life cycle of motor fuels makes it possible to assess the main factors and the potential for improving the environmental situation. In the process of research of motor fuels in the full life cycle, the environmental characteristics of the use of motor fuels of oil and gas origin in motor vehicles are presented. The ecological efficiency of gas engine fuel is shown using the scenario of converting 50% of vehicles to compressed natural gas in federal districts and large cities of Russia.

The analysis of the use of natural resources, the loss of raw materials at various stages of the cycle, as well as the analysis of the negative impact on the environment is conducted. The results of the assessment of the environmental efficiency of motor fuels according to the calculations of the main parameters, including the following: specific emissions of pollutants; "Carbon footprint" and "toxic footprint" are presented.

It is shown that of the currently known effective ways of reducing the influence of gas-engine transport on the ecological situation and improving the environmental safety of motor vehicles operating on various types of fuel, the real practical importance is the replacement of motor fuels with natural gas. Research on environmental performance of fuel is aimed at developing environmentally safe transport that meets high standards of environmental quality.

**Keywords:** motor fuel life cycle, motor transportation complex, carbon footprint and toxic footprint of motor fuels, environmental efficiency, environmental benefits of natural gas.

*References*

1. State report «On the state and environmental protection of the Russian Federation in 2016». – М.: Ministry of Environment of Russia; NIA-Nature, 2017. – 760 p.
2. The Federal Service for Supervision of Natural Resources. Generalized data on emissions of pollutants into the air from mobile sources (road and rail) in the context of cities, subjects, federal districts of the Russian Federation. <http://data.gov.ru/opendata/7703381225-transport/data-20180417T1243-structure-20180417T1243.csv>
3. The project of the UN Development Program / Global Environment Facility - Ministry of Transport of the Russian Federation «Reduction of greenhouse gas emissions from road transport in the cities of Russia», <http://www.undp.ru/index.php?iso=RU&lid=2&cmd=programs&id=220>
4. National inventory report of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol. Moscow, 2018.
5. Settlement instruction (methodology) on inventory of emissions of pollutants by motor vehicles into the atmospheric air. – М.: NIIAT, 2008.
6. Atlas «The environmental effect of the transfer of motor vehicles to gas engine fuel», <http://www.gazprom.ru/f/posts/61/454874/atlas-ecology-effect-gas-transport.pdf>
7. The global market for GMT 03/17/2018, [http://www.gazpronin.ru/World\\_NGV\\_Stats2017.pdf](http://www.gazpronin.ru/World_NGV_Stats2017.pdf).

P. 55

*Application of light inflammable liquid for efficiency upgrading of diesel cold starting*

Nikolay Patrakhaltsev, Petr Oshepkov, Ivan Melnik

Efficiency upgrading and stability of diesel cold starting and accelerating is attained by addition of light inflammable liquid into diesel fuel during the engine starting and by disconnection of some cylinders.

**Keywords:** diesel, starting of diesel, cold starting, steady starting, alternative fuels, light inflammable liquids, disconnection of cylinders.

## References

1. Kupersmidt V.L. Means of facilitating engine start-up in cold conditions // Tractors and agricultural machines. – 2001. – № 1. – P. 30-32.
2. Burke James O., Solberg Dean R. Starting fluid injection system. Pat No. 5,388,553. United States. MKI6 F 02 N 17/05. Publ. 02/14/95.
3. Improving the efficiency of cold start diesel / N.N. Patrahaltsev, A.V. Fomin, D.H. Valeev et al. // Dvigatolestroyeniye. – 1995. – № 2. – p. 79-80.
4. Patrahaltsev N.N. Diesel fuel delivery systems with regulation of the initial pressure // Dvigatolestroyeniye. – 1980. – № 10. – p. 33-37.
5. Grekhov L.V., Ivashchenko N.A., Markov V.A. Fuel equipment and control systems of diesel engines: Proc. for universities. 2nd ed. – M.: Legion – Avtodata, 2005. – 344 p.
6. Patrahaltsev N.N., Fomin A.V. Improving the efficiency of start-up – acceleration of a diesel engine by creating the initial fuel pressure // ICE. Intermediate scientific and technical Sat – Kharkov: Vishcha school, 1984, no. 34. – P. 64-68.
7. Possibilities of forcing a diesel engine by changing the physicochemical properties of the fuel / N.N. Patrahaltsev, A.K. Sinitsyn, A.A. Badeev et al. // Construction and road machines. – 2005. № 3. – p. 33-35.
8. Leonov O.B., Patrahaltsev N.N., Fomin A.V. The problem of unstable start-up of a diesel engine and ways to solve it // News of universities. Engineering. – 1999. – № 3. – P. 69-75.

## P. 61

### *Improving the environmental safety of diesel engines using fuels based on methyl alcohol*

**Vitaly Likhanov, Oleg Lopatin**

The necessity of the use of sustainable biofuels for motor vehicles is explained. The possibilities and ways of using biofuels on the basis of methanol and methyl ether of rapeseed oil (MERO) are analyzed. The physical and chemical properties of these biofuels are presented. The tests were carried out when working on methanol–fuel emulsion (MFE) and methanol with MERO in order to develop, determine and optimize the composition of environmentally friendly biofuels for diesel engines. Experimental studies of diesels on these types of biofuels were carried out and a promising solution for improving their environmental performance was justified. When the diesel engine is running on the MFE, the content in the exhaust gases is decreased (EG) – nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) by 41,3%, soot (C) by 85,5%, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) by 6,7%, carbon oxide (CO) by 45,0%; when working on methanol and MERO – NO<sub>x</sub> by 47,4%, soot by 90,4%, CO by 44,8%.

**Keywords:** biofuel, methanol, emulsion, rapeseed oil, diesel.

## References

1. Use of vegetable oils and fuels based on them in diesel engines: monograph / V.A. Markov, S.N. Devyanin, V.G. Semenov, A.V. Shakhov, V.V. Bagrov. – M.: LLC Research and Development Center «Engineer» (Union NIO), LLC Oniko-M, 2011. – 536 p.
2. Jeevahan, J., Mageshwaran, G., Joseph, G.B., Raj, R.B.D., Kannan R.T. Various strategies for reducing NO<sub>x</sub> emissions from biodiesel fuel used in conventional diesel engines: a review // Chemical Engineering Communications. – 2017. – V. 204. – № 10. – P. 1202-1223.
3. Pradelle F., Braga S.L., de Aguiar Martins A.R.F., Turkovics F., Pradelle R.N.C. Stabilization of Diesel–biodiesel–ethanol (DBE) blends: formula of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2017. – V. 39. – № 9. – P. 3277-3293.
4. Sales E.A., Ghirardi M.L., Jorquera O. Subcritical ethylic biodiesel production from animal fat and vegetable oils: a net Energy ratio analysis // Energy Conversion and Management. – 2017. – V.141. – P. 216-223.

5. Likhanov V.A., Kopchikov V.N., Fominykh A.V. The use of methanol and methyl oil of rapeseed oil for the operation of a 2CH 10.5 / 12.0 diesel. – Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2017. – 226 p.
6. Imdadul HK, Zulkifli NWM, Masjuki HH, Kalam MA, Rashed MM, Rashedul HK, Alwi A., Kamruzzaman M. Experimental assessment . – 2017. – V. 24. – № 3. – p. 2350-2363.
7. Aldhaidhawi M., Chiriac R., Badescu V. Ignition delay, Combustion and emission characteristics of a diesel engine fueled with rapeseed Biodiesel – a literature review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – V.73. – P. 178-186.
8. Kumar N. Oxidative stability of Biodiesel: causes, effects and prevention // Fuel. – 2017. – V.190. – P. 328-350.
9. Tran D.-T., Chang J.-S., Lee D.-J. Recent insights into continuous-flow biodiesel production through catalytic and non-catalytic transesterification processes // Applied Energy. – 2017. – V.185. – P. 376-409.
10. Liu J., Nan Y., Tavlarides L.L. Continuous production of Ethanol-based Biodiesel under subcritical conditions and employing trace amounts of homogeneous catalysts // Fuel. – 2017. – V.193. – P. 187-196.
11. Bogatishcheva N.S., Faizullin M.Z., Nikitin E.D. Heat resistance and thermal diffusivities of n-alkane acid ethyl esters-biodiesel Fuel components // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2017. – V. 91. – № 9. – P. 1647-1653.
12. Likhanov V.A., Lopatin O.P. Methanol, and Ethanol Fuel Emulsions for Energy, Heat & Heat Plants, Thermal Engineering. – 2017. – V.64. – № 12. – P. 935-944.
13. Likhanov V.A., Lopatin O.P. It is a study of the natural gas in a diesel engine // International Journal of Applied Engineering Research. – 2018. – V.13. – № 3. – P. 1703–1709.
14. Likhanov V.A., Lopatin O.P. Study of Diesel Regimes of Diesel Engines Operating on Natural Gas // International Journal of Applied Engineering Research. – 2018. – V.13. – № 5. – P. 2936-2939.

### P. 68

#### *Stability of current at evaporation of liquid environments*

Vladimir Shishkov

The purpose of work is to increase the efficiency and stability of the coolant flow in the steam generating channel in energy machines and installations. Designs of heat exchangers and systems for gasification of liquid media, including cryogenic ones, with high rates of stable operation in a wide range of operating parameters have been developed. Due to the optimal ratio of the areas of passage sections of the steam generating channels, inlet and outlet washers, as well as heat transfer surfaces, the stability of the flow in the steam generating channels is increased, and the probability of formation of a rod flow in the channels is also reduced. By optimizing the heat transfer area of the steam generating channels of different lengths, their length, and hence the linear dimensions of the entire heat exchanger, as well as the heat transfer efficiency, are reduced. Due to the supply of the cooling medium and when the supply of the working product is turned off into the steam generating channels, the reliability of the design of the heat exchanger-steam generator is improved in all operating modes of the power plant.

**Keywords:** steam generating channel, heat exchanger, hydraulic resistance, flow stability.

#### *References*

1. Heat transfer in a biphasic flow. Editor. D. Battavorosa and G. Huitta: translation to eng. – M.: Energy, 1980. – 328 p. (In Russ.)
2. Stability of boiling devices. I.I. Frosts, V.A. Gerliga. Atomizdat. 1969. – 280 p. (In Russ.)
3. The steam generator: the patent for the invention № 2664038: MKI 6 F 22 B 1/06, F 22 D 1/12, F 28 D 7/10 / Shishkov V.A.; the applicant Shishkov V.A. – № 2017127938/06 (048128); 3.08.2017. (In Russ.)



## Авторы статей в журнале № 6 (66) 2018 г.

**Ишков Александр Гаврилович**,  
заместитель начальника департамента –  
начальник управления ПАО «Газпром», д.х.н.,  
e-mail: A.Ishkov@adm.gazprom.ru

**Лиханов Виталий Анатольевич**,  
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Тепловых  
двигателей, автомобилей и тракторов  
ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, 610017, г. Киров,  
Октябрьский проспект, 133,  
e-mail: lihanov.fsp@mail.ru, тел. (8332) 57-43-07

**Лопатин Олег Петрович**,  
к.т.н., доцент ФГБОУ ВПО «Вятская государственная  
сельскохозяйственная академия», служебный  
адрес: 610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133, кафедра  
ДВС, р.т. 8 (8332) 37-57-28, м.т. 912 361-77-55,  
e-mail: nirs\_vsaa@mail.ru

**Луктан Александр Александрович**,  
начальник отдела технического обеспечения  
инфраструктурных проектов Gazprom EP International B.V.,  
e-mail: A.Lukhtan@gazprom-international.com

**Мельник Иван Сергеевич**,  
к.т.н., инженер по сертификации АО(н) «Вольво», к.т.н.,  
м.т.: 8-905-786-00-39;  
e-mail: ivan.melnik@volvo.com

**Митрохин Алексей Михайлович**,  
главный специалист отдела технического  
обеспечения инфраструктурных проектов  
Gazprom EP International B.V.,  
e-mail: A.Mitrokhin@gazprom-international.com

**Ощепков Пётр Платонович**,  
доцент департамента машиностроения  
и приборостроения Инженерной академии  
Российского университета дружбы народов (РУДН), к.т.н.,  
р.т.: 8-495-952-95-89, м.т.: 8 925 321 41 32

**Патрахальцев Николай Николаевич**,  
д.т.н., Заслуженный работник высшей школы РФ,  
профессор-консультант Университета дружбы  
народов (РУДН),  
р.т. 952-62-47, м.т. 915 278-54-06,  
e-mail: patрахальцев37@mail.ru

**Пыстина Наталья Борисовна**,  
директор центра экологической безопасности,  
энергоэффективности и охраны труда  
ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.э.н.,  
р.т. +7 (498) 657-40-49,  
e-mail: N\_Pystina@vniigaz.gazprom.ru

**Романов Константин Владимирович**,  
начальник отдела ПАО «Газпром», к.э.н.,  
e-mail: K.Romanov@adm.gazprom.ru

**Сидоров Игорь Витальевич**,  
главный специалист Отдела технического  
обеспечения инфраструктурных проектов  
Gazprom EP International B.V.,  
e-mail: I.Sidorov@gazprom-international.com

**Тетеревлев Роман Викторович**,  
главный технолог ПАО «Газпром»,  
e-mail: R.Teterevlev@adm.gazprom.ru

**Чебаненко Евгений Александрович**,  
специалист отдела технического обеспечения  
инфраструктурных проектов Gazprom EP International B.V.,  
e-mail: E.Chebanenko@gazprom-international.com

**Шишков Владимир Александрович**,  
д.т.н., академик РАЕ, начальник технического отдела  
ООО «Палладио»,  
e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

## Contributors to journal issue No 6 (66) 2018

**Chebanenko Evgenii**,  
specialist of infrastructure projects division Gazprom EP  
International B.V.,  
e-mail: E.Chebanenko@gazprom-international.com

**Ishkov Alexander**,  
deputy chief of department – managing director,  
Public Joint Stock Company Gazprom, Doctor of Chemistry,  
e-mail: A.Ishkov@adm.gazprom.ru

**Likhanov Vitaly**,  
Academician of RTA, Professor of Vyatka State Agricultural  
Academy, Dr. Sci. Tech., phone: +7 (8332) 57-43-07,  
e-mail: info@vgsa.info

**Lopatin Oleg**,  
Ph.D., Associate Professor  
of Vyatka State Agricultural Academy,  
phone: + (8332) 37-57-28,  
e-mail: nirs\_vsaa@mail.ru

**Lukhtan Alexander**,  
head of infrastructure projects division, Gazprom EP  
International B.V.,  
e-mail: A.Lukhtan@gazprom-international.com

**Melnik Ivan**,  
candidate of engineering science, compliance engineer,  
AO Volvo,  
e-mail: ivan.melnik@volvo.com

**Mitrokhin Alexey**,  
chief specialist of infrastructure projects division,  
Gazprom EP International B.V.,  
e-mail: A.Mitrokhin@gazprom-international.com

**Oschepkov Petr**,  
assistant professor, Peoples' Friendship University  
of Russia (PFUR), Candidate of Sciences,  
phone: + 7 925 321-1-32,  
e-mail: o.p.p.67@mail.ru

**Patрахальцев Nikolay**,  
Dr.Sc., prof. of Department of Thermotechnics  
and Thermal Engines of Russian Peoples' Friendship University  
(RPFU), Moscow,  
e-mail: patрахальцев37@mail.ru

**Pystina Natalia**,  
PhD in Economics, Corresponding Member  
of the Russian Academy of Natural Sciences, Chief of Centre,  
LLC Gazprom VNIIGAZ,  
e-mail: N\_Pystina@vniigaz.gazprom.ru

**Romanov Konstantin**,  
head of section, Public Joint Stock Company Gazprom,  
PhD in Economics,  
e-mail: K.Romanov@adm.gazprom.ru

**Shishkov Vladimir**,  
Doktor of Science (Technical), The academician Academy  
of Natural History, Chief of a technical department  
ООО «Палладио», Togliatti,  
e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru.

**Sidorov Igor**,  
chief specialist of infrastructure projects division,  
Gazprom EP International B.V.,  
e-mail: I.Sidorov@gazprom-international.com

**Teterevlev Roman**,  
chief technologist (Public Joint Stock Company Gazprom),  
phone: + 7 (495) 719-69-20,  
e-mail: R.Teterevlev@adm.gazprom.ru