



ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



№ 2 (62) 2018



EcoGas для Чемпионата мира по футболу FIFA 2018

В Китае растет производство электромобилей

Зарождение рынка СПГ в Дунайском регионе



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

Д.В. Люгай

генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.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., исполнительный директор НГА

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 15.02.2018 г.

Подписано в печать 15.03.2018 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



Поздравления журналу «Транспорт на альтернативном топливе» в связи с 10-летием со дня выхода в свет первого номера	3
Чемпионат мира по футболу FIFA 2018 обеспечат топливом EcoGas	4
«Газпром» расширяет газозаправочную сеть	6
АВТОВАЗ в 2019 году начнет продажи двухтопливных LADA Largus и Granta	8
Кавтарадзе Р.З., Натриашвили Т.М., Глonti М.Г., Бахрамов Э.В. Частично-гомогенное сгорание традиционных и альтернативных топлив в дизелях <i>Часть 2. Стратегия впрыскивания топлива</i>	9
Патрахальцев Н.Н., Ластра Л.А., Камышников О.В. Снижение дымности отработавших газов дизеля в условиях высокогорья	25
Конопляник А.А., Сергаева А.А. Зарождение рынка сжиженного природного газа в Дунайском регионе <i>Аналогии развития рынка СПГ Дунайского региона и региона Северного и Балтийского морей.</i>	32
Своевременно занять нишу на рынке газомоторного топлива	44
Уральские газовики пополнили автопарк газомоторной техникой	48
Хазиев А.А. В МАДИ прошел заезд школьников на спортивных болидах	50
«Газпром» обеспечит заправку новых газомоторных локомотивов на Свердловской железной дороге	52
Сазонов С.Л., Чэнь Сяо Стремительное развитие производства автомобилей на альтернативном топливе в КНР	53
Автопробег газомоторной техники по маршруту Европа – Китай	72
Когда морские суда перейдут с солянки на сжиженный газ.	73
Abstracts of articles	78
Авторы статей в журнале № 2 (62) 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

Lyugai, D.V.

Director General of Gazprom VNIIGAZ,
Doctor of Engineering

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»,

executive director, NGVRUS

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 15.02.2018

Endorsed to be printed on 15.03.2018

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

Celebrating the 10th year anniversary of the journal.	3
EcoGas for the 2018 FIFA World Cup.	4
Gazprom widens the network of gas-filling stations	6
AvtoVAZ to start distribution of dual-fuel Lada Lagrus and Lada Granta in 2019	8
Revaz Kavtaradze, Tamaz Natriashvili, Merab Glonti, Elshan Bahramov Partially homogeneous combustion of traditional and alternative fuels in diesel engines <i>Part 2. Strategy of fuels injection</i>	9
Nikolay Patrakhaltsev, Luis Lastra, Oleg Kamyshnikov Reduction of smoke in diesel exhaust gases in high-mountain conditions	25
Andrey Konoplyanik, Alisa Sergayeva Rise of the liquefied natural gas market in the Danube region <i>Analogies of the development of the LNG market in the Danube region and the region of the North and Baltic Seas.</i>	32
Just in Time to Carve Out a Niche in the NGV Fuel Market	44
Ural Gasworkers Reinforced the Fleet With Gas-Engine Vehicles	48
Anvar Khaziev The center of technological support of education conducted the fireball heat for students in MADI.	50
Segrey Sazonov, Chen Xiao The rapid development of vehicles on alternative fuel production in China	53
Car rally of gas-engine vehicles en route Europe-China	72
When will Marine Vessels switch from diesel oil to LNG.	73
Abstracts of articles	78
Contributors to journal issue № 2 (62) 2018 г.	80

ПОЗДРАВЛЕНИЯ журналу «Транспорт на альтернативном топливе» в связи с 10-летием со дня выхода в свет первого номера

Уважаемый Дмитрий Владимирович, члены редколлегии, коллектив и читатели журнала «Транспорт на альтернативном топливе»! Поздравляю вас со знаменательным событием – 10-летним юбилеем журнала!

Широкая популяризация применения природного газа в качестве моторного топлива на территории нашей страны – цель, которую «Газпрому» необходимо достичь в ближайшие годы. Удобным инструментом для освещения и донесения до участников рынка разрабатываемых нами решений и итогов этой деятельности стал журнал «Транспорт на альтернативном топливе».

За годы работы журнал завоевал прочное место на российском информационном рынке, стал ведущим специализированным изданием в России, рассказывающим об использовании природного газа в качестве моторного топлива в Российской Федерации и за ее пределами. На страницах журнала выступают представители науки и ведущих компаний газомоторного рынка, отраслевые эксперты.

Национальная газомоторная ассоциация, являющаяся учредителем и издателем журнала, вносит значительный вклад в развитие рынка газомоторного топлива в России.

От всей души благодарю сотрудников журнала за работу и желаю вдохновения, реализации всех намеченных планов.

*Председатель Совета директоров
ПАО «Газпром» В.А. Зубков*

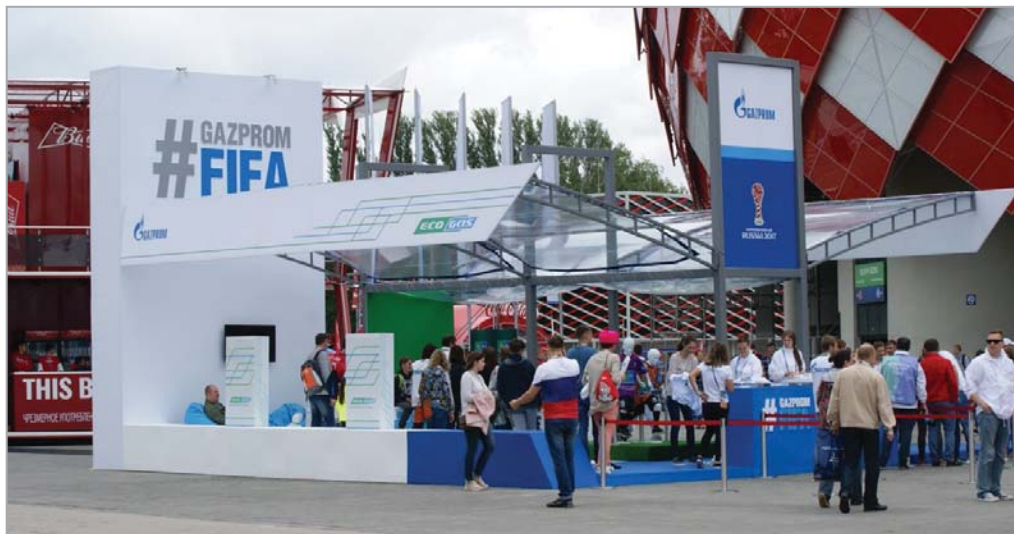
Уважаемые члены редакционной коллегии, авторы и читатели международного научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе»! От всей души поздравляю вас с 10-летним юбилеем!

На страницах журнала всегда качественно и достоверно описан яркий калейдоскоп событий топливно-энергетической отрасли России. Хочу отметить, что «Транспорт на альтернативном топливе» – единственный в России журнал об использовании газовых видов моторного топлива на транспорте. Формируя и освещая практические аспекты газомоторной отрасли, поднимая острые вопросы, журнал вносит свой вклад в развитие рынка газомоторного топлива и обеспечивает открытый диалог научного сообщества и практиков во благо поиска новых технологических решений.

Желаю коллективу журнала «Транспорт на альтернативном топливе» вдохновения и профессиональных успехов!

*Заместитель Председателя Правления
ПАО «Газпром» В.А. Маркелов*

Чемпионат мира по футболу FIFA 2018 обеспечат топливом EcoGas



Этим летом Россия примет Чемпионат мира по футболу FIFA 2018, который пройдет под экологическим лозунгом «Мир – Футбол – Экология». В 2016 году председатель Совета директоров ПАО «Газпром» Виктор Зубков обратился с инициативой в адрес Президента РФ Владимира Путина о проведении мундиала с использованием транспорта, работающего на экологически чистом топливе – природном газе – EcoGas.

В соответствии со стратегией транспортного обеспечения Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 города-участники мирового первенства закупают автобусы, работающие на природном газе, и разрабатывают маршруты их передвижения. Всего в дни мероприятия планируется использование около 1500 газовых автобусов. В свою очередь, «Газпром» обеспечит экологичный транспорт необходимой газозаправочной инфраструктурой. Для этого

планируется задействовать 47 газозаправочных объектов компании.

Так, в Москве в организации транспортного обеспечения чемпионата будут задействованы 155 экологичных автобусов ГУП «Мосгортранс». Заправку транспорта топливом EcoGas обеспечат 10 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), в том числе пять новых станций «Газпром» на улицах Левобережная, Полбина, Кусковская, Ижорская и Мало-Купавинском проезде.

В Санкт-Петербурге в рамках мероприятия будут работать 102 газовых автобуса ГУП «Пассажиравтотранс». Заправку автобусов природным газом обеспечат шесть АГНКС сети «Газпром», в том числе две новые станции на ул. Корабельная и ул. Кубинская.

В Волгограде в дни чемпионата будет задействовано самое большое количество пассажирского транспорта, работающего на природном газе, – 494 единицы. Транспорт эксплуатируется компаниями



ПАТП-7 и «Питеравто». Обслуживание транспорта обеспечат пять газозаправочных объектов «Газпром», в том числе современная станция на ул. 40 лет ВЛКСМ, построенная в 2016 году, и передвижной автогазозаправщик (ПАГЗ), для размещения которого в 2018 году будет построена специальная площадка на ул. Ленина.

В Екатеринбурге транспортное обслуживание Чемпионата мира по футболу FIFA 2018 обеспечит «Муниципальное объединение автобусных предприятий», которое эксплуатирует 169 автобусов на EcoGas. Заправку транспорта обеспечат четыре АГНКС «Газпром», в том числе новая станция на ул. Вонсовского.

Три новые АГНКС «Газпром» и МАЗС в Нижнем Новгороде будут заправлять 244 газовых автобуса, эксплуатируемых МП «Нижегородпассажиравтотранс».

В Ростовской области в дни проведения чемпионата будут работать 200 газомоторных автобусов АТП № 6. Заправку транспорта природным газом обеспечат четыре действующие АГНКС «Газпром», которые до начала мероприятия будут реконструированы.

В Самаре обслуживание участников и болельщиков обеспечат 125 автобусов, работающих на природном газе. Их заправка будет производиться на двух

АГНКС «Газпром», которые также будут реконструированы к чемпионату.

В Казани, Калининграде, Саранске и Сочи в дни проведения чемпионата по футболу будут работать службы экологических такси. Заправку газомоторной техники в Казани обеспечат четыре АГНКС «Газпрома», в том числе новая станция на проспекте Победы, введенная в эксплуатацию в 2016 году.

В Калининградской области заправку транспорта обеспечат пять газозаправочных объектов «Газпрома», в том числе четыре передвижных автогазозаправщика, для которых в Калининграде, Черняховске, Советске и Багратионовске обустроены специальные площадки.

В столице Мордовии в дни мероприятия будет работать одна АГНКС «Газпром», в Сочи будет задействован ПАГЗ объемом 3000 кубометров природного газа, наполнение которого производится на АГНКС «Газпром» в пос. Лазаревское.

Совокупный экономический эффект от использования природного газа в качестве моторного топлива на пассажирском транспорте в дни проведения Чемпионата мира по футболу 2018 составит более 100 млн рублей.

Отдел внешних коммуникаций
ООО «Газпром газомоторное топливо»

«Газпром» расширяет газозаправочную сеть

Число автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) в России неуклонно растет. В планах «Газпрома» строительство новых АГНКС занимает не последнее место. На недавней рабочей встрече председателя правления ПАО «Газпром» Алексея Миллера и губернатора Ханты-Мансийского автономного округа — Югры (ХМАО) Натальи Комаровой этому вопросу было уделено отдельное внимание. Было отмечено, что работа по развитию рынка газомоторного топлива в ХМАО продолжается. В настоящее время здесь действует сеть из восьми АГНКС «Газпрома». Уже выбрана площадка для сооружения первой станции в административном центре региона — г. Ханты-Мансийске.

ХМАО является регионом стратегических интересов «Газпрома». Через территорию округа проходят основные газотранспортные коридоры, по которым газ от месторождений севера Западной Сибири транспортируется в европейскую часть страны.

Подписано Соглашение о сотрудничестве по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива и с Чеченской Республикой. Документ был подписан между ООО «Газпром газомоторное топливо» и правительством Чеченской Республики.

В соответствии с документом «Газпром газомоторное топливо» планирует построить в республике современные объекты газозаправочной инфраструктуры. Правительство Чеченской Республики, в свою очередь, рассмотрит возможность создания условий для развития в регионе рынка газомоторного топлива, включая перевод коммунальной техники и пассажирского транспорта

на природный газ. Первым этапом реализации соглашения станет создание рабочей группы, которая определит перечень первоочередных и перспективных объектов строительства газозаправочной инфраструктуры.

Расширяется газозаправочная сеть и в Краснодарском крае. В настоящее время она включает 14 станций.

Недавно в Краснодарском крае состоялись торжественные мероприятия, посвященные началу работы двух автомобильных газонаполнительных компрессорных станций «Газпрома» — в городах Белореченск и Тимашевск.

В мероприятиях приняли участие председатель совета директоров ПАО «Газпром» Виктор Зубков, губернатор Краснодарского края Вениамин Кондратьев, заместитель председателя правления ПАО «Газпром» Виталий Маркелов, члены правления, начальники департаментов Владимир Марков и Вячеслав Михаленко, генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Михаил Лихачев.

Производительность новой АГНКС в Белореченске составляет 8,9 млн кубометров природного газа в год, что позволит ежедневно заправлять до 500 автомобилей. Производительность станции в Тимашевске — 6,7 млн кубометров газа в год. Она сможет ежедневно обслуживать около 400 единиц техники. При строительстве новых станций использовано оборудование преимущественно российского производства. Основными потребителями газомоторного топлива — EcoGas — станут коммунальная техника, грузовая и легковая транспорт.

С вводом в эксплуатацию новых объектов газозаправочная сеть в регионе увеличена до 14 станций (принадлежат



В центре – Вениамин Кондратьев и Виктор Зубков

«Газпрому»). Их суммарная ежегодная проектная производительность составляет 121,2 млн кубометров. Этого достаточно для заправки около 8 тыс. автомобилей ежедневно.

«Газпром» активно расширяет в России газозаправочную инфраструктуру, формирует межрегиональные газомоторные коридоры. В текущем году планируется построить 35 новых и реконструировать четыре станции.

Открытие новых современных АГНКС в Тимашевске и Белореченске – часть этой последовательной работы. Между Ростовской областью, Краснодарским и Ставропольским краями создан важный транзитный газомоторный маршрут. С каждым годом здесь проявляется все больший интерес к экологичному и экономичному топливу. Средняя загрузка станций «Газпрома» в Краснодарском крае в полтора раза выше, чем в среднем по стране. Поэтому работа по расширению рынка газомоторного топлива здесь будет продолжена. Как отметил на мероприятии Виктор Зубков, в ближайшие несколько лет в этом регионе планируется открыть еще три новые станции.

Справка

Производство и реализация природного газа в качестве моторного топлива – стратегическое направление деятельно-

сти ПАО «Газпром». Для системной работы по развитию рынка газомоторного топлива создана специализированная компания – ООО «Газпром газомоторное топливо».

Между ПАО «Газпром», ООО «Газпром газомоторное топливо» и администрацией Краснодарского края подписано Соглашение о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива. Документ направлен на подготовку и реализацию в Краснодарском крае инвестиционных проектов по строительству газомоторной инфраструктуры, а также на увеличение городского парка техники на природном газе.

АГНКС «Газпрома» в Краснодарском крае расположены в городах Краснодар (две станции), Армавир, Белореченск, Ейск, Кореновск, Кропоткин, Крымск, Тимашевск, Тихорецк, Усть-Лабинск, станциях Кущевская и Каневская, в поселке Лазаревское. Кроме того, газозаправочная сеть включает два передвижных автомобильных газовых заправщика.

В 2017 году средняя загрузка АГНКС «Газпрома» в Краснодарском крае составила 42 % (общероссийский показатель – 28 %).

По материалам

Управления информации ПАО «Газпром»

АВТОВАЗ в 2019 году начнет продажи двухтопливных автомобилей

8



АВТОВАЗ расширит модельный ряд двухтопливных автомобилей LADA, работающих на бензине и компримированном природном газе (КПГ). Компания планирует в 2018-2019 гг. начать продажи Largus CNG, а в 2019 году – Granta CNG. Об этом заявил производитель.

Как сообщает агентство RNS, производство Largus CNG начнется в ноябре 2018 года, а серийный выпуск – в первом квартале 2019 года. В 2019 году может быть собрано 3,7 тыс. двухтопливных Largus, включая 2,4 тыс. пятиместных версий, в 2020 году – 4 тыс., в 2021 и в 2022 по 4,6 тыс., а в 2023 г. производство будет снижено до 2,1 тыс. штук (1,5 тыс. пассажирских версий).

Запас хода LADA Largus CNG составляет 1055 км, в том числе 320 км на газе. Разгон до 100 км/ч занимает 14,5 сек, а максимальная скорость по сравнению с бензиновой версией меньше на 7 км/ч и составляет 155 км/ч. Объем багажного отсека у пассажирской версии снизился из-за газового оборудования на 110 л до 450 литров, а у грузовой – на 100 л (до 2,4 тыс. л).

В настоящее время дилеры LADA продают автомобили LADA Vesta CNG. Переоборудованием серийных автомобилей занимается компания «АТС-Авто» в технопарке «Жигулевая долина» в Тольятти. Цена Vesta CNG начинается от 765 тыс. рублей без учета специальных программ.

По итогам 2018 года АВТОВАЗ рассчитывает выпустить 2 тыс. двухтопливных автомобилей LADA Vesta, работающих на бензине и КПГ. В прошлом году компания выпустила 707 таких машин. В 2018 году производство двухтопливных версий Vesta вырастет в 2,8 раза. В планах завода выпуск по 2 тыс. LADA Vesta CNG в 2019 и 2020 годах, в 2021 и 2022 году может быть собрано по 2,2 тыс. двухтопливных Vesta, а по итогам 2023 года производство вырастет до 2,3 тыс. штук.

LADA Vesta CNG – автомобиль с серийной газобаллонной установкой, рассчитанной на применение КПГ и устанавливаемой на автомобили с двигателем 1,6 л с механической коробкой переключения передач. Машина может работать как на бензине, так и на метане. Полностью заправленный автомобиль способен проехать более 1 тыс. км без дозаправки, включая 350 км на газе. Максимальная скорость автомобиля снижена по сравнению с бензиновой версией на 7 км/ч (до 170 км/ч), а объем багажника снизился за счет газового оборудования с 480 до 250 л. Между тем АВТОВАЗ предполагает принять меры для увеличения привлекательности автомобилей, работающих на бензине и КПГ.

<https://www.autostat.ru/news/33494/>

Частично-гомогенное сгорание традиционных и альтернативных топлив в дизелях

Часть 2. Стратегия впрыскивания топлива

Р.З. Кавтарадзе, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
Т.М. Натриашвили, профессор, директор Института механики машин им. Рафаэля Двали (Тбилиси, Грузия), д.т.н.,
М.Г. Плонти, докторант Института механики машин им. Рафаэля Двали (Тбилиси, Грузия),
Э.В. Бахрамов, аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана

Окончание. Начало см. в № 1 (61) 2018 г.

Проанализированы факторы, осложняющие применение гомогенного сгорания, и приведен сравнительный анализ различных способов осуществления перспективного процесса частично-гомогенного сгорания, предназначенного для снижения концентрации вредных веществ в продуктах сгорания дизеля. Исследованы способы частичной гомогенизации сгорания, в том числе и разделенное (гомогенно-гетерогенное) сгорание (Split combustion). На основе результатов экспериментальных исследований и 3D-моделирования рабочего процесса для различных вариантов дизелей с частично-гомогенным сгоранием определена стратегия многократного впрыскивания с учетом степени рециркуляции отработавших газов, приводящая к низкотемпературному процессу сгорания и заметному улучшению экологических характеристик дизеля.

Ключевые слова:

дизель, частично-гомогенное сгорание, разделенное (гомогенно-гетерогенное) сгорание, многократное впрыскивание, вредные выбросы.

Сравнительный анализ концепций многократного впрыскивания

Важнейшую роль при осуществлении частично-гомогенного сгорания играет стратегия впрыскивания, выбор которой должен осуществляться с учетом многих факторов, прежде всего, таких как тип и размерность дизеля, диапазон изменения режимов его работы, свойства используемого топлива. Понятие стратегии впрыскивания

в данном случае подразумевает выбор оптимальной характеристики многократного впрыскивания, способствующей организации частично-гомогенного сгорания и обеспечивающей улучшение экологических показателей традиционного дизеля.

Оптимальные значения конструктивных и регулируемых параметров топливоподающей аппаратуры, обеспечивающие требуемый уровень гомогенизации смеси перед началом сгорания в дизеле, зависят от геометрических

размеров двигателя. Доказательством такого утверждения служат результаты экспериментальных исследований из [6], полученные на дизеле легкового автомобиля и противоречащие той стратегии впрыскивания, которая приводит к хорошим результатам для дизелей грузовых автомобилей [7]. Несмотря на то, что были использованы аналогичное оборудование и технические средства, при раннем многократном впрыскивании на двигателе легкового автомобиля гомогенное сгорание не было достигнуто. Причиной здесь являются геометрические размеры двигателя. В [7] показано, что в двигателе грузового автомобиля многократное впрыскивание (см. вариант № 2 в табл. 2) позволяет перераспределять воздух и топливо в объеме КС, а в двигателе легкового автомобиля избежать взаимодействия топливного факела со стенкой не получается. Правда, в работе [4], где исследования проводились на опытном одноцилиндровом двигателе с диаметром цилиндра $D=200$ мм, высказывается мнение, что полученные результаты могут быть распространены на более крупные двигатели, однако весомые доказательства для такого утверждения отсутствуют.

Частично-гомогенное сгорание, осуществленное путем многократного впрыскивания и использования РОГ (см. вариант № 2 в табл. 2), показывает хорошие показатели по эмиссии сажи (см. рис. 1) и оксидов азота (см. рис. 2). В связи с этим, следуя работе [7], коротко проанализируем различные концепции многократного впрыскивания (табл. 4) с целью выбора оптимального для применения в широком диапазоне нагрузочных режимов работы.

Экспериментальные исследования [7] подтвердили, что первые два варианта стратегии многократного впрыскивания (см. № 1 и № 2 в табл. 4) не приводят к приемлемой эмиссии ВВ, так как при малых степенях РОГ показывают высокие значения NO_x , а при увеличении

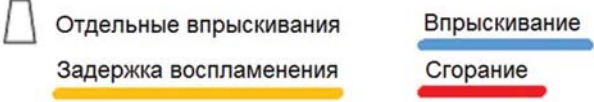
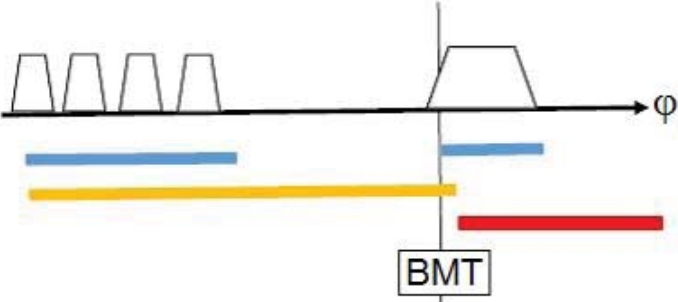
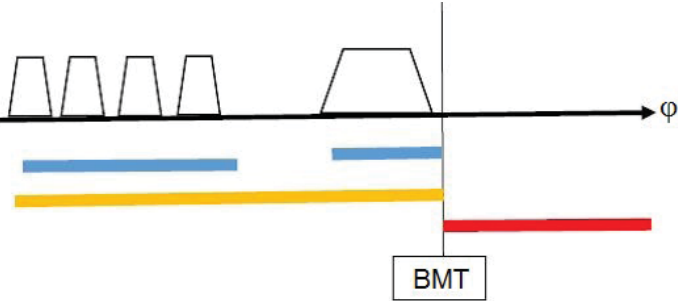
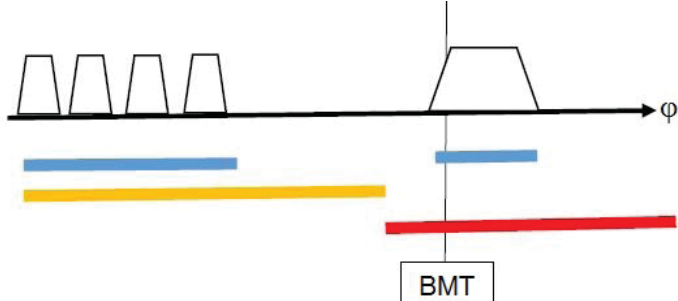
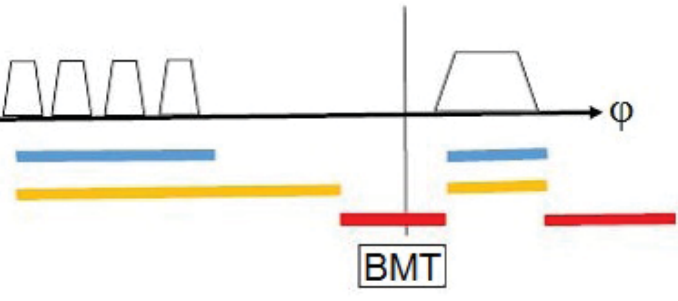
степени РОГ проявляют склонность к повышенному образованию сажи. Причиной такой зависимости являются относительно высокие доли рециркуляции, которые необходимы для осуществления позднего (после ВМТ) начала сгорания гомогенной смеси, образованной путем четырехкратных предварительных впрыскиваний. Высокие степени РОГ совместно с поздним основным впрыскиванием приводят к образованию локальных зон смеси, очень богатых топливом и с малым содержанием кислорода.

В рабочих процессах, соответствующих вариантам № 3 и № 4 (табл. 4), воспламенение гомогенной смеси происходит до ВМТ без применения рециркуляции ОГ. В результате в гомогенном процессе сгорания имеет место типичное для этого процесса резкое повышение скорости нарастания давления. Основное впрыскивание при этом может быть осуществлено в разные периоды рабочего цикла – в процессе сгорания гомогенной части смеси (вариант № 3, табл. 4), что увеличивает общую продолжительность сгорания, или после окончания гомогенного сгорания, когда поршень уже прошел ВМТ и перемещается к НМТ (вариант № 4). Это приводит к тому, что в одном рабочем цикле последовательно протекают два процесса сгорания, разделенные друг от друга, – гомогенное и гетерогенное. Такой процесс имеет название Split Combustion (коротко, SC-процесс), или гомогенно-гетерогенное сгорание.

Моторные испытания SC-процесса показали его явный потенциал по снижению эмиссии NO_x и сажи в расширенной области режимов нагрузки. Одновременно было замечено, что в отличие от обычного традиционного способа эмиссия CO и CH слегка повышается. Кроме того, расход топлива получился на 5 % выше по сравнению с традиционным процессом, оптимизированным по расходу топлива [7].

Таблица 4

Стратегия многократного впрыскивания

 <p>Отдельные впрыскивания Задержка воспламенения Впрыскивание Сгорание</p>	<p>Особенности многократного впрыскивания</p>
<p>Вариант №1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Посредством РОГ начало сгорания приближается к ВМТ • Основное впрыскивание происходит в период сгорания • Не приводит к приемлемой эмиссии ВВ. При малых степенях РОГ – высокие NO_x, при увеличении степени РОГ – склонность к увеличенному образованию сажи
<p>Вариант №2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Посредством РОГ начало сгорания приближается к ВМТ • Основное впрыскивание происходит в период задержки воспламенения • Не приводит к приемлемой эмиссии ВВ. При малых степенях РОГ – высокие NO_x, при увеличении степени РОГ – склонность к увеличенному образованию сажи
<p>Вариант №3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Воспламенение гомогенной смеси до ВМТ без РОГ – высокая $dp/d\phi$ • Основное впрыскивание – в процессе сгорания гомогенной смеси, что растягивает процесс сгорания
<p>Вариант №4</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Воспламенение гомогенной смеси до ВМТ без РОГ – высокая $dp/d\phi$ • Основное впрыскивание – после окончания сгорания гомогенной части смеси. Это приводит к двум, разделенным друг от друга процессам сгорания (Split Combustion). Существенное снижение сажи и NO_x, небольшое увеличение CH, CO, g_i ($\leq 5\%$)



Для корректного сравнения Split Combustion с другими процессами, исследованными в [7], также был выбран режим нагрузки $p_i = 6$ бар (см. табл. 3). Общая масса впрыскиваемого топлива в процессе Split Combustion была распределена так: 50 % на гомогенную часть (четыре впрыскивания) и 50 % на гетерогенную часть сгорания (одно впрыскивание). На рис. 5 приведены параметры многократного впрыскивания топлива, а на рис. 6 – изменения тепловыделения и его скорости, соответствующие данному опыту.

В целом гетерогенно-гомогенное сгорание (SC-процесс) приводит к существенному снижению CO и CH по сравнению с гомогенным дизельным процессом с многократным впрыскиванием. Однако наличие второй, гетерогенной части сгорания, способствует повышению эмиссии оксидов азота и сажи (см. рис. 1 и 2), правда, при этом эмиссия оксидов азота существенно меньше, чем в традиционном дизельном процессе с разделенным впрыскиванием (см. рис. 2).

Следует заметить, что для рассмотренных концепций процессов сгорания важное значение имеет давление впрыскивания системы Common Rail. При относительно малых значениях этого давления ($p_{впр}=100$ МПа) в гетерогенно-гомогенном процессе был достигнут высокий уровень гомогенизации сгорания. При этом продолжительность процесса основного впрыскивания велика. При высоких давлениях впрыскивания ($p_{впр}=200$ МПа) продолжительность основного впрыскивания наоборот очень коротка, и осуществить гомогенизацию сложно. В качестве лучшего компромисса в [7] было использовано значение $p_{впр}=160$ МПа (см. табл. 3). Соответственно, с использованием управляемой системы топливоподдачи не исключается дальнейшая оптимизация давления впрыскивания.

Установлено также существенное влияние давления наддува. С целью минимизации эмиссии CO и CH было определено оптимальное стартовое начальное значение суммарного коэффициента избытка воздуха $\alpha_B^{\Sigma}=2,0...2,8$.

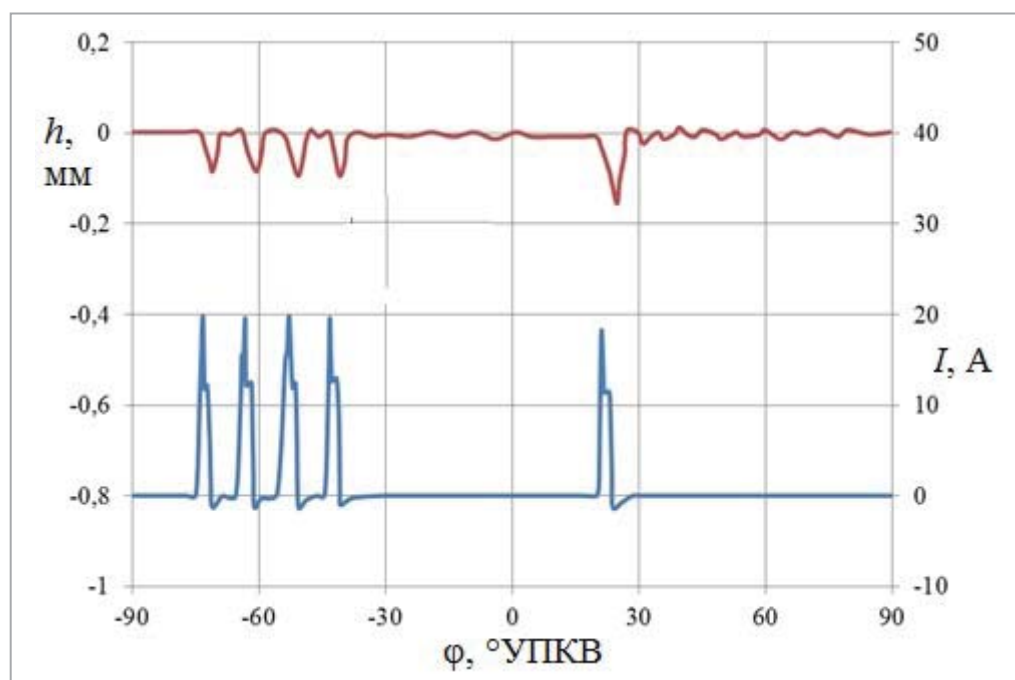


Рис. 5. Сила тока I , поднимающая шток якоря, и ход иглы h форсунки при процессе Split Combustion

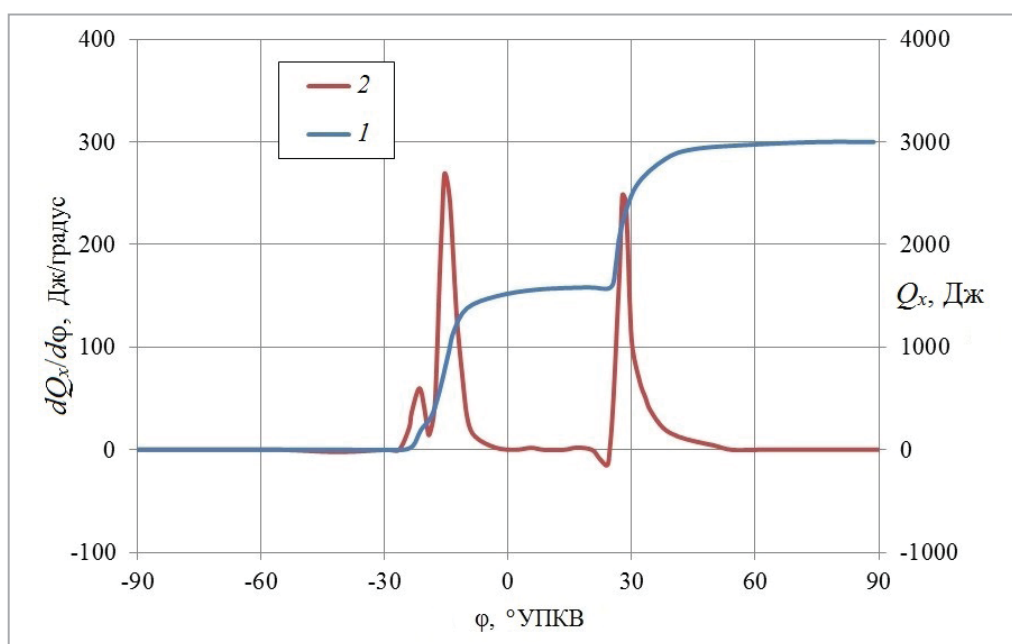


Рис. 6. Изменения количества выделенной теплоты Q_x (кривая 1) и скорости тепловыделения $dQ_x/d\phi$ (кривая 2) в процессе Split Combustion

На этом режиме в случае SC-процесса РОГ не была предусмотрена (см. табл. 3). Заметим, что использование РОГ ($z=20\%$) на этих режимах работы в дальнейшем привело к заметному снижению эмиссии NO_x по сравнению со значением, полученным без РОГ и приведенным на рис. 2.

Таким образом, применение частично-гомогенного сгорания в дизелях приводит к желаемому эффекту при работе двигателя на больших нагрузках в диапазоне от максимальной мощности до половины ее значения. При работе дизеля на более низких нагрузках усложняется воспроизведение указанных в табл. 3 альтернативных способов сгорания, поэтому с целью дальнейшего расширения исследуемой области нагрузок рекомендуется использование SC-процесса (гомогенно-гетерогенное сгорание).

Моделирование альтернативного процесса Split Combustion

С целью предотвращения соударения топливного факела со стенкой КС

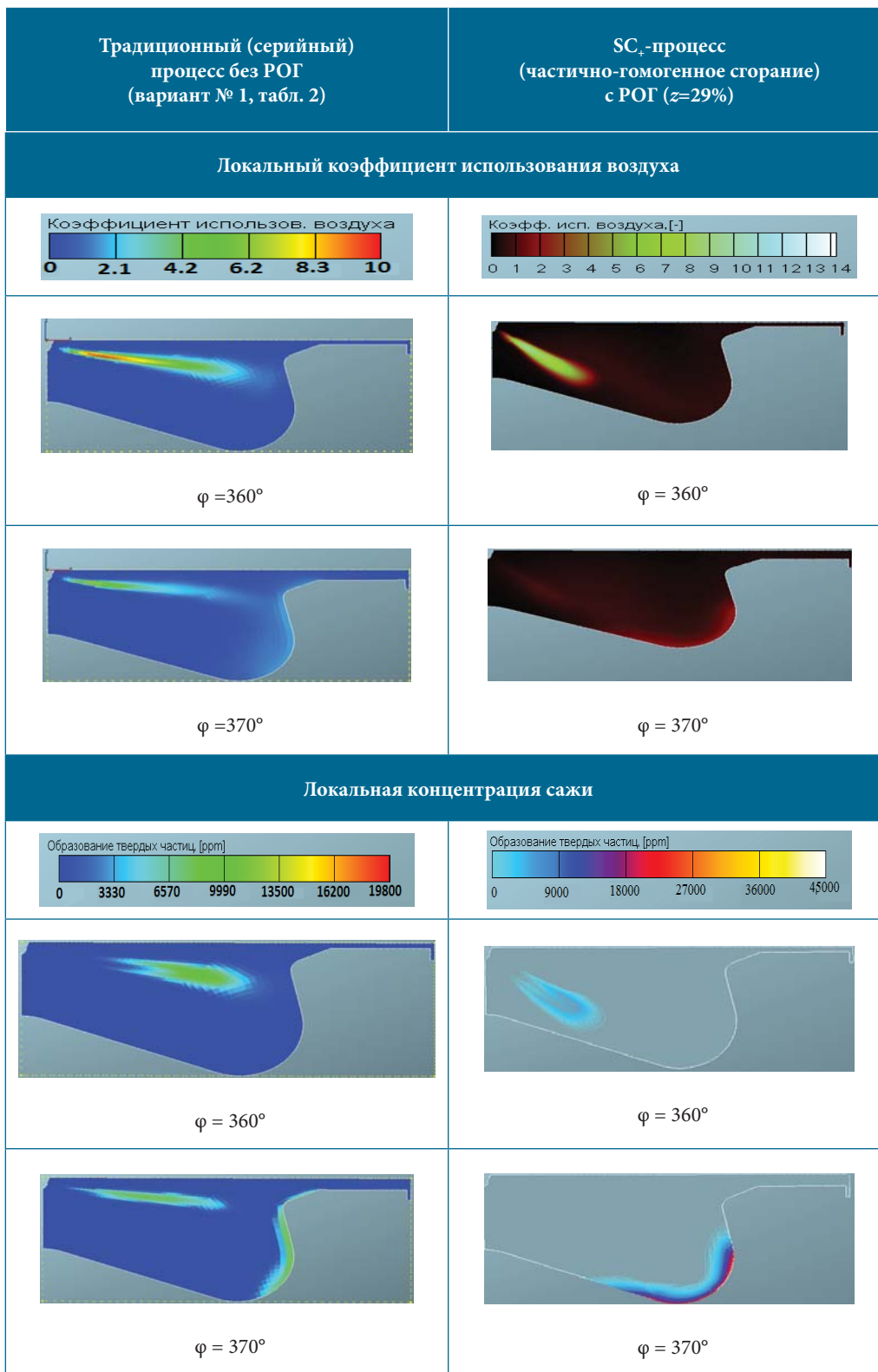
в данной работе был разработан новый альтернативный вариант пятикратного впрыскивания, также приводящий к частично-гомогенному сгоранию (SC-процесс). Предложенный вариант, названный дальше как SC_+ -процесс, в отличие от варианта № 2 в табл. 2, разработанного в [7, 8], имеет пониженное давление впрыскивания ($p_{впр}=85$ МПа), сокращенный УКВТ (100°) и уменьшенную степень РОГ ($z=29\%$). Эти изменения внесены с целью предотвращения соударения факела со стенкой КС. Цикловая доза топлива в результате пятикратного впрыскивания в SC_+ -процессе распределяется по долям $\bar{m}_{ци} = 0,18+0,15+0,15+0,15+0,37=1$ (для сравнения, см. вариант № 1 и № 2 в табл. 2).

В табл. 5 приведены результаты исследования локальных параметров в цилиндре во время сгорания, полученные с применением 3D-модели для случаев традиционного дизельного процесса (вариант № 1, табл. 4) и предложенного частично-гомогенного процесса сгорания (SC_+ -процесса).

Таблица 5

Изменение локальных значений коэффициента использования воздуха и концентрации сажи в КС в зависимости от УПКВ

14



Заметим, что примененная 3D-модель рабочего процесса подробно описана в [27-29] и учитывает кинетику образования вредных веществ. Она реализована с применением коммерческой CRFD-программы AVL-FIRE [25] и верифицирована с использованием экспериментальных данных [27-29]. Для моделирования процесса турбулентного сгорания топливовоздушной смеси используется модель когерентного пламени (CFM-модель). Образование оксидов азота моделируется с применением расширенного термического механизма Я.Б. Зельдовича, а образование сажи – с использованием кинетической модели для дизельного топлива с химической формулой $C_{14}H_{30}$ (тетрадекан), предложенной в С.М. Фроловым [1, 25].

Как было отмечено выше, локальные образования сажи в КС зависят от локальных температур и локального состава горючей смеси. Роль температуры в процессе образования сажи пока еще остается предметом дискуссий, поскольку высокая температура способствует как генерации сажи (пиролиз), так и ее аннигиляции (оксидация) [1]. Выбросы твердых частиц особенно ощутимы при малых значениях локального коэффициента избытка воздуха $\alpha_v \leq 0,7$. Отметим, что в табл. 5 приведены мгновенные значения локального коэффициента использования воздуха λ (величина, обратная коэффициенту избытка воздуха $\lambda \stackrel{\text{def}}{=} 1/\alpha_v$) для различных моментов времени при традиционном (серийный) процессе без РОГ (вариант № 1, см. табл. 2) и альтернативном частично-гомогенном SC_+ -процессе с пятикратным впрыскиванием и РОГ ($z=29\%$). Заметим, что введение РОГ обеспечивает резкое снижение эмиссии оксидов азота.

Очевидно, что разница между УКВТ и давлениями впрыскивания приводит к ощутимому изменению распределения очагов генерации сажи по объему КС. Из табл. 5 видно, что очаги генерации сажи возникают в обогащенных

топливом областях КС, и для уменьшения эмиссии твердых частиц нужно добиться более равномерного распределения топлива в объеме КС, приводящего к локальному коэффициенту избытка воздуха $\alpha_v \geq 1$. Следует также подчеркнуть, что значительная часть образовавшихся в процессе сгорания частиц сажи успевает выгореть, поэтому цикловой выброс сажи относительно небольшой и в серийном рабочем цикле составляет всего 9...10 ppm (см. рис. 1). В частично-гомогенном SC_+ -процессе с РОГ содержание сажи по сравнению с серийным и модифицированным серийным (с многократным впрыскиванием) рабочими процессами повышается.

Таким образом, предложенный вариант частично-гомогенного сгорания (SC_+ -процесс) успешно решает проблему эмиссии оксидов азота, однако хуже справляется с проблемой образования сажи. Объяснить этот факт можно на основе анализа изменения локальных параметров рабочего процесса.

Действительно, в результате РОГ количество кислорода в цилиндре снижается, что приводит к уменьшению коэффициента избытка воздуха и увеличению числа зон в объеме КС с критическим значением коэффициента избытка воздуха, достаточным для образования сажи. Вследствие этого эмиссия твердых частиц сажи в частично-гомогенном процессе с пятикратным впрыскиванием и РОГ почти в 2 раза выше, чем в традиционном процессе без РОГ. Однако из-за выгорания сажи на завершающей стадии сгорания ее образование в этих процессах оказывается примерно одинаковыми.

При многократном впрыскивании до подачи последней пятой порции топлива локальный коэффициент использования воздуха равен 1...1,2 (коэффициент избытка воздуха соответственно 1...0,83), вследствие чего достигается высокая степень гомогенизации смеси. Поэтому в результате сгорания хорошо гомогенизированной

смеси интенсивного образования твердых частиц сажи до ВМТ почти не наблюдается. Во время подачи пятой порции топлива, происходящей при нахождении поршня в районе ВМТ, на его поверхности наблюдается накопление топлива, поэтому коэффициент использования воздуха в этих пристеночных зонах, обогащенных топливом, увеличивается и равен $\lambda=2$ (момент времени $\varphi=370^\circ$, см. табл. 5). Соответственно коэффициент избытка воздуха равен 0,5, вследствие чего интенсифицируется образование твердых частиц сажи.

Влияние альтернативных рабочих процессов на эффективные показатели дизеля

Оценка эффективных показателей дизеля при различных вариантах характеристик впрыскивания проводилась на основе анализа скоростей тепловыделения. Самовоспламенение смеси в SC_+ -процессе, как и ожидалось по

характеристикам впрыскивания топлива, начинается при $\varphi = -30^\circ$ УПКВ, то есть гораздо раньше по сравнению с серийным (без РОГ) и модифицированным (с РОГ) процессами (рис. 7).

В серийном и модифицированном серийном процессах, соответственно без РОГ и с ней, выделяются две фазы процесса сгорания: кинетическая и диффузионная (рис. 7). При этом кинетическая фаза характеризуется возникновением в объеме КС локальных зон, внутри которых после интенсивного выгорания топлива в очагах (первый максимум на диаграммах скорости тепловыделения), образованных в результате смесеобразования, сосредотачиваются продукты сгорания, несгоревшие пары и капли топлива, а снаружи – зоны с воздухом или смесью воздуха с продуктами сгорания. Очевидно, что скорость тепловыделения во второй фазе (второй максимум на диаграммах скорости тепловыделения) зависит от интенсивности взаимного проникновения этих зон, то есть от турбулентной диффузии.

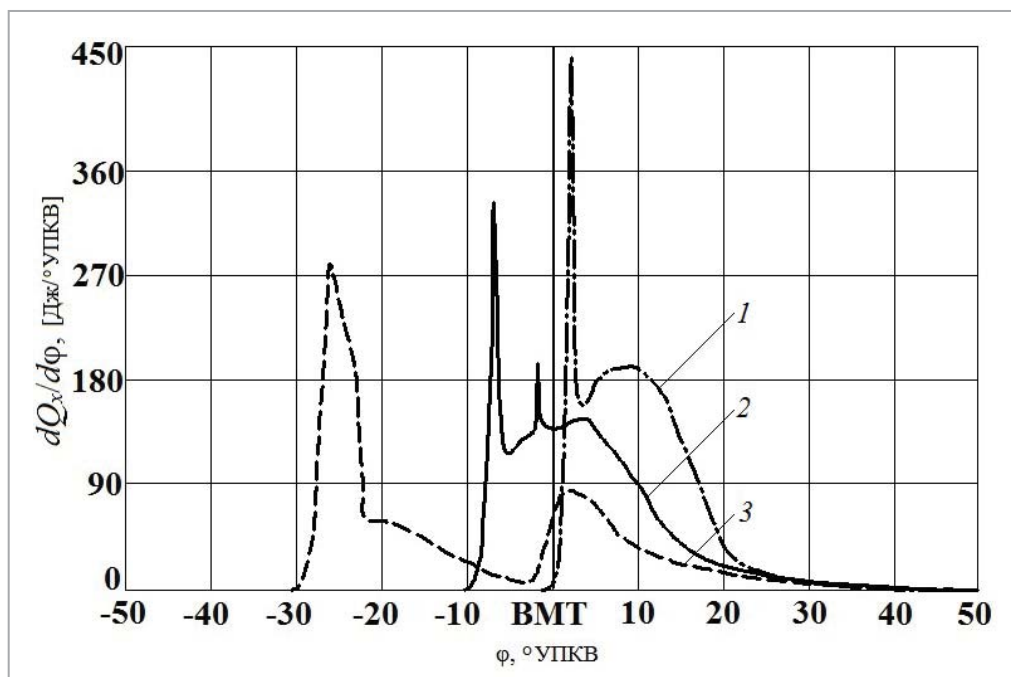


Рис. 7. Скорость тепловыделения при реализации различных рабочих процессов:
 1 – серийный процесс без РОГ; 2 – модифицированный серийный процесс с РОГ ($z=20\%$);
 3 – SC_+ -процесс с РОГ ($z=29\%$)

В случае серийного дизеля без РОГ высокая скорость тепловыделения в первой (кинетическая) фазе в области ВМТ (см. рис. 7) служит основной причиной высокой скорости нарастания давления и сопутствующих нежелательных явлений: высокого уровня шума, увеличенной динамической нагрузки на подшипники и детали кривошипно-шатунного механизма. В связи с этим целесообразно уменьшить первый максимум скорости тепловыделения (в кинетической фазе), а второй (в диффузионной фазе) – увеличить и сдвинуть далее от начала сгорания.

Применение РОГ в модифицированном процессе (серийный дизельный процесс с РОГ, см. рис. 7) позволяет снизить первый максимум скорости тепловыделения, однако из-за недостатка кислорода это приводит к уменьшению и второго максимума, а также к увеличению продолжительности диффузионной фазы сгорания, сопровождающемуся небольшим всплеском на диаграмме функции $\frac{dQ_x}{d\varphi} = f(\varphi)$ (см. рис. 7).

В SC_+ -процессе также заметно двукратное тепловыделение, однако оно не имеет выраженных кинетических и диффузионных фаз. Здесь основное тепловыделение, как было отмечено, начинается гораздо раньше (при $\varphi = -30^\circ$), чем в серийном и модифицированном серийном процессах после впрыскивания первых трех порций топлива, то есть когда в цилиндре дизеля смесь уже гомогенизирована. Сгорание гомогенной смеси характеризуется одним максимумом скорости тепловыделения (см. рис. 7) и имеет вид однократного тепловыделения с доминирующей кинетической фазой без ярко выраженного максимума при диффузионном механизме горения. Эта первая фаза гомогенного сгорания в гомогенно-гетерогенном SC_+ -процессе по продолжительности значительно больше, чем в традиционных процессах, что

объясняется увеличенной задержкой воспламенения, за время которой в объеме КС образуется больше паров топлива, чем за относительно малую задержку воспламенения при традиционных рабочих процессах.

Предварительная гомогенизация топливоздушная смеси с достаточно большим содержанием воздуха приводит к относительно медленному (по сравнению с базовыми процессами) снижению скорости тепловыделения. К этому времени в объеме КС мало локальных зон с избытком паров топлива, и при подаче четвертой порции топлива начинает образовываться гетерогенная топливоздушная смесь. В этой смеси в зонах, богатых кислородом, полностью выгорают пары топлива, а в тех зонах, где имеется избыток паров топлива, полностью расходуется окислитель, что приводит к снижению скорости тепловыделения. Смесь догорает медленно, и скорость тепловыделения достигает своего минимума за несколько градусов до ВМТ (см. рис. 7). Благодаря РОГ и небольшой массе топлива, подаваемой в четвертой порции, максимум скорости тепловыделения в первой фазе горения меньше, а ее снижение носит менее резкий характер, чем в первых двух серийных процессах с РОГ и без нее (рис. 7).

Вторая стадия тепловыделения в SC_+ -процессе наблюдается во время подачи в цилиндр пятой порции топлива, при этом начало тепловыделения не совпадает с началом подачи пятой порции ($\varphi = -7^\circ$, см. рис. 7). Несмотря на высокую температуру в объеме КС топливо, попавшее в цилиндр, сгорает не сразу вследствие недостатка окислителя, поэтому, как показали численные эксперименты, происходит его накопление в пристеночной области КС (см. табл. 5). В этой стадии скорость тепловыделения достигает второго максимума уже после ВМТ, но она заметно ниже, чем в первой частично-гомогенной стадии сгорания. То есть в целом происходит замедленное

сгорание топлива по мере движения поршня к НМТ (см. рис. 7). Для сравнения отметим, что изменение скорости тепловыделения при частично-гомогенном сгорании, осуществленном путем многократного впрыскивания (вариант № 2, табл. 2), носит примерно такой же характер, правда, еще более затянутый.

Существенная разница между исследуемыми концепциями рабочего процесса по характеру изменения скорости тепловыделения (см. рис. 7) обуславливает значительную разницу как по экологическим, так и по эффективным показателям, подтвержденную по результатам численных экспериментов (табл. 6). Как видно, базовый серийный процесс характеризуется наибольшими значениями как среднего эффективного давления ($p_e=5,95$ бар), так и эмиссии оксидов азота ($NO_x=1291$ ppm). Этот процесс после некоторой модификации, указанной в табл. 3, и установки системы РОГ ($z=20\%$) приводит более чем к семикратному снижению эмиссии оксидов азота при уменьшении p_e всего на 10%. Гомогенно-гетерогенный SC_+ -процесс с РОГ, показывая такое же значительное снижение NO_x , заметно уступает серийному процессу без РОГ по среднему эффективному давлению.

При этом для достижения такого же уровня эмиссии оксидов азота, какой имеется в модифицированном базовом процессе с РОГ ($z=20\%$), в разработанном гомогенно-гетерогенном SC_+ -процессе требуется применение РОГ с повышенной степенью рециркуляции ($z=29\%$). Минимальную, практически нулевую эмиссию оксидов азота и сажи дает частично-гомогенный процесс, осуществленный путем многократного впрыскивания с высокой степенью РОГ ($z=61\%$), правда, эффективная мощность дизеля в таком случае заметно может снизиться (табл. 6).

Теплообмен в процессе частично-гомогенного сгорания

Очевидно, что гомогенизация процесса сгорания в дизелях, сопровождаемая РОГ, оказывает влияние на теплообмен между рабочим телом и стенками КС. На вопрос, насколько процесс теплообмена в случае частично-гомогенного сгорания отличается от теплообмена в традиционном дизеле, нет однозначного ответа. В работе [30] по результатам измерения показано,

Таблица 6

Результаты моделирования исследуемых рабочих процессов

Параметры двигателя/рабочий процесс	Традиционный (серийный) дизельный процесс без РОГ (№ 1, табл. 2)	Модифицированный серийный процесс с применением РОГ ($z=20\%$) и сокращением УКВТ до 100°	Частично-гомогенное сгорание с многократным впрыскиванием (№ 2, табл. 2)	Гомогенно-гетерогенное сгорание (SC_+ -процесс)
Среднее эффективное давление, p_e , бар	5,95	5,36	4,22	3,6
NO_x , ppm	1291	178	182	14
Частицы сажи, ppm	9	9	288	2

Примечание: параметры исследуемых дизелей см. в табл. 3.

что известные соотношения, дающие довольно надежные результаты для обычных двигателей, например, α -формула G. Woschni, в случае HCCI-процесса требуют уточнения, связанного с влиянием средней массовой температуры рабочего тела. С другой стороны, также по результатам экспериментальных исследований в [7] делается вывод, что заметных изменений процесса теплообмена при гомогенном сгорании по сравнению с традиционным не обнаружено, и в исследуемой области нагрузочных режимов существенного повышения термических нагрузок на детали не было замечено. Правда, отмечается, что известные модели теплообмена в случае Split Combustion воспроизводят тепловые потери явно с недостаточной точностью.

Характер изменения скорости тепловыделения в процессе Split Combustion (см. рис. 6), а также высокие механические нагрузки с постоянно растущими мощностями и высокими значениями максимального давления цикла в процессе сгорания у современных серийных двигателей, безусловно, приводят к изменению термических и механических нагрузок на основные детали со стороны рабочего тела. Актуальность проблемы создания малотоксичных дизелей, в частности, дизелей с частично-гомогенным сгоранием, обуславливает необходимость детального исследования вопросов локального нестационарного теплообмена в КС и теплонапряженного состояния основных деталей этих двигателей.

Перспективные гибридные рабочие процессы

Очевидно, что HCCI-процесс, а также рассмотренные частично-гомогенные процессы сгорания являются гибридными процессами, основанными на различных сочетаниях свойств, характерных для классических

процессов в дизелях и бензиновых двигателях. Такие процессы подробно проанализированы в [1], поэтому здесь коротко проанализированы лишь те, которые подразумевают гомогенизацию процесса сгорания и появились в последнее время.

Проблема одновременного обеспечения низкого удельного расхода топлива и низких эмиссий ВВ актуальна и для бензиновых двигателей с непосредственным впрыскиванием, для которых гомогенизация сгорания представляет также большой интерес. Очевидно, в будущем намечается возможное приближение друг к другу способов сгорания в дизелях и бензиновых двигателях, то есть создание так называемых двигателей DiesOtto (Diesel-Otto), у которых системы нейтрализации выпускных газов будут приспособлены к изменяющимся условиям.

Многие конструкторы успешно разрабатывают процесс с самовоспламенением бензина, позволяющий дизелям работать на бензине, сохраняя при этом свойственный им высокий КПД и одновременно обеспечивая низкие эмиссии ВВ. Принцип, применяемый Delphi Automotive [31, 32], основан на использовании относительно длинного периода задержки воспламенения бензина, позволяющего до сгорания образовать качественную топливовоздушную смесь. Однако такой процесс сгорания осуществляется в лучшем случае при очень низких октановых числах, то есть не подходит для имеющихся на рынке бензинов. Кроме того, затрудняется холодный пуск двигателя, а также его работа на низких нагрузках.

Технология, разработанная в Центре исследования двигателей Висконсинского университета в Мадисоне (Wisconsin-Madison University) [31, 32] и названная RCCI-процесс (Reactivity Controlled Compression Ignition), подразумевает использование как бензина, так и дизельного топлива.

Небольшая доля впрыскиваемого, химически более активного (склонного к самовоспламенению) дизельного топлива создает благоприятные условия для воспламенения бензина, впрыскиваемого во впускной канал. Этот запатентованный двухтопливный RCCI-процесс обеспечивает снижение как расхода топлива, так и эмиссии вредных веществ. При этом, как утверждается в [31, 32], КПД достигается на уровне известных высоких значений для дизелей. Таким образом используются преимущества, имеющиеся у обоих топлив, соотношение которых в смеси непрерывно меняется в соответствии с требуемой нагрузкой двигателя.

Заключение

Применение способа сгорания полностью гомогенной смеси (HCCI-процесс) во всем диапазоне режимов работы двигателя в настоящее время представляется нереальным, прежде всего, из-за следующих причин:

1. Преждевременное воспламенение и неуправляемость процесса сгорания. Раннее впрыскивание топлива в цилиндр (внутренняя гомогенизация смеси) вызывает преждевременное самовоспламенение рабочей смеси (когда поршень все еще движется к ВМТ), с целью предотвращения которого приходится либо уменьшать степень сжатия двигателя, что часто неприемлемо для дизелей, либо повышать температуру самовоспламенения используемого дизельного топлива.

2. Низкое значение температуры самовоспламенения традиционного дизельного топлива, которое затрудняет образование гомогенной смеси в двигателях со степенями сжатия, соответствующими серийным дизелям ($\epsilon > 14$). Эффективный способ снижения температуры в цилиндре – применение РОГ, степень которой необходимо повысить до $z > 30...40$ %, чтобы предотвратить

преждевременное самовоспламенение гомогенной смеси. Однако высокая степень РОГ может отрицательно повлиять на топливо, а следовательно на экономические и эффективные характеристики двигателя.

Таким образом, применение HCCI-процесса в экспериментальных дизелях до настоящего времени не привело к одновременному улучшению экологических и эффективных показателей.

В связи с этим большое внимание уделяется реализации частично-гомогенного сгорания, идея которого заключается в том, что часть цикловой подачи топлива с целью гомогенизации смеси подается в цилиндр заранее, как в HCCI-процессе, а оставшаяся масса впрыскивается, как в традиционных дизельных процессах, образуя при этом гетерогенную смесь. В результате на первой стадии (фазе) процесса сгорание – гомогенное, а на второй – гетерогенное. Если процесс с частично-гомогенным сгоранием осуществить с преобладающей кинетической фазой горения, то не потребуются значительные изменения в системе топливоподачи по сравнению с традиционным серийным вариантом. Управление процессом сгорания, вплоть до полного разделения процессов впрыскивания и сгорания топлива, осуществляется за счет очень высоких степеней РОГ (до 70 %).

При четком разделении этих двух стадий сгорания промежуток времени осуществляется перспективный процесс частично-гомогенного сгорания, названный гомогенно-гетерогенным или разделенным сгоранием (Split Combustion).

Для осуществления любого из исследуемых в данной работе процессов частично-гомогенного сгорания, в том числе и SC-процесса, с приемлемыми показателями эмиссии сажи, NO_x , CO и СН должны быть оптимизированы регулируемые (момент начала подачи топлива и положение поршня в этот

момент, интервал времени между отдельными впрыскиваниями, давление впрыскивания) и конструктивные (угол конусности впрыскивания, форма камеры сгорания, интенсивность закрутки заряда) параметры, обуславливающие характер взаимодействия топливного факела со стенкой КС и концентрацию топлива в пристеночных зонах, тем самым определяющие общий уровень гомогенизации смеси по объему цилиндра.

Дальнейшее развитие процесса частично-гомогенного сгорания подразумевает оптимальное приспособление топлива (традиционного или альтернативного) к способам его сгорания. Исходя из состава традиционного топлива, представляющего собой смесь различных углеводородов (нафтеновые, парафиновые, ароматические), существенно отличающихся друг от друга по физико-химическим свойствам (например, по устойчивости к окислению), можно прогнозировать оптимальный состав топлива будущего. Введение изомеров в качестве углеводородных компонентов с подходящими свойствами позволит создать топливо, оптимальное для данного способа сгорания. Например, топливо из компонентов, кипящих при низких температурах, обеспечит высокий уровень гомогенизации смеси. Разработка синтетических топлив открывает новый потенциал и новые перспективы в этом направлении.

Гомогенное сгорание можно осуществить, используя противоположные свойства традиционных моторных топлив по отношению к самовоспламенению, применяя их одновременно (RCCI-процесс). При этом ранее впрыскиваемый во впускную систему бензин из-за длительного периода задержки воспламенения успевает образовать гомогенную смесь с воздухом, которая воспламеняется в результате позднего впрыскивания легко воспламеняющегося дизельного топлива. Трудности возникают на режимах низкой нагрузки, когда

из-за плохой самовоспламеняемости бензина имеют место пропуски сгорания. С другой стороны, дизельное топливо, имея лучшую самовоспламеняемость, требует высокой степени РОГ для обеспечения управляемого сгорания, величина которой должна расти с повышением нагрузки. Очевидно, что оптимальное соотношение топлив (бензин/дизельное топливо) должно меняться в зависимости от нагрузки двигателя. Так что применение RCCI-процесса не снимает проблему расширения диапазона рабочих режимов, использующих гомогенное сгорание.

Изменением степени РОГ при частично-гомогенном сгорании можно управлять не только моментом начала самовоспламенения, но и скоростью тепловыделения и скоростью нарастания давления, то есть не только предотвратить типичное для HCCI-процесса преждевременное воспламенение, но и снизить шум и механические нагрузки на основные детали двигателя. Применение РОГ с относительно малой степенью рециркуляции в частично-гомогенном процессе сгорания существенно снижает локальные температуры в КС, что приводит к уменьшению эмиссии оксидов азота, а на концентрацию сажи в продуктах сгорания оказывает практически незаметное влияние. Дальнейшее повышение степени РОГ (до нескольких десятков процентов) приводит к заметному снижению количества свободного кислорода в цилиндре и еще больше уменьшает эмиссию NO_x , при этом расход топлива, эмиссия сажи и CO повышаются.

Уровень гомогенизации, существенно влияющий, прежде всего, на образование сажи, зависит от величины задержки воспламенения, параметров и закона подачи топлива в цилиндр, интенсивности движения рабочего тела в цилиндре дизеля. Повышение степени РОГ приводит к увеличению времени задержки воспламенения и снижению

максимальных температур цикла, а также сокращает количество свободного кислорода в цилиндре. В результате возможно почти полное блокирование образования оксидов азота в цилиндре. В этом и заключается суть альтернативного процесса частично-гомогенного сгорания в дизелях, который можно отнести к процессам с управляемым самовоспламенением, то есть CAI-процессам (Controlled Auto Ignition).

Одна из основных задач при реализации процесса частично-гомогенного сгорания состоит в оптимизации характеристики впрыскивания топлива. Это связано с тем, что на режимах частичной нагрузки существует ограничение в выборе степени РОГ, то есть при раннем впрыскивании необходимо подавать такое количество топлива, чтобы возможно было регулировать начало сгорания за счет РОГ. Иначе при увеличении доли отработавших газов коэффициент избытка воздуха падает до 1 и ниже, вследствие чего растет эмиссия сажи. В таком случае частично-гомогенный процесс становится неэффективным по сравнению с традиционным дизельным не только с точки зрения топливно-экономических и эффективных показателей двигателя, но и с точки зрения выбросов твердых частиц. Таким образом, реализация частично-гомогенного процесса осложняется малыми значениями коэффициента избытка воздуха на частичных режимах и сложностью выбора оптимальной характеристики впрыскивания топлива.

Для оценки потенциальных возможностей различных концепций дизельного рабочего процесса с гомогенным и частично-гомогенным сгоранием традиционных и альтернативных топлив, рассмотренных в данной статье, требуется детальное исследование внутрицилиндровых процессов, в частности, процессов смесеобразования, сгорания и образования вредных веществ в локальных зонах объема цилиндра

двигателя. Характер нестационарного изменения локальных параметров, их взаимные влияния и роль в образовании вредных веществ могут быть существенным образом изменены в зависимости от регулируемых и конструктивных факторов. Очевидно, что раскрытие физических сущностей этих сложных процессов и выбор оптимального варианта гомогенизации сгорания в дизелях возможны только с применением 3D CRFD-моделей рабочего процесса. Задачи гомогенизации сгорания в дизелях подтверждают, что основным предметом исследования современной теории рабочих процессов поршневых двигателей является изменение локальных параметров в рабочем цикле, без анализа которых невозможно прогнозировать эффективные и экологические показатели новых альтернативных процессов сгорания. Экспериментальные исследования локальных параметров в КС в рамках такой постановки, чаще всего, пока еще невыполнимы либо очень дороги.

Проведенный аналитический обзор и результаты моделирования и экспериментального исследования альтернативных процессов сгорания, в частности, частично-гомогенного сгорания в дизелях, подчеркивают, что основной проблемой современной теории поршневых двигателей является согласование показателей по эмиссии вредных веществ с показателями по расходу топлива. Постоянно ужесточающиеся законодательные нормы по экологии надо воспринимать как мотивацию для поиска новых способов совершенствования рабочего процесса и внедрения инновационных технологий в двигателестроении. Печальный пример с Volkswagen [32] показывает, что другого пути к решению данной проблемы нет.

Работа выполнена в рамках проекта FR/241/3-170/14.

Литература

1. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей. Специальные главы. 2-е издание. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 590 с.
2. Basshuesen R., Schäfer F. Handbuch. Verbrennungsmotor. 4. Aufgabe. – Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlag, 2007. – 1032 s.
3. Ra Y., Reitz R.D. The Use of Variable Geometry Sprays with Low Pressure Injection for Optimization of Diesel HCCI-Engine Combustion. – SAE, 2005-01-0148.
4. Исследование горения в дизеле (материалы конгресса СИМАС-2013) // Двигателестроение. – 2016. – №1. – С. 45-57.
5. Kavtaradze R.Z., Natriashvili T.M., Zelentsov A.A. Ignition Delay and Emission of the Noxious Substances in Double-Fuel Engines Working on the natural Gas and Syngases // Chapter 15 (p. 109-120) in the Book: Innovative Methods for Improvement of Technical, Economic and Ecological Efficiency of Motor Cars (ISBN:978-1-63463-671-1). – New-York: NOVA-Publishers, 2015. – 138 p.
6. Wesslau M., Bargende M., Haas S., Boulouchos K., Barroso G., Escher A. Homogene Dieselerbrennung – Verfahren zur Emissionsreduzierung. Teil 1: Untersuchungen am Pkw-Dieselmotor // MTZ. – 2006. – № 10. – S. 798-805.
7. Müller E., Weiskirch Ch., Bach E., Emmrich Th., Bach E., Schneemann A. Homogene Dieselerbrennung – Verfahren zur Emissionsreduzierung. Teil 2: Untersuchungen am Nfz-Motor // MTZ. – 2006. – № 11. – S. 906-917.
8. Schneemann A., Emmrich Th., Bach E. Oberflächentemperaturmessung und lokale Wärmeübergang // Informationstagung Motoren. Herbst 2006, Würzburg. Heft R 535 (2006). – S. 281-305.
9. Henle A. Entkopplung von Gemischbildung und Verbrennung bei einem Dieselmotor: Dissertation. – München, 2006. – 193 s.
10. König, G., Raab, A. Brennraum einer selbst zündenden Brennkraftmaschine Stuttgart, DaimlerChrysler AG, Patentschrift WO/2006/058640 (2006).
11. Gatellier, B., Ranini, A., Castagné, M. New developments of the NADI concept to improve operating range, exhaust emissions and noise In: Oil & Gas Science and Technology // Rev. IFP. – 2006. – Vol. 61. – Nr. 1. – S. 7-23.
12. Lewander M., Jojansson B., Tunestal P., Keeler T., Tullis S., Milovanovich N. Evaluation of the Operating Range of Partially Premixed Combustion in a multi Cylinder Heavy Duty Engine with Extensive EGR. – SAE. 2009-01-1127.
13. Hashizume T., Myamoto T., Akagawa H., Tsujimura K. Combustion and Emission Characteristics of Multiple Stage Diesel Combustion. – SAE Paper 980505, 1998.
14. Shimazaki, N., Akagawa, H., Tsujimura, K. An experimental study of premixed lean diesel combustion. – SAE-paper 1999-01-0181.
15. Weiskirch, C. Reduktion von NO_x- und Partikelemissionen durch (teil-) homogene Dieselerbrennverfahren. – Braunschweig, Technische Universität, Dissertation (2007).
16. Кавтарадзе Р.З., Сергеев С.С. Новый альтернативный (частично-гомогенный) процесс сгорания как способ снижения концентраций оксидов азота и сажи

в продуктах сгорания дизеля // РАН. Теплофизика высоких температур. – 2014. – Т. 52. – № 2. – С. 294-309.

17. Кавтарадзе Р.З., Зиновьев И.А. Влияние частичной гомогенизации процесса сгорания на экологические показатели дизеля // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». – 2016. – № 4. – С. 113-127.

18. Кавтарадзе Р.З., Онищенко Д.О., Зиновьев И.А., Голосов А.С. Влияние альтернативного процесса впрыскивания топлива на локальные образования оксидов азота и сажи в камере сгорания дизеля // Известия РАН. Энергетика. – 2016. – № 5. – С. 152-159.

19. Han X., Wang M., Zheng M. An Enabling Study of Neat n-Butanol HCCI Combustion on a High Compression-ratio Diesel Engine. – SAE Technical Paper. 2015-01-0001.

20. Valentino G., Corcione F.E., Iannuzzi S.E., Serra S. Experimental study on performance and emissions of a high speed diesel engine fuelled with n-butanol/diesel blends under premixed low temperature combustion // Fuel. – 2012. – 92(1). – Pp. 295-307.

21. Rahman A., Ramesh A. Effect of Split Injection on Combustion and Performance of a Biogas-Diesel Fueled PPCCI Engine. – SAE Technical Paper, 2015-24-2453.

22. Кавтарадзе Р.З. Улучшение экологических показателей водородного дизеля с непосредственным впрыскиванием газообразного водорода // РАН. Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2016. – Т. 45. – № 4. – С. 20-29.

23. Кавтарадзе Р.З., Краснов В.М. Влияние частичной гомогенизации смеси на образование оксидов азота в камере сгорания водородного дизеля // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. – № 2 (50). – С. 50-56.

24. Кавтарадзе Р.З. Теплофизические процессы в дизелях, конвертированных на природный газ и водород. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 238 с.

25. FIRE. Users Manual // AVL List GmbH. – Graz (Austria), 2017.

26. Alkidas A.C. Relationships between smoke measurements and particulate measurements // SAE Technical Paper 840412. – 1984. – 9 p.

27. Кавтарадзе Р.З., Онищенко Д.О., Зеленцов А.А. Трехмерное моделирование нестационарных теплофизических процессов в поршневых двигателях. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 85 с.

28. Kavtaradze R., Natriashvili T., Zelentsov A., Glonti M. Lokal heat exchange in combustion chamber and the intensive heat state of the diesel piston, converted into the two-fuel engine // International Scientific Journal IFToMM «Problems of Mechanics». – 2013. – № 1 (52). – Pp. 55-61.

29. Kavtaradze R.Z., Zelentcov A.A., Onishchenko D.O., Skripnik A.A. Simulation of Local Heat Transfer in Combustion Chamber of Aircraft Piston Engine / Proceedings AVL International Simulation Conference 2017, June 27–29, Austria, Graz. – 2017. – Pp. 1-7.

30. Chang J., Güralp O., Filipi Z., Assanis D., Kuo T.W., Najt P., Rask R. New Heat Transfer Correlation for an HCCI Engine Derived from Measurements of Instantaneous Surface Heat Flux // SAE Technical Paper 2004-01-2996. – 18 p.

31. Reitz R.D., Duraisamy G. Review of high efficiency and clean reactivity controlled compressionignition (RCCI) combustion in internal combustion engines // Progress in Energy and Combustion Science. – 2015. – V. 46. – Pp. 12-71.

32. Reitz R.D. Das Diesel-Dilemma // MTZ. – 2016. – № 3. – S. 90.

Снижение дымности отработавших газов дизеля в условиях высокогорья

Н.Н. Патрахальцев, профессор РУДН, д.т.н.,

Л.А. Ластра, профессор Национального инженерного университета Перу (UNI), г. Лима, к.т.н.,

О.В. Камышников, профессор Национального университета Сан Августина (UNSA), Перу, г. Аррекипа, к.т.н.

Проблема снижения дымности ОГ и повышения экономичности дизеля в условиях высокогорья может решаться добавкой к дизельному топливу жидкой фазы сжиженного углеводородного газа (СУГ) – пропан-бутана топливного. Физико-химические и моторные свойства СУГ позволяют сохранить допустимый уровень дымности ОГ при коэффициенте избытка воздуха более низком, чем в традиционном дизеле в тех же условиях, а, следовательно, частично компенсировать «высокогорные» потери мощности, экономичности и экологичности двигателя.

Работа проведена в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве между университетами РФ и Перу.

Ключевые слова:

дизель, газодизель, альтернативное топливо, сжиженный углеводородный газ (СУГ), высокогорье, токсичность выбросов, дымность отработавших газов.

В Перу для реализации договора о научно-техническом сотрудничестве между университетами РФ и Перу был поставлен испытательный стенд с дизелем 2Ч 8,5/11, на котором были проведены исследования в нормальных условиях на уровне моря в г. Лима, а также в условиях высокогорья – в г. Аррекипа, расположенном на высотах 2200...2500 м над уровнем моря. Проведение данной работы в районе Аррекипы было согласовано с региональным управлением здравоохранения [1], поскольку ее результаты должны были дать рекомендации для снижения выбросов сажи в условиях городского движения автотранспорта.

Известно, что при работе дизеля в условиях высокогорья, когда снижаются давление и плотность окружающего воздуха, дизель при исходной регулировке работает с пониженным коэффициентом избытка воздуха, ухудшенными показателями теплообмена и т.д. Это приводит к снижению его мощности, повышенному удельному расходу топлива, а также возрастанию токсичности и особенно дымности его выбросов.

Наиболее существенным источником загрязнения окружающей среды в г. Аррекипа является автомобильный транспорт. Проблема защиты окружающей среды становится особенно актуальной, если учесть топографические особенности расположения этого города

и провинции – окруженное горами плато, где затруднено естественное ветровое удаление загрязнителей атмосферы. Индексы предельно допустимых концентраций (например, сажи) в окружающем воздухе разработаны для нормальных условий эксплуатации, то есть на уровне моря. В то же время, согласно последним исследованиям гигиенистов, вредность и токсичность сажи увеличиваются с ростом высоты над уровнем моря.

Известно, что физико-химические и моторные свойства применяемого топлива существенно влияют на показатели эффективности, экономичности и токсичности выбросов двигателей. Применение ряда альтернативных топлив (прежде всего природного и сжиженного углеводородного газов) существенно улучшает эти показатели.

В Перу около 15 тыс. баррелей СУГ в месяц производит основной производитель – фирма PETROPERU. Еще около 5 тыс. баррелей в месяц – другие производители, прежде всего REPSOL. Сейчас СУГ применяется в основном для домашнего пользования и в качестве топлива для автомобильных газобаллонных двигателей с искровым зажиганием. Реже – на газодизелях со смешанным смесеобразованием (с внешним смесеобразованием для СУГ и внутренним с запальным дизельным топливом – ДТ). С ростом числа заправочных станций, а также с расширением применения природного газа в домашнем хозяйстве увеличиваются возможности использования СУГ и в качестве топлива для дизелей и газодизелей. С учетом более простой транспортировки СУГ его применение перспективно, хотя и требует определенных переделок двигателя (особенно дизеля) в газодизель со смешанным смесеобразованием, также при этом повышаются требования к условиям технического обслуживания и т.д. Представляется, что не только для Перу, но и для РФ применение СУГ в дизелях путем впрыскивания его штатной

системой топливоподачи (по принципу внутреннего смесеобразования, типичного для дизелей) [2] может быть наиболее целесообразно, особенно при модернизационном решении задачи, то есть без существенных переделок серийного двигателя.

В условиях Аррекипы, то есть на высоте порядка 2500 м над уровнем моря, давление окружающего воздуха составляет около 85 % от нормального. Особенностью климатических условий в Перу является возрастание температуры воздуха до высоты около 2000...2500 м, когда она достигает уровня 103 % от нормального. При этом плотность окружающего воздуха оказывается на 25 % ниже, чем в нормальных условиях, причем на 5 % ниже, чем в аналогичных условиях Европы. В результате на 3 % снижается коэффициент наполнения, на 27 % – действительный расход воздуха и давление начала сжатия, также уменьшается коэффициент избытка воздуха. В дизеле в условиях высокогорья из-за снижения давления и температуры конца сжатия возрастает период задержки воспламенения. Все это приводит к ухудшению протекания рабочего процесса дизеля – снижению мощности до 30 %, экономичности на 22 %, росту токсичности и особенно дымности выбросов. Даже перерегулировка дизеля на постоянство состава горючей смеси, то есть уменьшение подачи топлива примерно на 25...30 %, не восстанавливает экономичности двигателя, индикаторный и эффективный КПД которого остаются ниже, чем при работе на уровне моря [1].

Испытания дизеля в условиях высокогорья в штатном исполнении при работе на дизельном топливе (рис. 1) проведены сначала без изменения регулировок, которые имел дизель в условиях на уровне моря. Затем проведены испытания в ситуации, когда уменьшением подачи топлива на каждом скоростном режиме достигался состав смеси, равный тому, который двигатель имел на этом

режиме в нормальных условиях. Результаты испытаний показали, что при отсутствии корректировок дизеля по другим параметрам у него отмечены существенные потери мощности и экономичности, а также возрастание дымности выбросов (рис. 2).

Характеристики показывают, что даже при дефорсировании дизеля (то есть при потере мощности) в условиях высокогорья уменьшением подачи топлива до уровня, обеспечивающего поддержание состава смеси, соответствующего составу в условиях на уровне моря, заметно снижаются показатели экономичности. Сохранение неизменными коэффициентов избытка воздуха хотя и снижает мощностные показатели еще сильнее, чем недостаток воздуха, но практически восстанавливает уровень дымности нормальных условий, за исключением режимов пониженных частот вращения.

В целом, при работе на высоте с неизменной «равнинной» регулировкой (см. рис. 1, 2) дизель при номинальной частоте вращения вала имеет на 18 % пониженную мощность, на 28 % более низкий коэффициент избытка воздуха и в 1,6-2,0 раза более дымный выпуск в диапазоне частот от номинальной до минимальной. Дизель в нормальных условиях имеет $\alpha_0=1,55\dots 1,6$. Состав смеси предела дымления в этих условиях равен 1,45. В высокогорье дизель с «равнинной» регулировкой по подаче топлива имеет состав смеси $\alpha_H=1,15\dots 1,16$.

Если провести настройку дизеля на высоте на состав смеси «равнинной» регулировки ($\alpha'_H=\alpha_0$), то эффективность (мощность) дизеля (N'_{eH}) снижается по сравнению с исходной «равнинной» (N_{e0}) на 30...35 % при потере до 2...3 % по абсолютному значению экономичности. При этом уровень дымности ОГ несколько снижается на повышенных частотах вращения, но возрастает на 30 % при пониженных частотах. Таким образом, простая регулировка дизеля на условия

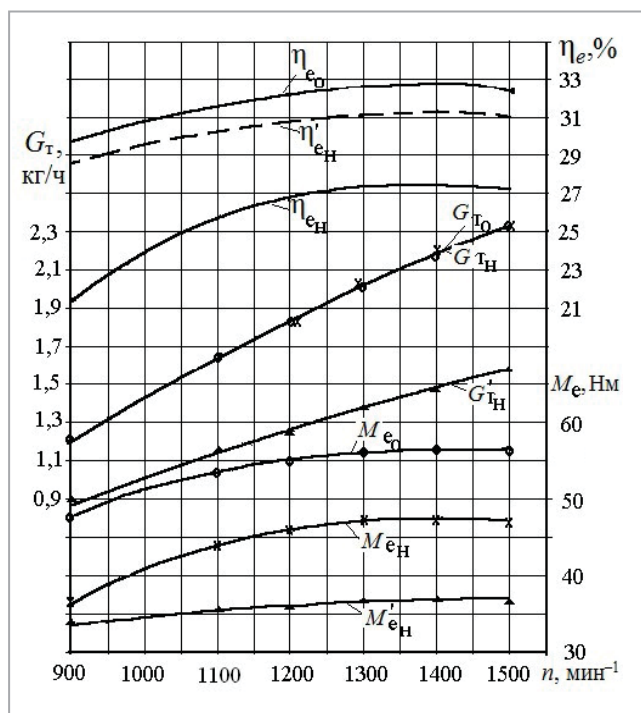


Рис. 1. Внешние скоростные характеристики дизеля 2Ч 8,5/11 при работе в нормальных условиях на уровне моря (индекс «0»), на высоте $H=2500$ м над уровнем моря с неизменной «равнинной» регулировкой (индекс «Н») и при работе на высоте с уменьшением подачи топлива до уровня составов смеси, соответствующих «равнинной» регулировке (индекс «'»): M_e – крутящий момент; η_e – эффективный КПД; G_T – часовой расход топлива

высокогорья путем сохранения неизменным (по сравнению с нормальными условиями) состава горючей смеси не обеспечила достаточной компенсации потерь экономичности и экологических качеств двигателя при очевидной значительной потере мощности.

Поэтому проблемы компенсации потерь эффективности, экономичности, экологических качеств в условиях высокогорья требуют применения специальных методов и средств организации рабочих процессов. В публикациях [3, 4] имитацией работы дизеля типа Рикардо в высокогорных условиях показаны возможности частичной

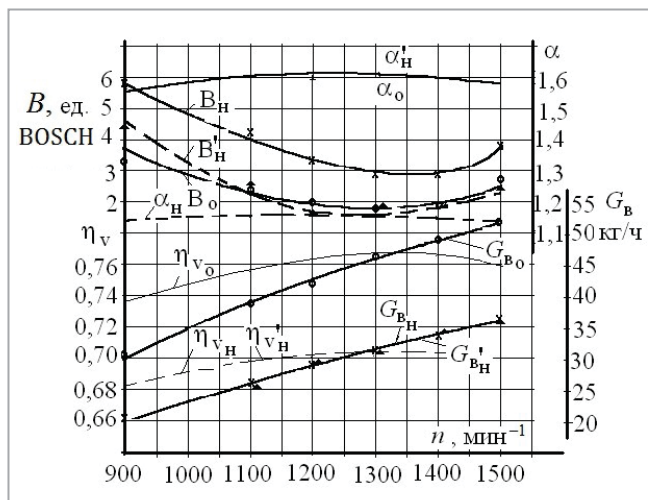


Рис. 2. Внешние скоростные характеристики дизеля 2С 8,5/11 при работе на уровне моря («0»), в высокогорье с неизменной «равнинной» регулировкой («Н») и с уменьшением подач топлива до исходного «равнинного» состава смеси («'»): G_v, η_v, α – часовой расход воздуха дизелем, коэффициент наполнения и коэффициент избытка воздуха; B – дымность отработавших газов

компенсации высокогорных потерь добавкой к топливу сжиженного углеводородного газа. По существу, этот метод относится к созданию газодизелей с внутренним смесеобразованием. Разработке таких процессов в нормальных условиях эксплуатации посвящены работы [5], где в дизель подавалась предварительно подготовленная смесь основного дизельного топлива и СУГ, и [6], где СУГ вводился в линию высокого давления топливной системы вблизи форсунки через клапан регулирования начального давления (РНД) [7]. Впрыскивание в дизель заранее подготовленной смеси дизельного топлива и СУГ дает высокий эффект по показателям экономичности, эффективности, экологичности. Однако метод сложен в организации, так как подача СУГ или его смеси с ДТ через штатный ТНВД осложняется проблемой создания и хранения такого смесового топлива, возможностью парообразования в линиях

низкого и высокого давления в процессе топливоподачи, повышенной сжимаемостью смесового топлива, утечками газа в окружающую среду через зазоры в ТНВД и т.д.

Способ подачи СУГ к штатной форсунке с помощью клапана РНД более оперативен и конструктивно менее сложен. Топливная аппаратура включает элементы штатной системы, источник с сжиженным углеводородным газом, элементы фильтрации СУГ и аварийной защиты, а главное – клапан РНД, подключенный вблизи штатной форсунки. (Следует отметить, что по предложению профессора МГТУ им. Баумана Грехова Л.В. этот клапан более удачно назван клапаном импульсной подачи добавки к топливу. В нашей работе сохранена старая терминология, так как функцией клапана является не только ввод добавок к основному топливу, но и повышение или стабилизация начального давления в ЛВД перед очередными циклами топливоподачи). Узел клапана РНД включен вблизи форсунки через специальные элементы крепления. Подача СУГ в дизельное топливо в линии высокого давления (ЛВД) в максимальной близости к форсунке происходит между циклами впрыскивания, когда при отсечке подачи топливным насосом и посадке нагнетательного клапана в седло в ЛВД формируется волна пониженного давления, которая, подходя к клапану РНД, открывает его, и СУГ под действием перепада давления входит в ЛВД, перемешиваясь с ДТ. А в очередных циклах топливоподачи созданное таким образом смесовое топливо впрыскивается в дизель обычным порядком.

Анализ регулировочных характеристик топливной системы дизеля 2С 8,5/11 с клапаном РНД показал, что в штатном состоянии топливной системы клапан РНД не обеспечивает ввод добавки в ЛВД. Потребовались увеличение длины ЛВД до 600 мм, ограничение хода клапана РНД величиной 0,4 мм,

а также увеличение объема разгрузки нагнетательного клапана до 26 мм³, что позволило получить достаточные расходные характеристики СУГ через клапан. После отладки и регулировки системы с РНД на топливном стенде она была установлена на дизеле. Стенд с дизелем был снабжен измерителями расхода ДТ, СУГ и воздуха, измерителями частоты вращения и крутящего момента, дымомером типа BOSCH и другой необходимой аппаратурой. Установка РНД на модернизированную топливную систему позволяет не только восстановить (после увеличения длины нагнетательного трубопровода), но и повысить производительность системы топливоподачи на всех скоростных и нагрузочных режимах. Применение клапана РНД практически не влияет на степень коррекции топливной аппаратуры, что важно для топливной системы автотракторного двигателя. При подаче через клапан РНД дизельного топлива повышение производительности системы составляло 20...40 %.

После отладки системы на дизельном топливе проведены исследования с подачей СУГ. Показано (рис. 3), что массовая доля расхода СУГ $G_{СУГ}$ через клапан РНД в случае сохранения мощностной характеристики и $G_{СУГ}'$ – при сохранении исходного «равнинного» состава смеси будет около 20...25 % от полного массового расхода ДТ. Более важным представляются доли X_Q и X'_Q и абсолютные значения тепла Q , вводимого с СУГ ($Q_{СУГ}$ и $Q_{СУГ}'$).

Показано, что по отношению ко всей теплоте, вводимой в цилиндры дизеля со смесевым топливом, доля СУГ составляет от 20 до 22 % во всем диапазоне скоростных режимов при работе по внешней скоростной характеристике (ВСХ).

Испытания двигателя с подачей в цилиндры СУГ проведены в следующих условиях (рис. 3, 4).

На всех скоростных режимах газодизель регулировался на получение того

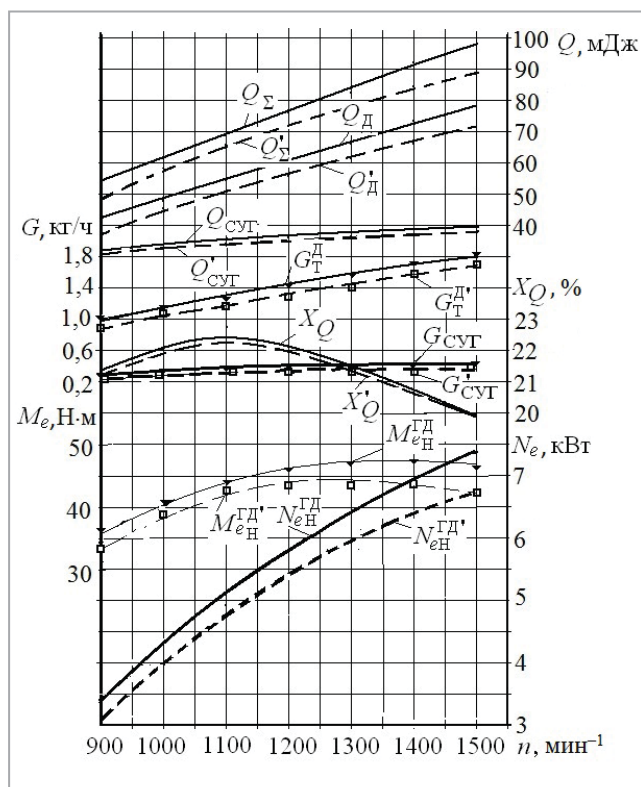


Рис. 3. Характеристики газодизеля с внутренним смесеобразованием на базе дизеля 2Ч 8,5/11 при работе на высоте $H=2500$ м над уровнем моря:

— — — — — добавка СУГ из условия сохранения характеристики дизеля M_{eH} («ГД»);
 - - - - - добавка СУГ при условии сохранения неизменной дымности ОГ на номинальном скоростном режиме на уровне $B=2,3$ ед. BOSCH («ГД'»);
 $G_{СУГ}$ и $G_{СУГ}'$ – часовые расходы СУГ;
 G_T^H и $G_T^{H'}$ – часовые расходы дизельного топлива;
 Q – часовой ввод тепла с дизельным топливом («д»), с СУГ («СУГ») и суммарный («Σ»); X – доля теплоты, введенной с СУГ

крутящего момента (M_{eH}), который он имел при работе по ВСХ на высоте в дизельном варианте с исходной «равнинной» регулировкой. Следовательно, эта характеристика газодизеля является не внешней скоростной, а скорректированной, так как положение рейки на каждом режиме подбиралось таким, чтобы обеспечить нужный крутящий момент.

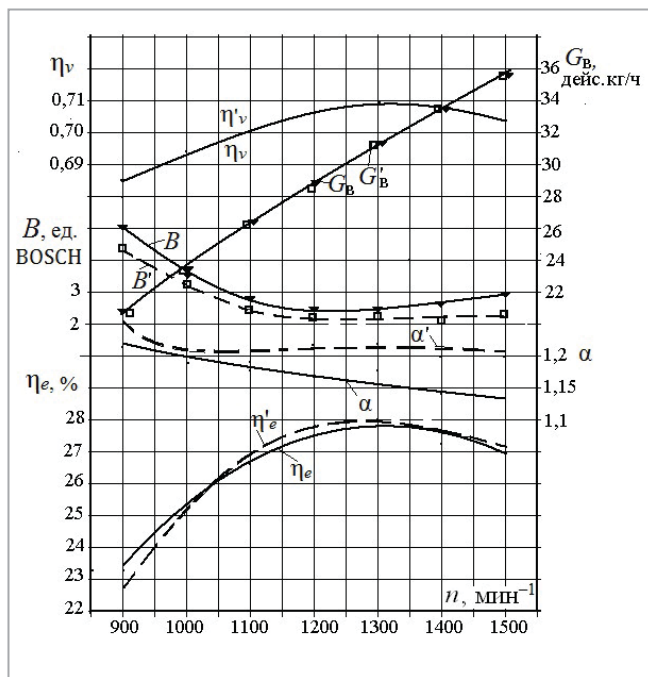


Рис. 4. Характеристики газодизеля с внутренним смесеобразованием при регулировках подачи СУГ на неизменную характеристику M_{eH} и неизменную дымность номинального режима $B=2,3$ ед. BOSCH (обозначения см. рис. 3)

При этом расход СУГ определялся особенностью работы топливной аппаратуры и специальными средствами не регулировался.

На номинальном скоростном режиме подбором положения рейки (при автоматически получаемом расходе СУГ) двигатель регулировался на уровень дымности ОГ $B=2,3$ ед. BOSCH, то есть не выше того, который двигатель имел на номинальном режиме в нормальных условиях.

При этом на номинальных скоростных режимах расход дизельного топлива составлял порядка $1,7...1,8$ кг/ч, а расход СУГ – около $0,4$ кг/ч. Иначе говоря, с подачей СУГ в цилиндр вводилось около 20 % теплоты от всего введенного в двигатель тепла смесового топлива. Во втором случае положение рейки ТНВД при $B=2,3$ ед. BOSCH фиксировалось как номинальное и далее снималась ВСХ двигателя, то есть без изменения положения рейки.

Во втором случае произошло уменьшение мощности двигателя на номинальном скоростном режиме от $7,3$ до $6,75$ кВт. Повысился от $1,14$ до $1,21$ коэффициент избытка воздуха, практически сохранилась экономичность двигателя, а дымность ОГ снизилась от $3,0$ до указанного уровня в $2,3$ ед. BOSCH.

Сравнивая показатели дизеля при исходной регулировке с показателями газодизеля с внутренним смесеобразованием при одинаковых значениях крутящего момента (M_{eH} и $M_{eH}^{ГД}$) (рис. 5), можно отметить следующее. Так, экономичность газодизеля ($\eta_{eH}^{ГД}$) возросла на пониженных частотах вращения на 2 % и несколько снизилась на номинальном режиме. Газодизель, как и дизель, работает при обогащенном составе смеси. Дымность ОГ у газодизеля снижается на 10...30 % по сравнению с дизелем. Реализовать такую корректорную скоростную характеристику из-за переменности положения рейки достаточно сложно.

При работе газодизеля по ВСХ при условии не превышения дымности ОГ в нормальных условиях момент газодизеля составляет 90...97 % от момента дизеля, а эффективный КПД практически сохраняется на неизменном уровне.

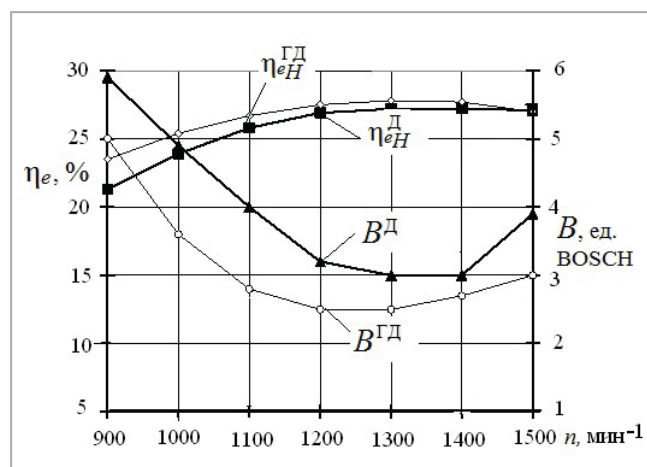


Рис. 5. Сравнение эффективного КПД (η_e) и дымности (B) ОГ дизеля со штатной «равнинной» регулировкой и газодизеля в высокогорье при условии равенства развиваемых крутящих моментов

По работе могут быть сделаны следующие основные выводы:

1. Исследованы метод и средства компенсации снижения мощности и экономичности, а также метод снижения дымности выбросов дизеля типа 2Ч 8,5/11, эксплуатирующегося в условиях высокогорья, впрыскиванием в цилиндры сжиженного углеводородного газа (СУГ) в смеси с дизельным топливом.

2. Разработана система топливоподачи с клапанами регулирования начального давления (РНД) малоразмерного быстроходного дизеля типа 2Ч 8,5/11, обеспечивающая использование СУГ как добавки к основному дизельному топливу с целью регулирования рабочего процесса дизеля изменением физико-химических свойств топлива. По существу, реализован метод организации газодизельного процесса с внутренним смесеобразованием путем впрыскивания в цилиндры смешанного топлива, состоящего из ДТ и СУГ.

3. Дизель в исходной модификации, отрегулированный для работы в нормальных условиях, на высоте 2500 м над уровнем моря теряет около 17 % мощности, причем его дымность возрастает в 1,65 раза, а удельный расход топлива

увеличивается на 20 %. При этом происходит снижение коэффициента избытка воздуха с 1,59 до 1,14. Благодаря проведенной модернизации топливной аппаратуры удается подавать в дизель через клапан РНД такое количество СУГ, которое соответствует 20...22 % всей теплоты, вводимой в двигатель со смешанным топливом. Это необходимо для сохранения дымности ОГ газодизеля в условиях высокогорья при номинальном режиме на уровне дымности номинального режима дизеля в нормальных условиях ($B=2,3$ ед. BOSCH).

4. При перерегулировке дизеля для высокогорья на ту характеристику по составу смеси, которую двигатель имел в нормальных условиях, номинальная мощность снижается на 35...40 % при одновременном уменьшении дымности до 2,1 ед. BOSCH, что ниже, чем на номинальном режиме дизеля в нормальных условиях.

5. При реализации газодизельного варианта двигатель в условиях $H=2500$ м может развивать мощность, которую он имел в этих же условиях при неизменной «равнинной» регулировке, при практически той же экономичности, но с пониженной в 1,35 раза дымностью ОГ на номинальном режиме.

Литература

1. Патрахальцев Н.Н., Камышников О.В., Хосе Гальдос Гомез. Применение сжиженного нефтяного газа в дизеле для снижения токсичности и дымности выбросов в условиях высокогорья // Двигателестроение. – 2006. – № 3 (225). – С. 35-39.
2. Патрахальцев Н.Н. Аппаратура для газодизельного процесса // Автомобильная промышленность. – 1988. – № 7. – С. 16-17.
3. Ластра Луис, Качо Г.Л., Патрахальцев Н.Н. Альтернативный метод повышения эффективности работы дизеля в условиях высокогорья форсировкой рабочего процесса по составу смеси // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1995. – № 4-6. – С. 38-45.
4. Луис Ластра, Патрахальцев Н.Н. Разработка альтернативных методов организации рабочего процесса дизеля в условиях высокогорья // Двигателестроение. – 1993. – № 5. – С. 12-14.
5. Мамедова М.Д. Работа дизеля на сжиженном газе. – М.: Машиностроение, 1980. – 60 с.
6. Возможности экономии дизельного топлива при организации дизельного процесса с внутренним смесеобразованием / Н.Н. Патрахальцев, В.И. Куличков, О.В. Камышников и др. // Тракторы и сельхозмашины. – 1990. – № 10. – С. 8-9.
7. Патрахальцев Н.Н. Системы топливоподачи с регулируемым начальным давлением // Двигателестроение. – 1980. – № 8. – С. 32-35.

Зарождение рынка сжиженного природного газа в Дунайском регионе

Аналоги развития рынка СПГ Дунайского региона и региона Северного и Балтийского морей

А.А. Конопляник, советник генерального директора ООО «Газпром экспорт», профессор кафедры «Международный нефтегазовый бизнес» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д.э.н.,
А.А. Сергаева, соискатель ученой степени к.э.н. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, специалист по развитию бизнеса ООО «Газпром газомоторное топливо»

История формирования рынка, как и всей индустрии сжиженного природного газа (СПГ), насчитывает чуть более полувека. Однако четырехкратный рост объемов его реализации за последние два десятилетия, появление эффективных технологий в совокупности с новыми торговыми площадками демонстрируют повышенный интерес к данной отрасли и стимулируют дальнейшее ее развитие.

Спрос и предложение СПГ постоянно растут под действием различных драйверов, что не мешает всем авторитетным аналитическим агентствам – например, Международное энергетическое агентство (International Energy Agency – IEA¹), Британская нефтегазовая компания British Petroleum (BP²) и Оксфордский институт энергетических исследований (Oxford Institute for Energy Studies – OIES³) – отмечать ожидаемую тенденцию роста доли сжиженного газа до 25...30 % в структуре баланса энергоносителей и структуре потребления топлива транспортными средствами в предстоящий период до 2030 года.

Таким образом, индустрия СПГ, несомненно, стоит на пороге глобальной трансформации. Для того чтобы спрогнозировать ее изменения, необходимо проанализировать факторы, которые влияют на стремительное развитие рынков СПГ.

На примере становления рынка СПГ в Дунайском регионе в настоящей статье дано описание и проведен анализ того, какой вектор развития может принять отрасль в зависимости от различных экономических и политических предпосылок, влияющих на глобальный и региональный рынки энергоносителей. В статье также отмечено, какие преобразования могут потребоваться для расширения областей применения малотоннажного СПГ. Кроме того, рассмотрены проблемы, возникающие перед основными участниками энергетического рынка, и пути их решения.

Ключевые слова:

сжиженный природный газ, SECA, транспортные коридоры, Еврокомиссия, политика ЕС, регазификационные терминалы, бункеровочное топливо.

1. World Energy Outlook 2017. Paris: IEA, 2017. <http://www.iea.org/weo2017>

2. BP Energy Outlook 2017. London: BP, 2017. <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf>

3. Institute for Energy Studies (OIES), 2017; <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2017/02/The-Forthcoming-LNG-Supply-Wave-OIES-Energy-Insight.pdf>

Анализ рынка СПГ в регионе Северного и Балтийского морей. Перспективы развития

С 2009 года страны Европы все-ръем заинтересовались развитием рынка сжиженного природного газа (СПГ). Причиной ажиотажного интереса послужило появление на рынке катарского газа, что привело к избытку физического газа и резкому росту доли спотовых сделок. Кроме того, в 2009 году Еврокомиссией был принят третий энергопакет, в соответствии с которым монополисты (главным образом ПАО «Газпром»), поставляющие энергоносители, не могут блокировать доступ конкурентам к потребителям за счет владения сетями распределения (газопроводы).

Европейские потребители СПГ потенциально могут определять будущее рынка. Европа все еще продолжает рассматривать СПГ как одну из основ энергетической безопасности в будущем. Еврокомиссией была представлена новая стратегия по развитию рынка СПГ и хранилищ газа. Это означает диверсификацию процессов хранения и потребления всех стран – членов Евросоюза.

По данным Международной группы импортеров СПГ (GIIGNL), в 2016 году в страны Европы было экспортировано около 37,6 млн т СПГ, что на 15 % превышает показатели 2015 года. СПГ был доставлен во Францию, Испанию, Польшу, Португалию, Латвию, Бельгию и Грецию. Основными поставщиками СПГ на Европейском рынке стали Алжир, Катар, Норвегия и Нигерия ⁴.

Второй ключевой фактор заинтересованности Европы в развитии рынка СПГ и строительстве терминалов в главных портах европейских стран – это выявление экономических, экологических,

а также эксплуатационных преимуществ применения СПГ в качестве топлива для автомобильного и судоходного транспорта.

С 2015 года Евросоюз уделяет особое внимание созданию комфортных условий применения СПГ в качестве бункеровочного топлива в Северном и Балтийском морях в свете принятых Международной морской организацией требований по предотвращению загрязнения судами окружающей среды морей (Приложение № VI к Конвенции МАРПОЛ). Эти требования запрещают судовладельцам в Северном и Балтийском морях использовать топливо, выбросы серы которого превышают 0,1 %. Ранее максимальный уровень выбросов серы составлял 1 %. Таким образом, судовладельцам приходится отказываться от применения дешевого мазута с высоким содержанием серы в пользу экологически более чистых видов топлива. В первую очередь, это дизельное топливо высокой очистки – так называемый «морской дизель» (выброс серы 0,1 %) и СПГ (выброс серы 0 %). Кроме этого, для снижения выбросов серы возможна установка в систему отводимых газов фильтра (скруббер), не пропускающего вредные выбросы в атмосферу при использовании в качестве топлива высокосернистого мазута.

Выбор в пользу СПГ обусловлен более привлекательной ценой сжиженного газа по сравнению с получаемым путем глубокой переработки на нефтеперерабатывающих заводах морского дизеля (СПГ в 1,5 раза дешевле). Предложение последнего на рынке, к тому же, очень ограничено.

Преимущество применения СПГ в сравнении с установкой фильтра (скруббер) в том, что сжиженный газ позволяет эксплуатировать двигатель в 1,5 раза дольше, чем при использовании традиционного вида топлива, в то время как фильтр имеет очень непродолжительные сроки эксплуатации. Кроме того, основным недостатком этого

4. Отчет GIIGNL 2017 г.
<http://www.giignl.org/publications>

способа газоочистки является образование больших объемов шлама.

Единственным препятствием для перехода на СПГ в качестве бункеровочного топлива для судовладельцев остается неразвитая инфраструктура заправочных станций, требующая значительных капитальных вложений для компаний-операторов. Переход на СПГ судоходных транспортных и круизных компаний также требует значительной и дорогостоящей модернизации существующего флота и закупки новых судов, оснащенных двигателями, работающими на СПГ.

Таким образом, перед всеми участниками рынка (судостроители, транспортные компании-судовладельцы, операторы и строители заправочных станций и терминалов СПГ) возникает проблема, свойственная рынку на ранней стадии развития, – проблема «курицы и яйца». Все участники взаимосвязаны и несут определенные финансовые риски, обусловленные окупаемостью капитальных вложений вообще и сроками указанной окупаемости долгосрочных инвестиций, в частности.

Для преодоления институциональных барьеров правительство Евросоюза на федеральном и региональном уровнях разработало стратегию создания инфраструктуры СПГ с оказанием финансовой поддержки в развитии транспортных коридоров, к которым, кроме прочего, относятся морские коридоры Северного и Балтийского морей.

Основные факторы, влияющие на создание и активное развитие инфраструктуры СПГ в Европе – это реализация политики ЕС по обеспечению энергетической (диверсификация поставщиков газа) и экологической (применение экологически чистого топлива транспортными средствами) безопасности, стали определяющими и дали толчок для начала проектирования

и строительства ряда импортных и экспортных СПГ-терминалов в прибрежных странах Северного и Балтийского морей.

Для справки. Заправка (бункеровка) судов СПГ осуществляется тремя способами: через приемочные терминалы (грузовместимость более 100 тыс. м³ газа), через СПГ-баржи (методом «судно – судно», грузовместимость 0,5...10 тыс. м³ газа), а также через крупнотоннажный автотранспорт (грузовместимость 50...80 м³ газа).

Вследствие перечисленных объективных факторов в Балтийском регионе в ближайшей перспективе будет формироваться новый рынок сбыта СПГ в качестве судового топлива.

По состоянию на 2017 год уже введены в эксплуатацию импортные (приемочные) терминалы в Швеции, Финляндии, Эстонии, Латвии, Польше, Германии, Нидерландах, Бельгии и Великобритании. Их мощность составляет от 0,6 млн до 7,5 млрд м³ газа в год, что эквивалентно 0,4...5 млн т СПГ в год. Экспортные терминалы введены в эксплуатацию в Норвегии – в стране, обладающей большими запасами газа на шельфовых месторождениях, обеспечивающих экспорт СПГ⁵.

Со стороны Российской Федерации группа Газпром осуществляет реализацию нескольких СПГ-проектов на Балтике. Это строительство в Калининградской области плавучей станции «Маршал Василевский», терминала «Балтика-СПГ» в районе порта Усть-Луга Ленинградской области мощностью 10 млн т СПГ в год (ввод в эксплуатацию ожидается в 2021 году), а также строительство СПГ-завода в городе Высоцк мощностью 2 млн т СПГ в год.

5. <http://www.gie.eu/index.php/maps-data/lng-map>

Стать участником рынка, помимо ПАО «Газпром», смогут другие компании нефтегазового сектора. Например, «СПГ-Горская» – независимый от Газпрома проект создания мощностей по производству сжиженного газа в Ленинградской области. Планы предусматривают строительство плавучего завода мощностью 1,26 млн т СПГ в год, подводных и технологических газопроводов, береговых сооружений, пирса, наливной эстакады, а также закладку флота судов-бункеровщиков. Кроме этого, проект предусматривает организацию нескольких газовых терминалов за рубежом – в Финляндии, Германии и Швеции. Ввод в эксплуатацию намечен на 2018-2019 гг.

Несмотря на это компании группы Газпром активно сотрудничают с европейскими компаниями-операторами, потенциальными потребителями российского СПГ, в рамках реализации проектов для хранения, распределения и реализации СПГ в качестве бункеровочного и автомобильного топлива, а также использования его для автономной газификации.

В 2016 году ПАО «Газпром» совместно с компанией Gasunie приступило к реализации пилотного проекта создания приемных терминалов малой тоннажности (рис. 1) в портах городов Росток (Германия) и Роттердам (Нидерланды). В порту Роттердама в 2016 году была осуществлена первая бункеровка СПГ.

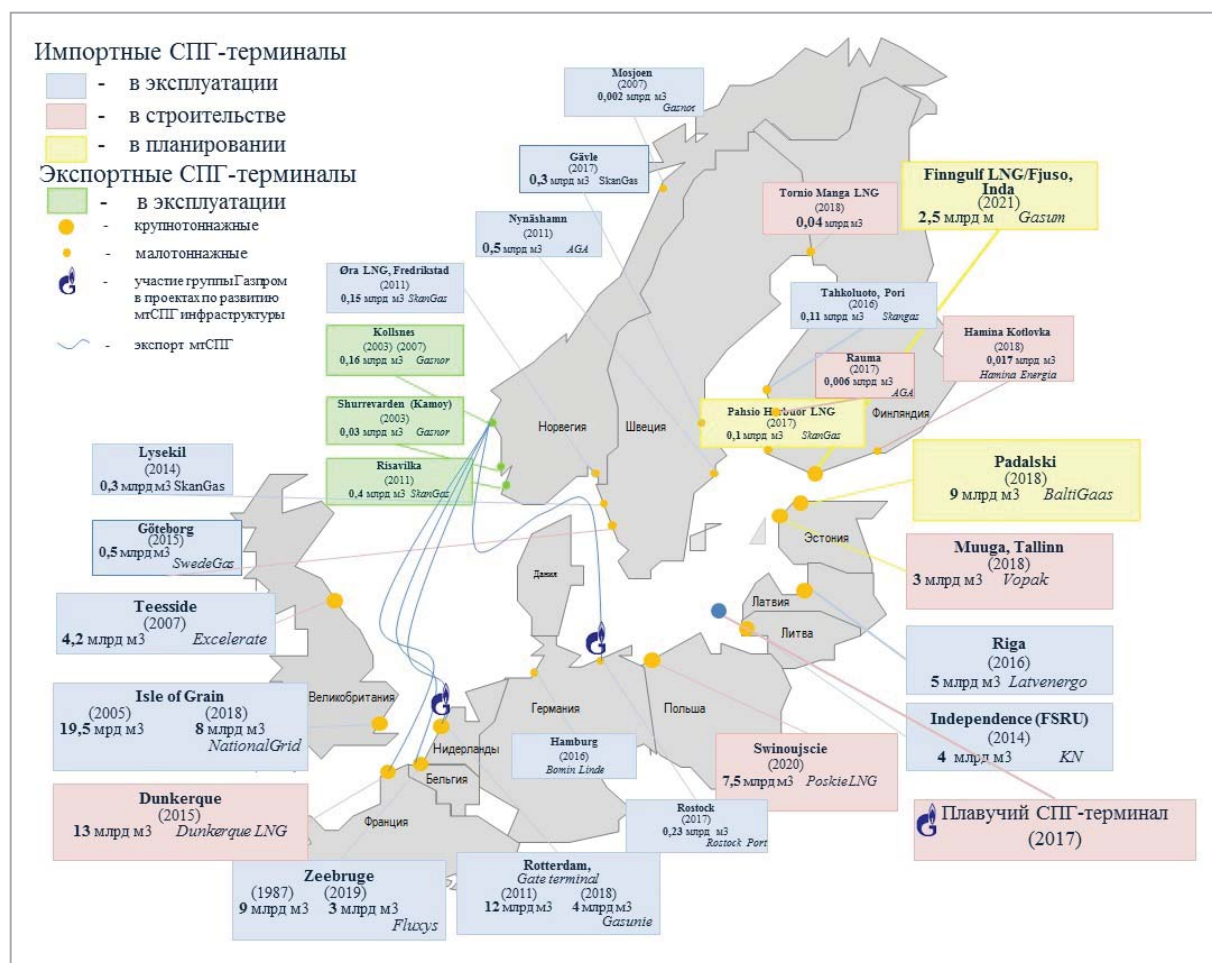


Рис. 1. Инфраструктура малотоннажного СПГ в странах Балтийского и Северного морей ⁶

6. Источник: Автор, Gas Infrastructure Europe <http://www.gie.eu/>

Таким образом российские компании пытаются адаптироваться в новых реалиях меняющегося рынка сбыта газа на Балтике и Северном море как в сегменте продаж топлива, так и в сегменте законтрагованных или спотовых поставок для автономной газификации.

Анализируя представленные на карте (см. рис. 1) результаты развития инфраструктуры СПГ в регионе Северного и Балтийского морей, можно с уверенностью утверждать, что при серьезной финансовой и законодательной поддержке правительства Евросоюза европейские компании-операторы проделали больше работы, чем российские компании, переносящие из года в год запуск новых проектов. Кроме того, на европейском рынке активно работают судостроительные компании, обеспечивающие модернизацию (оборудование двигателями на СПГ) флота различного назначения: пассажирских паромов, буксиров, газовозов, патрульных судов, контейнеровозов и даже ледоколов.

Особенно интересен опыт применения СПГ в качестве экологического «зеленого» топлива крупными круизными компаниями в связи с тем, что существует риск получения запрета швартовки «грязных» круизных лайнеров в портах популярных у туристов европейских городов. В случае, если решения об ограничениях к допуску в европейские пассажирские порты судов с вредными выбросами будут приняты соответствующими региональными властями, вся круизная индустрия рискует оказаться если не под ударом, то по крайней мере перед серьезным выбором в использовании топлива для своих судов. Это окажет достаточно большое благотворное влияние как на развитие инфраструктуры бункеровочного СПГ, так и на ускорение модернизации существующего круизного флота и строительство новых круизных лайнеров, использующих СПГ в качестве топлива. Что, в свою очередь, станет существенным экономическим толчком для строительства



Рис. 2. Инфраструктура СПГ в Дунайском регионе

заправочных СПГ-терминалов, а также для развития судостроения с применением судовых двигателей, работающих на СПГ.

В странах ЕС насчитывается более 45 компаний, строящих суда на СПГ. Основная доля производства судов приходится на следующие компании: Fjord1, Siem Offshore, Østensjø Rederi (Норвегия); GNS Shipping (Германия) и Evergas (Дания).

Развитие инфраструктуры СПГ по речному маршруту Рейн – Майн – Дунай

На примере создания инфраструктуры в Балтийском и Северном морях Европейской комиссией инициировано строительство СПГ-терминалов в Дунайском регионе по речному маршруту Рейн – Майн – Дунай (рис. 2). Зона Дуная не входит в зону SECA (зона действия ограничений по выбросам серы на уровне 0,1 %). Тем не менее в 2017 году МАРПОЛ было принято решение о введении ограничений на выброс серы для всего мира на уровне 0,5 %. Начало действия ограничения – 2020 год. Это означает, что большинству речных кораблей и кораблей класса река – море придется отказаться от применения высокосернистого топлива.

Кроме того, странами ЕС принята экономическая транспортная стратегия TEN-T, предполагающая поддержку конкурентоспособности товарооборота между европейскими странами. В связи с этим члены Евросоюза заинтересованы в развитии СПГ-индустрии с точки зрения экономической целесообразности, потому что, как уже говорилось выше, цена СПГ в 1,5 раза ниже широко применяемых в настоящее время традиционных видов топлива.

С целью реализации программы TEN-T правительством ЕС была создана организация Pro Danube Management, которая объединяет региональные

правительственные организации и независимые компании-операторы. Организацией Pro Danube Management создан проект по комплексному развитию СПГ-инфраструктуры – Masterplan LNG, который объединяет инновационные технические проекты, новейшие управленческие принципы и передовую практику для создания эффективной и безопасной СПГ-индустрии. Значительные усилия прилагаются для преодоления всевозможных барьеров, препятствующих динамичному развитию рынка СПГ. Прилагаемые усилия направлены на то, чтобы это экологически чистое топливо стало доминирующим для внутреннего речного и морского судоходства стран ЕС.

Masterplan предлагает следующие проекты по строительству приемочных СПГ-терминалов: Констанца (Румыния), ввод в эксплуатацию 2025 г., мощность 6 млн т СПГ в год; Галац (Румыния), ввод в эксплуатацию 2025 г., мощность 8 тыс. м³ газа; Русе (Болгария), введен в эксплуатацию в 2016 г., мощность 500 т СПГ в год; Комарно (Словакия), ввод в эксплуатацию 2020 г., мощность 4 200 м³ газа; Линц (Австрия); Базель (Швейцария).

Особенности создания терминалов в разрезе каждого проекта

Констанца (Румыния)

Изначально, по состоянию на 2006 год, терминал Констанцы был ориентирован на поставки катарского СПГ. Но в 2010 году было инициировано предложение в рамках проекта AGRI по энергетическому взаимодействию между Азербайджаном, Грузией и Румынией, согласно которому азербайджанский газ будет транспортироваться по трубопроводу в Грузию, потом СПГ-танкером через Черное море до терминала, а затем по трубопроводу в Центральную Европу. Разработанное



технико-экономическое обоснование проекта получило положительное заключение. Для финансирования и реализации проекта страны, принимающие в нем участие, пытаются привлечь Евро-союз и крупные европейские вертикально интегрированные компании. Вместе с тем сроки реализации проекта AGRI в полном объеме до сих пор остаются под вопросом, поэтому конечный поставщик СПГ на терминал Констанцы до сих пор не определен.

Первоначальное назначение этого терминала – получение СПГ от внешних поставщиков для диверсификации поставок газа с целью обеспечения энергобезопасности страны. Однако, в связи с возникшими в процессе реализации проекта финансовыми трудностями, в настоящее время на этапе строительства рассматривается возможность создания условий использования терминала для заправки (бункеровка) судов.

Галац (Румыния)

Другой румынский терминал в Галаце изначально предназначен для осуществления СПГ-бункеровки судов внутренних и морских линий, а также обеспечения поставки СПГ для заправки автомобильного транспорта.

Русе (Болгария)

Единственный действующий терминал в транспортном коридоре Рейн – Майн – Дунай – терминал Русе – введен в эксплуатацию в 2016 году. Его первоначальное назначение заключалось в использовании природного газа в качестве бункеровочного и моторного топлива. В настоящее время Болгария широко использует КПП в качестве моторного топлива для автобусов и грузовых автомобилей. Поскольку СПГ характеризуется как лучшее топливо для газомоторных двигателей (пробег в 1,5 раза больше, чем при применении

КПП, эксплуатационные затраты минимальные), было принято решение получать СПГ через европейские каналы.

Программа Европейского союза Blue Corridor предусматривает, чтобы газонаполнительные станции на основных автодорожных коридорах были расположены через определенные промежутки пути: для КПП – каждые 100 км, для СПГ – каждые 400 км. Болгария выполнила это требование в отношении СПГ. В Восточной Европе маленькая болгарская автозаправочная станция в Русе стала использоваться для заправки грузовых автомобилей СПГ. Однако до настоящего времени проект не получил дальнейшего развития. Поэтому станция в Русе остается уникальной для региона.

Комарно (Словакия)

Еврокомиссия ожидает, что с помощью поставок СПГ из различных источников страны Евросоюза уменьшат свою зависимость от российского газа. С целью реализации политики диверсификации поставок газа в рамках европейской программы повышения энергобезопасности для терминала Комарно в Словакии предполагается импорт СПГ из Катара и США. Терминал также обеспечит возможность бункеровки СПГ, став многоцелевой станцией технического обслуживания судов внутреннего речного плавания. Кроме того, предполагается, что через этот терминал сжиженный природный газ будет поставляться для сектора СПГ-заправок автомобильного транспорта.

Линц (Австрия)

Основная задача австрийского СПГ-терминала в городке Энншафен на Дунае к югу от Линца состоит в осуществлении связи сектора бункеровки судов и сектора заправки автомобильных грузовых транспортных средств, а также в осуществлении функций газохранилища

с целью расширения в будущем потребления СПГ в разных секторах.

Сегодня Австрия самостоятельно производит СПГ из газовых резервуаров RAG на заводе компании LGG в Гампере (Северная Австрия). Там производится около двух тонн СПГ в день, которые затем используются на заправочной станции Ennshafen LNG. Этого объема СПГ достаточно для заправки 10-15 грузовых автомобилей в день.

Базель (Швейцария)

В Швейцарии в настоящее время рассматривается только возможность создания небольшого хранилища СПГ для бункеровки судов. Обоснованием проекта являются результаты предварительного анализа с вероятностью расчетных допущений в части объема хранения, поставляемого 25 судами в год. На данный момент проект не сформирован. Инвесторы не определены.

Тем не менее порт Базель в Швейцарии выступает в качестве координатора проекта создания терминала СПГ для всех заинтересованных сторон.

Выводы

Проанализировав перспективные СПГ-проекты в Дунайском регионе, можно сделать следующие выводы:

1. Появление СПГ на рынке уменьшит спрос на дизельное топливо и мазут.

2. Применение СПГ в качестве бункеровочного топлива и топлива для автомобильного грузового транспорта снизит транспортные затраты на Дунае, что будет способствовать повышению конкурентоспособности доставки перевозимых в регионе грузов: удобрений, продуктов нефтехимии, стали, металлоконструкций, строительных материалов, нефти, СПГ, а также товаров различного назначения, транспортируемых контейнерным способом.

3. Переход на СПГ в качестве основного вида топлива будет способствовать модернизации речного флота и судов класса река – море.

4. Увеличение доли СПГ в энергобалансе прибрежных стран позволит дифференцировать поставки газа, что обеспечит энергетическую безопасность стран региона.

5. Использование СПГ повысит энергоэффективность в странах, в которых уголь занимает значительную долю в энергобалансе (Румыния, Болгария, Словакия), а также в таких странах, как Сербия, где применение нефтепродуктов стало неэффективным в связи с кризисом нефтеперерабатывающего сектора.

Россия имеет большие преимущества перед другими прибрежными странами, поставщиками СПГ, в коридоре Рейн – Майн – Дунай с точки зрения расположения, возможности выхода в Черное море без привлечения транзитных стран, развитости газотранспортной системы в районе восточного побережья моря, наличия достаточного количества природного газа, доставляемого в Черноморский регион по существующим магистральным газопроводам, построенным ранее с целью подачи газа для реализации проектов «Голубой поток» и «Турецкий поток» («Южный поток»).

Однако после принятия Евросоюзом третьего энергопакета «газовые» отношения между Россией и ЕС усложнились. Основной задачей большинства европейских терминалов стало достижение энергобезопасности стран ЕС и диверсификация поставок углеводородов на европейский рынок, что подразумевает частичный отказ от российского газа. Ключевым фактором новой энергетической политики стран Евросоюза является стремление повлиять на ценовую политику через либерализацию рынка газа, в том числе путем изменения контрактных отношений. Основным условием создания либерального рын-

ка газа для ЕС является привлечение большего числа поставщиков с целью усиления в дальнейшем конкуренции между ними и снижения цен на газ. В связи с этим интерес ПАО «Газпром» сместится от долгосрочных, традиционных для него контрактов в сторону краткосрочных/разовых сделок, удобных для поставок СПГ.

Поэтому сейчас для ПАО «Газпром» как единственного российского экспортера газа на европейском рынке энергоносителей открываются новые реалии партнерских отношений с европейскими странами, в данном случае в Дунайском регионе.

В 2017 году на VII Петербургском международном газовом форуме австрийская компания OMV и ПАО «Газпром» заключили Меморандум о взаимопонимании и взаимодействии. В документе отражены принципы перспективного взаимодействия ПАО «Газпром» и OMV по координации действий в области развития газотранспортной инфраструктуры для обеспечения поставок природного газа в Центральную и Юго-Восточную Европу.

Подписано рамочное соглашение по сотрудничеству в области малотоннажного СПГ. Согласно документу, стороны намерены взаимодействовать в реализации совместного комплексного проекта по строительству в районе российского побережья Черного моря терминала по производству и транспортировке СПГ. Подписанный меморандум предусматривает также совместные действия компаний по маркетинговому продвижению на европейском рынке и сбыту малотоннажного СПГ.

С применением опыта, полученного на Балтике, где уже реализуются одновременно несколько российских проектов, ориентированных на поставку СПГ в страны ЕС и бункеровку (заправка) судов, появляется возможность реализации аналогичных российских проектов на берегу Черного моря. К ним относятся:

- строительство плавучей станции по хранению СПГ и бункеровке судов класса река – море, осуществляющих перевозки грузов по транспортным линиям, проходящим в акватории Черного, Азовского и Средиземного морей, в речном коридоре Рейн – Майн – Дунай, а также по рекам Днестр, Днепр, Волга – Дон;

- экспортный терминал на российском черноморском побережье для поставок СПГ в страны Дунайского региона в связи с возникшей у них потребностью в этом виде топлива.

С точки зрения реализации СПГ европейским конечным потребителям Газпрому необходимо осуществлять политику продвижения российского природного газа в первую очередь в качестве экологически чистого топлива. Пример других нефтяных экспортных компаний, таких как SOCAR (Азербайджан), ПАО «Газпром нефть» (NIS), и опыт продвижения бренда сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций «Газпром Германия» (Gazprom Germania) показывают возможность осуществлять аналогичную стратегию и применять ее для продвижения российского газа в Дунайском регионе путем строительства автомобильных заправочных станций СПГ и бункеровочных СПГ-терминалов. Целью этой стратегии является выход на новые для ПАО «Газпром» виды деятельности, подразумевающие ориентацию на продажу газа (в том числе СПГ) конечному европейскому потребителю.

Проведенный в настоящей статье анализ формирующегося европейского рынка выявил следующее. Массовый ввод в эксплуатацию приемочных терминалов в Дунайском регионе запланирован на 2020-2025 гг. На данный момент конечные поставщики СПГ для терминалов не определены. Сейчас активно ведется отбор поставщиков СПГ в Европу на среднесрочную и долгосрочную перспективы. Таким образом,

у России при реализации строительства малотоннажного завода СПГ с выходом в Черное море есть возможность занять несколько рыночных ниш, в настоящее время относительно свободных и мало-развитых, сразу в нескольких секторах использования сжиженного природного газа. Это следующие сегменты:

1. Поставка СПГ в качестве экологически чистого энергоносителя для использования в энергетическом обороте стран Евросоюза. В этом случае конечным потребителем является приемный терминал страны-импортера.

2. Деятельность по бункеровке СПГ морских судов и судов класса река – море непосредственно в море через плавающие заправочные баржи. Конечный потребитель – судоходные компании различных стран, осуществляющие грузовые и пассажирские перевозки на линиях, проходящих в акваториях Азовского, Черного и Средиземного морей и втекающих в них рек.

3. Деятельность по бункеровке СПГ речных судов, курсирующих в речном коридоре Рейн – Майн – Дунай и по рекам Днестр, Днепр, Волга – Дон, путем строительства бункеровочных (или многоцелевых) терминалов в портах этих рек. Конечный потребитель тот же – судоходные компании.

4. Организация реализации СПГ в качестве моторного топлива на внутренних рынках стран-импортеров путем строительства базовых терминалов хранения газа и сети заправочных станций в европейских странах. Конечный потребитель – автомобильный транспорт. Для реализации этого направления необходима серьезная маркетинговая и рекламная поддержка использования СПГ в качестве моторного топлива как экологически чистого. А также, для развития этого направления и укрепления позиций на рынке было бы крайне полезным создание и продвижение собственных российских брендов как СПГ в целом, так и газомоторного топлива в частности.

В складывающейся на европейском рынке энергоносителей ситуации экономически оправданным и оптимальным будет комплексный подход к реализации стратегии ПАО «Газпром» и России в целом по продвижению СПГ в странах Южной и Юго-Восточной Европы, а также странах Средиземно-морского региона, предполагающий одновременное (параллельное) развитие всех перечисленных направлений. Основным условием для вхождения России в рынок СПГ в данном регионе является строительство завода по производству СПГ на черноморском побережье РФ, а также строительство танкерного флота различной тоннажности, достаточного для транспортировки СПГ в терминалы-хранилища, и плавающих барж-заправщиков для бункеровки судов в море.

У России есть успешный опыт строительства в сжатые сроки мощностей по сжижению газа – это реализация проекта «Ямал СПГ». Реализация проекта «Ямал СПГ», кроме прочего, дала опыт плодотворного и экономически выгодного сотрудничества российских и зарубежных компаний (европейские и китайские) в непростой период санкционного давления на Россию.

Для справки. Проект «Ямал СПГ» предусматривает строительство завода по производству сжиженного природного газа мощностью около 16,5 млн т/год на базе Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения, запасы газа в котором оцениваются в 926 млрд м³, морского порта для погрузки продукции на СПГ-танкеры и танкерного флота. Инвестиции в реализацию проекта первоначально оценивались в 27 млрд долл. США (по состоянию на 2005 год). С целью осуществления проекта 7 апреля 2005 года создана одноименная с проектом компания со штаб-квартирой в г. Яр-Сале,



Ямало-ненецкий автономный округ (ЯНАО). Структура акционеров ОАО «Ямал СПГ»: 50,1 % – «Новатэк» (Россия); 20 % – Total (Франция); 20 % – CNPC; 9,9 % – Фонд «Шелкового пути» (Китай). Проект «Ямал СПГ» – международный. В нем в той или иной степени принимают участие 15 стран.

Первый выход строителей состоялся в конце 2013 года, начало строительства – 2014 год. Пробный технический пуск первой очереди завода был осуществлен в начале ноября 2017 года. 29 ноября 2017 г. получено государственное разрешение на ввод в эксплуатацию первой очереди. Специально для проекта «Ямал СПГ» корейской судостроительной компанией Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering будут построены 15 танкеров ледового класса ARC7. В настоящее время проект ОАО «Ямал СПГ» обеспечен тремя танкерами.

8 декабря 2017 г. первая партия топлива была погружена на корабль в торжественной обстановке в присутствии Президента РФ В.В. Путина. Первый СПГ-танкер «Кристоф де Маржери» вышел из порта Сабетта на полуострове Ямал (ЯНАО) по Северному морскому пути в Китай.⁷

Строительство многоцелевых терминалов, способных осуществлять одновременно функции приемочных терминалов, региональных газохранилищ для поставок газа, используемого в качестве энергоносителя и для bunkеровки судов, а также региональных хранилищ для поставки на автомобильные заправки СПГ, используемого в качестве моторного топлива, экономически более целесообразно, чем строительство терминалов, способных

выполнять только одну или две функции из вышеперечисленных. При этом следует учитывать, что капитальные вложения в строительство одного многоцелевого терминала значительно выше, чем строительство одного узкоспециализированного терминала. Следовательно, выше финансовые риски. Тем не менее, если принимать в расчет стоимость строительства из расчета на единицу условного топлива, то при строительстве многофункциональных терминалов возникает существенная экономия средств, затраченных на проектирование, строительство, получение различных разрешительных и согласовательных документов. Практика реализации аналогичных проектов показала, что увеличение сроков строительства в этом случае незначительно.

Таким образом, при комплексном подходе к вопросу продвижения российского СПГ на европейский рынок возникает значительная экономия вовлекаемых в строительство средств, которая по предварительным оценкам может составить до 35 % стоимости проектов. Кроме того, при комплексной реализации программы поставок российского СПГ в Европу возможны применение более агрессивной стратегии в продвижении продукта на рынке и более широкий охват всех сегментов рынка СПГ при сравнительно небольших капитальных вложениях.

Предполагаемая совокупная стоимость проектов не идет ни в какое сравнение с предполагаемым экономическим эффектом, полученным в результате их реализации, и положительным политическим резонансом в мире, так необходимым России в сложившейся в последние годы негативной политической обстановке.

Строительство завода по сжижению газа и экспортного терминала СПГ на черноморском побережье России и активное развитие российской инфраструктуры СПГ в регионе Юго-Вос-

⁷ Источник: Официальный сайт ОАО «Ямал СПГ». <http://yamallng.ru/>

точной Европы и Средиземноморья не противоречат доминирующей в настоящее время стратегии продвижения на Европейский рынок трубного газа. Помимо вышеперечисленных положительных факторов, развитие СПГ-технологий в этом регионе поможет снизить политические и экономические риски, которые могут возникнуть со страной-транзитёром в процессе строительства и эксплуатации магистрального газопровода. В данном случае с Турцией.

Реализация стратегии продвижения СПГ в этом регионе, параллельно со стратегией продвижения трубного газа, позволит диверсифицировать способы доставки углеводородов европейским потребителям и снизит риски зависимости газового бизнеса от влияния политических настроений стран-транзитёров. Также она позволит увеличить надежность поставок

газа, снизить зависимость российских компаний, экспортирующих газ, что в конечном счете будет способствовать уверенному проведению политикой нашей страны независимой политики и укреплению международного статуса России как крупной, экономически развитой, независимой державы.

Исходя из всего перечисленного реализация программ по продвижению российского сжиженного газа на мировом рынке в целом, а также на европейском рынке (включая страны Южной и Юго-Восточной Европы, в том числе расположенные в Средиземноморском регионе и регионе речного коридора Рейн – Майн – Дунай) и рынке других стран Черного и Средиземного морей, в частности, является перспективной, экономически обоснованной и реально осуществимой в сжатые сроки стратегией государственного уровня.

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 ответственное лицо, 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).



Своевременно занять нишу на рынке газомоторного топлива

44



В авторской колонке для журнала «Эксперт» заместитель министра энергетики Российской Федерации Кирилл Молодцов рассказал о текущем состоянии и перспективах развития рынка газомоторного топлива в России. Он отметил, что рынок газомоторного топлива в России находится в стадии активного развития, и выигрывает тот, кто успеет своевременно занять на нем пока еще свободные ниши. Ниже мы печатаем этот материал с небольшими сокращениями.

В последние годы во многих странах мира природный газ завоевывает все большую популярность в качестве моторного топлива – он дешевле и экологичнее бензина или дизеля. Одной из первых применять газ в качестве моторного топлива начала именно наша страна еще в советские времена. Активные шаги по дальнейшему развитию сегмента газомоторного топлива (ГМТ)

в России возобновились в 2013 году, когда идею расширения применения метана в качестве горючего для автомобильной техники поддержали президент и правительство Российской Федерации. В итоге на сегодняшний день фактические темпы роста рынка газомоторного топлива в России более чем в два раза превышают общемировые показатели.

Драйвером развития современного рынка газомоторного топлива в свое время стала компания «Газпром» как крупнейший производитель и продавец газа в стране. Вслед за ней в отрасль «подтянулись» и независимые производители – «Роснефть», «НОВАТЭК» и ряд других компаний. Сегодня это направление становится все более перспективным и привлекательным. К представителям газовой отрасли приходит понимание, что в конечном итоге выигрывает тот, кто своевременно займет пока еще свободную нишу на этом растущем рынке.

Применение газа в качестве топлива значительно расширилось буквально за последние два-три года. Существенно возросли темпы строительства инфраструктуры для транспорта на ГМТ: если в 2000 году в России насчитывалось 174 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), а в 2013 году – 239, то на 1 января 2018 года действует уже 354 объекта газозаправочной инфраструктуры. Только в прошлом году введены в эксплуатацию 36 АГНКС, еще 67 готовятся к запуску

в текущем году. Отмечу, что по данным международной ассоциации газомоторного транспорта (NGVA), в 86 странах мира, реализующих программы по развитию рынка газомоторного топлива, количество АГНКС в 2017 году возросло на 5 % по сравнению с 2016 годом. В то же время в России в 2017 году построено на 12 % станций больше, чем годом ранее. К 2020 году число объектов газозаправочной инфраструктуры в РФ должно увеличиться почти в 2,5 раза и составить 743 единицы.

Хорошую динамику роста также демонстрирует объем потребления природного газа в качестве моторного топлива: в 2000 году реализовано 82 млн м³, в 2013-м – 400 млн м³, по итогам 2017 года – 600 млн м³. Также увеличивается количество автотехники, работающей на ГМТ. По данным Минтранса России, общее число автомобилей на ГМТ к 2020 году должно вырасти в 1,7 раза – до 256 тыс. единиц.

Для стимулирования перехода транспорта на ГМТ уже несколько лет действует программа субсидирования из федерального бюджета затрат на приобретение газомоторной техники субъектами РФ, в рамках которой в 2017 году реализовано около 3,5 тыс. транспортных средств. На приобретение автобусов, техники дорожно-коммунальных служб и легковых автомобилей, использующих природный газ, было выделено около 5 млрд руб. субсидий, которые составили около 30 % полной стоимости газомоторной техники. Также в 50 субъектах Российской Федерации реализуются региональные программы развития рынка ГМТ, включающие такие мероприятия как приобретение газобаллонных автомобилей, содействие

строительству газозаправочной инфраструктуры, предоставление налоговых льгот и преференций при распределении заказов и маршрутов и т.д. За 5 лет реализации региональных программ число автомобилей на ГМТ в нашей стране увеличилось на четверть и превысило 150 тысяч.

К 2020 году в целом по стране на газомоторное топливо будет переведено до 50 % общественного транспорта и транспорта ЖКХ в городах с населением более миллиона человек. Также обсуждается идея расширения использования ГМТ на автомобилях, принадлежащих предприятиям. В течение этого года утвердить программы по переводу служебного транспорта на использование природного газа планируют такие крупные организации, как «Роснефть», «Транснефть», РЖД, «Почта России».

На сегодняшний день многие работающие на территории России автомобильные концерны готовы предложить покупателям линейку автомобилей на ГМТ или с гибридными двигателями, которые могут использовать в качестве топлива как газ, так и бензин. И такая техника становится все более надежной и экономичной.

Могу поделиться личным опытом: я регулярно провожу тест-драйв автомобилей на ГМТ, и такие модели вполне комфортны в управлении и имеют высокие технические характеристики. В этом убеждаются все больше автолюбителей и руководителей предприятий. В связи с тем, что растет спрос, растет и предложение: расширяется линейка техники, работающей на природном газе – в России это уже порядка 150 моделей. Лидерство по объемам производства



и поставки газомоторного транспорта сегодня удерживают крупные концерны – КАМАЗ и ГАЗ, которые за 2017 год произвели 1000 и 1500 единиц газомоторной техники соответственно. Также в мае 2017 года АВТОВАЗ приступил к серийному производству двухтопливной версии седана Lada Vesta. Всего за прошлый год компанией было выпущено 600 автомобилей на ГМТ.

Важно, что начиная с прошлого года федеральная программа стимулирования закупок газомоторного транспорта для городских и коммунальных служб была распространена и на производителей легковых машин. Благодаря выделению субсидий со стороны правительства разница в стоимости между бензиновыми и газомоторными аналогами оказывается для потребителей минимальной. В случае с Lada Vesta CNG она составляет 30 тыс. рублей, в то время как реальная стоимость установки газобаллонного оборудования в 3-4 раза выше – разницу компенсирует государство. И эти 30 тыс. рублей окупаются достаточно быстро. Затраты на производство КПП гораздо ниже, чем на выпуск топлива из нефтяного сырья: для подготовки природного газа к использованию в качестве моторного топлива не требуется его предварительная переработка, газ транспортируется по трубопроводам напрямую на заправку. Поэтому средняя цена кубометра природного газа в России составляет около 14 рублей, а розничная стоимость Аи-95 в среднем по России – более 41 рубля за литр. Вывод очевиден.

К тому же по качеству газомоторное топливо условно соответствует экологическому классу Евро-6, что позволяет увеличить срок службы двигателя

автомобиля и моторного масла. Нефтяные виды топлива экологического класса Евро-6 пока выпускает лишь одна компания. Кроме того, для увеличения привлекательности автомобилей на ГМТ обсуждаются такие меры, как льготное автокредитование, предоставление бесплатных парковочных мест.

Многих потребителей также интересует вопрос безопасности. Здесь могу сказать, что согласно «Классификации горючих веществ по степени чувствительности» МЧС России, компримированный природный газ (КПП) отнесен к самому безопасному четвертому классу. Для сравнения, у бензина – третий класс, а у пропан-бутана – второй. К тому же метан легче воздуха и менее токсичен по сравнению с пропан-бутаном. В случае утечки метан улетучивается, а не скапливается в полостях автомобиля и сооружениях автозаправочных станций, то есть КПП менее взрыво- и пожароопасен.

Преимущества газомоторного транспорта уже оценили в ряде регионов России. На сегодняшний день в числе наиболее передовых субъектов по использованию природного газа в качестве моторного топлива можно выделить Республики Татарстан и Башкортостан, Свердловскую область, целый ряд южных регионов – Крым, Ставропольский и Краснодарский края, Ростовскую и Волгоградскую области. В ближайшей перспективе считываем на успехи в московском регионе. В прошлом году предприятие «Мосавтогаз», которое владеет АГНКС в столице, перешло под оперативный контроль Минэнерго России. Мы надеемся, что это будет способствовать развитию газозаправочной

инфраструктуры в регионе. Перспективная задача в 2018-2019 гг. – подготовка «Мосавтогаза» к приватизации и приведению в нормативное состояние его имущественного комплекса, а это 20 объектов инфраструктуры ГМТ.

Некоторое отставание мы пока наблюдаем на Дальнем Востоке и в Сибири, что во многом связано с отсутствием развитой газотранспортной сети, и здесь мы рассматриваем возможность использования сжиженного природного газа (СПГ) для газомоторного транспорта. Кстати, с 2018 года программа субсидирования будет распространена и на технику, использующую СПГ. Глобально наша задача – поддерживать создание единой газозаправочной сети, формировать необходимую инфраструктуру у основных магистралей на всей территории страны.

Идет работа по постепенному переводу на ГМТ не только автомобильного, но и других видов транспорта – железнодорожного, морского и речного, воздушного, а также техники специального назначения. С 2013 года осуществляется опытная эксплуатация газотурбовоза на Свердловской железной дороге, а также газопоршневых тепловозов на ряде участков железной дороги. «Газпром» совместно с РЖД реализует пилотный проект по внедрению газотепловозов и газотурбовозов. К концу 2022 года РЖД планирует расширить парк газомоторных локомотивов до 10 единиц. По оценкам Минтранса России, к этому же сроку ожидается увеличение числа газовых судов морского и речного флота до 14 и 6 единиц соответственно.

Использование газомоторной

техники положительно зарекомендовало себя и на крупных международных мероприятиях. В 2014 году во время проведения летней Универсиады в Казани большая часть общественных автобусов города была переведена на КПГ. Опыт в этом направлении был весьма успешный. Газобаллонная техника также будет использоваться при проведении мероприятий Чемпионата мира по футболу 2018 года. Для обслуживания маршрутов спортивных соревнований уже приобретено 694 автобуса на ГМТ, к началу Чемпионата их число должно достигнуть 764 ед. Для обеспечения их ГМТ будет завершена реконструкция 9 АГНКС – в Москве, Волгоградской и Ростовской областях.

Несмотря на значительные успехи последних лет в развитии рынка газомоторного топлива сегодня мы находимся в начале пути. Но масштабные цели и задачи в этом направлении вполне реальны и осуществимы. В нашей стране сосредоточены огромные запасы газа – даже большие, чем нефти, а расширение использования ГМТ отвечает приоритетным задачам государства по повышению энергетической эффективности и экологичности. В будущем ГМТ может создать дополнительный спрос на российское «голубое топливо» и даже составить реальную конкуренцию нефтяным видам горючего на внутреннем рынке. Для этого необходимо продолжать поддержку этого направления как на федеральном, так и региональном уровнях, создавая новые стимулы и все более привлекательные условия для участников рынка.

[https://energybase.ru/
news/articles/kirill-molodcov](https://energybase.ru/news/articles/kirill-molodcov)



Уральские газовики пополнили автопарк газомоторной техникой

ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» приобрело 66 автомобилей, микроавтобусов и тягач, которые работают на КПП и СПГ. Вся техника отечественного производства.

Обновление проходит в рамках программы по расширению использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на собственном транспорте организаций Группы «Газпром». Программа была рассчитана на 2014-2017 гг., и уже пролонгирована до 2019 года.

Пополнение метанового автопарка планируется осуществлять в три этапа. На начальном этапе в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» прибыло более 60 газобаллонных автомобилей. Эту линейку возглавил седельный газовый тягач КАМАЗ, который будет эксплуатироваться в УАВР-3 (управление аварийно-восстановительных работ) в Первоуральске.

«Основное конкурентное преимущество СПГ-КАМАЗа – объем и число баков. В отличие от грузовиков на КПП, которые имеют кассету более чем из десяти газовых баллонов, тяжеловоз на сжиженном газе оборудован одним криогенным баком объемом 500 л. Он установлен на месте штатного топливного бака, не занимает места на раме и не утяжеляет машину. Тягач оснащен двигателем мощностью 300 л.с., соответствующим максимуму в стране экологическому классу Евро-5», – рассказали в пресс-службе компании.

Остальные прибывшие машины менее габаритные – это четыре модели легкового и грузопассажирского автотранспорта, работающие на КПП. Первые две сошли с конвейера Ульяновского автомобильного завода: отечественный внедорожник «УАЗ Патриот» и грузопассажирский УАЗ-452 (в народе называемый «буханка»).

Обе модели – с двухтопливной системой питания, оснащены баком и газобаллонным оборудованием в заводском исполнении. Такая конструкция позволяет эксплуатировать их как на газомоторном топливе, снижая затраты на горючее, так и на бензине, что существенно увеличивает длину пробега на одной заправке.

«УАЗ Патриот» теперь есть в автотранспортном хозяйстве каждого линейно-производственного управления и управления аварийно-восстановительных работ. Два десятка полноприводных внедорожников повышенной проходимости предназначены, в основном, заменить транспортные средства, на которых на трассу выезжают главные инженеры филиалов.

Вторая партия легковой и грузопассажирской техники прибыла на предприятие с завода «АВТОВАЗ» (Тольятти) и Горьковского автомобильного завода, входящего в «Группу ГАЗ»



Новая газовая техника

(Нижний Новгород). В совокупности это еще 35 машин: два десятка пятиместных универсалов «Лада Ларгус» и 15 микроавтобусов «Газель-Бизнес».

Битопливный «Ларгус» оснащен 1,6-литровым двигателем, который по содержанию вредных веществ в выхлопных газах соответствует Евро-5. Топливный бак рассчитан на 50 л бензина. Металлокомпозитный баллон объемом 90 л расположен за спинками второго ряда сидений и со стороны багажника прикрыт пластиковым кожухом. В него можно закачать более 18 кубометров сжатого газа, а время заправки занимает не более 10 минут. На полной заправке баллона КПП «Ларгус» может проехать более 300 км, на бензине – почти 650 км.

13 филиалов получили еще и микроавтобусы «Газель-Бизнес». Они оснащены бензиновым двигателем мощностью 106 л.с. экологического стандарта Евро-4 и тремя металлическими 53-литровыми баллонами производства Орского завода.

В совокупности новая техника

поступила в 21 структурное подразделение компании, включая инженерно-технический центр и службу корпоративной защиты. В ближайшие два года планируется дальнейшее пополнение парка газобаллонных автомобилей предприятия.

ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» – 100%-ное дочернее общество ПАО «Газпром», осуществляет обслуживание объектов газотранспортной системы, транспортировку и распределение голубого топлива на территории четырех областей: Свердловской, Челябинской, Курганской и Оренбургской. В зонах производственной деятельности эксплуатируется более 8700 км магистральных газопроводов и газопроводов-отводов, 13 компрессорных станций, 280 газораспределительных станций, 31 АГНКС. В составе общества 27 филиалов, в том числе 13 линейных производственных управлений. Коллектив предприятия насчитывает более 9 тыс. человек.

<http://tass.ru/novosti-partnerov/4905229>

В МАДИ прошел заезд школьников на спортивных болидах

50

А.А. Хазиев, ФГБОУ «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», руководитель Центра технологической поддержки образования МАДИ, к.т.н.



Участники конкурса с преподавателями МАДИ

Стране, где в каждой третьей семье имеется автомобиль, а у 14 % семей – два автомобиля, где 68 % грузов перевозится автотранспортом, нужны квалифицированные инженеры-механики, обладающие специальными знаниями и навыками по диагностике и техническому обслуживанию колесных транспортных средств. Для качественной подготовки таких специалистов необходима не только теоретическая и практическая подготовка, но и их желание постоянно обновлять свои знания. Поэтому очень важно еще в школе выявить у учащихся склонности к будущей профессии и мотивировать к достижению этой цели.

Сейчас ведущие вузы столицы

проводят профориентационную деятельность и работу по подготовке будущих специалистов уже с ранних лет, активно приглашая школьников на «университетские субботы», форумы и конференции, проходящие в стенах институтов, создавая инженерные классы и др. Одним из таких мероприятий стал конкурс «Юный автолюбитель» в МАДИ, приуроченный к профессиональному празднику работников автомобильного транспорта, который отмечается в Российской Федерации в последнее воскресенье октября.

За последние годы конкурс смог превратиться в знаковое событие, собирающее большое количество учащихся московских школ, увлеченных



Юные участники конкурса

автомобилями и планирующих связать свое дальнейшее обучение именно с автомобильным транспортом. В конкурсе приняли участие свыше 100 учащихся из 23 школ и лицеев Москвы.

Конкурс был проведен при содействии Центра технологической поддержки образования МАДИ, факультета автомобильного транспорта и кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета.

Первый этап конкурса представлял собой проверку теоретических знаний. Вопросы были специально подобраны так, чтобы только действительно увлеченные автомобилями школьники могли доказать свое право на дальнейшее участие в конкурсе.

Практические этапы конкурса проходили уже в контакте с реальной техникой в лаборатории технического обслуживания и ремонта автомобилей МАДИ. Школьникам необходимо было пройти семь контрольных точек: мототехника, тормозная система автомобиля, автомобильные эксплуатационные материалы, энергоэффективность автотранспортных средств, двигатели

внутреннего сгорания, автомобильные шины и альтернативное топливо. Например, на стенде тормозных систем был представлен современный автомобиль, способный разогнаться до 200 км/ч. На стенде автомобильных эксплуатационных материалов – различные виды топлива, в том числе авиационный бензин зеленого цвета с октановым числом 124 ед.! Его слили из топливного бака обычного автомобиля. Представляете, как он летал? Ребята научились снимать показания с ареометра и по значению плотности нефтепродукта определять вид топлива. Впервые увидели и подержали в руках блоки системы нейтрализации отработавших газов современного автомобиля. Ведь эффективность и надежность работы нейтрализаторов, определяющих экологичность выхлопных газов автомобиля, напрямую зависят от качества автомобильного топлива.

Стенд энергоэффективности автотранспортных средств украшал гоночный болид чемпионата Shell Eco Marathon, участвовавший в 2017 г. в соревнованиях в Англии и способный на 1 л топлива проехать 240 км! А на стенде ДВС ребята могли осмотреть,

потрогать и изучить современный двигатель внутреннего сгорания.

На каждом из этапов преподаватель сначала проводил мастер-класс. А затем, как и положено, было тестирование. За правильный ответ ребята получили по шайбе. Эти самые шайбы были важным элементом оценки результата – по их количеству после выполненных заданий отбирались учащиеся, проходящие на следующие этапы конкурса.

Третьим этапом конкурса стало соревнование на скоростное закручивание болтов с гайками. Школьники должны были подобрать соединение болт-гайка, различая диаметр и шаг резьбы, а после, как можно быстрее, закрутить их. Участники быстро справились с поставленной задачей, а судьям осталось только выбрать лучших, вышедших в полуфинал соревнований.

Пожалуй, самой сложной задачей для ребят стала заправка спортивного болида, участвующего в заезде на экономичность, автомобильным топливом.

Участники должны были с помощью мерной посуды на 200, 250 и 1000 мл отмерить с минимальной погрешностью 350 мл топлива. Счет шел на миллилитры!

Наконец, финал. Все участники и зрители собрались возле болида Формула-Студент МАДИ, переделанного в симулятор гоночных игр. Вместо монитора – огромный экран, а вместо клавиатуры – реальный кокпит настоящей боевой гоночной машины. Все здесь, как в реальном состязании: прогревочный круг, а потом зачетная попытка. Увереннее всего за рулем чувствовал себя пилот из школы № 10 г. Реутова Александр Чернышёв. Его время круга оказалось лучше времени Тимофея Епихина из школы № 1256 г. Москвы на 3 сек.

Каждый из финалистов конкурса получил достойные призы. А все участники, а также преподаватели и родители – положительные эмоции, хорошее настроение и желание снова встретиться в МАДИ через год.

«Газпром» обеспечит заправку новых газомоторных локомотивов на Свердловской железной дороге

В Сочи в рамках Российского инвестиционного форума подписана Программа мероприятий по реализации заключенного ранее Соглашения о сотрудничестве в области использования газомоторного топлива между ПАО «Газпром», ОАО «Российские железные дороги», АО «Синара Транспортные машины» (входит в группу Синара) и ЗАО «Трансмашхолдинг».

В соответствии с Программой ОАО «РЖД» планирует к 2023 году увеличить парк работающих на сжиженном природном газе (СПГ) магистральных газотурбовозов и маневровых газотепловозов суммарно с трех до 22 единиц. Локомотивы будут эксплуатироваться на Свердловской железной дороге.

Для их заправки топливом «Газпром» предполагает построить два малотоннажных комплекса по производству СПГ (на газораспределительных станциях в городах Тобольск и Сургут), а также площадки для размещения передвижных заправщиков на станциях Войновка и Сургут.

Программой предусмотрено выполнение заводами-изготовителями (Группа Синара и «Трансмашхолдинг») мероприятий по совершенствованию конструкции газомоторных локомотивов. Кроме того, планируется разработка новых серий такой техники.

Соглашение о сотрудничестве в области использования газомоторного топлива между ПАО «Газпром», ОАО «РЖД», АО Группа Синара и ЗАО «Трансмашхолдинг» подписано в июне 2016 года. Документ направлен на расширение применения природного газа на железнодорожном и автомобильном транспорте, снижение нагрузки на окружающую среду, формирование благоприятных условий для развития рынка газомоторного топлива, увеличение потребления газа на внутреннем рынке и развитие отечественного машиностроения.

Управление информации ПАО «Газпром»

Стремительное развитие производства автомобилей на альтернативном топливе в КНР

С.Л. Сазонов, ведущий научный сотрудник Института Дальнего Востока РАН (ИДВ РАН), к.э.н.,
Чэнь Сяо (КНР), аспирантка ИДВ РАН

Стремительное экономическое развитие Китая в течение трех последних десятилетий привело к многократному увеличению потребления энергетических ресурсов, и в первую очередь нефти. Значительный рост доходов населения страны стимулировал резкий рост объемов производства и продаж автомобилей, особенно в крупных городах Китая, причем сегодня руководство КНР признает, что эра автомобилей с двигателем внутреннего сгорания подходит к концу. Эти факторы обусловили не только сильную зависимость страны от импорта нефтепродуктов, но и обострили экологическую ситуацию в мегаполисах КНР. Осознавая глобальные вызовы, правительство страны разработало программу развития автомобилестроения на основе энергосбережения и новой энергетики, направленную на создание инновационного транспортного парка и соответствующей инфраструктуры нового поколения.

Ключевые слова:

Китай, энергетическая безопасность, загрязнение окружающей среды, энергосбережение, новая энергетика, альтернативная энергетика, гибридные автомобили, электромобили, совершенствование технологий, налоговые льготы, транспортная инфраструктура, дотация.

Согласно оценкам Министерства промышленности и информации КНР, в 2017 г. около 60 % всего объема производимых в стране бензина и дизельного топлива использовались в сфере автомобильного транспорта. В условиях постоянного роста числа производимых в Китае автомобилей с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) их парк в 2020 г. превысит 210 млн единиц. Столь быстрый прирост количества автомобилей приведет к усилению зависимости КНР от импорта сырой нефти, которая в начале XXI века составляла лишь 10 % от всего объема добываемой в Китае нефти и стремительно возросла до 67 % в 2017 г.,

а по оценкам китайских экспертов, еще подскочит до 70 % в 2020 г. (по зависимости от иностранных поставок нефтепродуктов КНР уже сегодня является бесспорным лидером).

В 2017 г. атмосфера в 170 крупнейших городах КНР не соответствовала экологическим нормам, а основным источником (до 85 %) загрязнения воздушной среды явились автомобили с ДВС, чьи выбросы в атмосферу соединений углерода, свинца, фтора, серы и азота вдвое превышали объемы подобных выбросов промышленных предприятий мегаполисов. Все это негативно сказывается на окружающей среде и на людях. Сегодня жители Пекина и других

мегаполисов проводят целые дни в респираторных масках, если им приходится находиться на улице, а бывают дни, когда ничего не видно на расстоянии вытянутой руки.

В целях спасения экологии страны и снижения степени зависимости Китая от внешних поставок нефтепродуктов Государственный совет КНР в 2016 г. принял «Программу по развитию энергетики и сокращению выбросов соединений углерода на период 2016-2020 гг.», которая ставит главной целью достижение резкого увеличения доли использования возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе страны к 2020 г., когда эта доля должна составить до 20 % в 2020 г. (с последующим ростом до 35...40 % в 2050 г.), а объем выбросов углекислого газа на единицу ВВП в 2030 г. должен уменьшиться на 60...65 % по сравнению с этим показателем в 2005 г. [1].

Сегодня в Китае работа по защите экологии, окружающей среды и ликвидации негативного ущерба от антропогенных загрязнений, вызванных выбросами от автомобилей с ДВС, набирает обороты, что было отмечено в конце декабря 2017 г. на Центральной конференции по экономической работе в Пекине. В ноябре 2017 г. правительство КНР ограничило на 10 % продажи дизельных автомобилей с высокими объемами выбросов серы, а в начале декабря 2017 г. руководство страны заявило, что в Китае вводятся более строгие ограничения по вредным антропогенным выбросам у автомобилей с ДВС¹. В результате 1 января 2018 г. китайский автопром прекратил производство 553 моделей автомобилей из-за введения нового стандарта по экологии

1. Экологические стандарты были разработаны и утверждены Министерством промышленности и информатизации КНР и это касается не только китайских автомобильных производителей, но также и совместных предприятий, созданных китайскими автогигантами, такими как Chery, FAW-Volkswagen, Beijing Benz Automotive и Dongfeng Motor Corporation.

транспортных средств, а Министерство по вопросам экологии КНР (Ministry of Environmental Protection – MEP) наложило штраф в размере 31,7 млн юаней (4,9 млн долл. США) на двух китайских автомобильных производителей в провинции Шаньдун за производство 318 дизельных грузовиков, чьи выбросы не соответствовали экологическим стандартам [2].

В начале 13-й пятилетки руководство КНР стало ясно отдавать себе отчет в том, что предыдущая эра использования автомобилей с ДВС подходит к концу. Во-первых, многие страны в 2017 г. выступили с заявлением, что в период с 2025 по 2040 г. они прекращают производство автомобилей, использующих двигатели внутреннего сгорания, и переходят на выпуск экологически чистых автомобилей, работающих на альтернативных (не загрязняющие окружающую среду) источниках энергии. Некоторые страны Европы, например, Норвегия и Нидерланды, намерены уже в 2025 г. отказаться от производства автомобилей с дизельными и газовыми двигателями, Германия и Индия собираются это сделать в 2030 г., а Великобритания и Франция готовы отказаться от производства автомобилей с ДВС в 2040 г. [3].

В 2015 г. обнародованный Государственным советом КНР план «Сделано в Китае 2025» ставит главной целью превращение КНР в современную инновационную державу, а средством достижения этой цели станет развитие стратегических отраслей промышленности, отличающихся высоким уровнем передовых высокотехнологических разработок, в число которых входит и такая отрасль, как производство автомобилей, использующих альтернативные источники энергии (АИАИЭ). Китайское руководство, понимая, что в наши дни практически нет технологического отставания КНР от развитых стран в области разработки двигателей, использующих альтернативные

источники энергии, и аккумуляторных батарей, также решило установить срок прекращения производства автомобилей с ДВС и ускорить НИОКР в области нового поколения АИАИЭ. В сентябре 2017 г. Министерство промышленности и информационных технологий КНР объявило, что правительство страны рассматривает вопрос о планируемой дате прекращения производства автомобилей с ДВС. Выступая в прошлом году на Международном автосалоне во Франкфурте, председатель правления корпорации Great Wall Motor Co. Вэй Цзяньцзюнь заявил, что «уже к 2040 г. Китай может прекратить производство автомобилей, использующих традиционные виды топлива» [4].

В конце января 2018 г. на совещании по ежегодному докладу о работе правительства премьер Госсовета КНР Ли Кэцян подчеркнул, что следует всемерно развивать политику открытости и реформ и формировать более конкурентоспособную и инновационную экономику, важнейшим драйвером которой является разработка и производство высокотехнологичных автомобилей, использующих альтернативные источники энергии [5]. Главная цель прекращения производства автомобилей с ДВС и ускоренного развития инновационных технологий для создания лучших образцов АИАИЭ состоит в том, чтобы обойти своих западных конкурентов в разработке и производстве автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, и занять на мировом рынке значительную долю по продажам высокотехнологичных транспортных средств с высокой добавленной стоимостью (до 50 %). Это является экономической сутью новой политики Китая в области развития национальной отрасли производства инновационных автомобилей.

Причем огромные объемы инвестиций, направляемые Китаем на разработку АИАИЭ, наличие значительной

производственной автомобильной базы, емкого внутреннего рынка уже позволили Китаю занять одно из первых мест в гонке за лидерство в области производства экологичных автомобилей. В январе 2018 г. парк китайских автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, уже равнялся 1,72 млн единиц – в их числе около 1,5 млн электромобилей, которые используются более чем в 130 городах 16 провинций Китая [6, 7], что составляет более 50 % от общего числа АИАИЭ в мире [8]. Кроме того, Китай является бесспорным мировым лидером по объемам как производства, так и продаж этого типа автомобилей, а также по числу электростанций, установленных по всей стране.

Китайская корпорация BYD три года подряд возглавляет список крупнейших производителей автомобилей, использующих альтернативные источники энергии: объемы продаж компанией АИАИЭ в 2014 г. составили 67,1 тыс. единиц, в 2015 г. – 114,3 тыс. и в 2016 г. – 243,5 тыс. Причем электромобили корпорации уже сегодня способны преодолевать расстояние в 200...400 км на одной зарядке. В 2020 г. корпорация намерена реализовать около 500 тыс. этих автомобилей. BYD поставляет свои АИАИЭ в 50 стран мира, уже построила производственные мощности в США, Бразилии, Венгрии и Франции [9].

Цель стратегии руководства КНР по развитию АИАИЭ на среднесрочную и долгосрочную перспективы определяется положением современного Китая в мировой экономике, характеризующимся достигнутым в предыдущие годы уровнем развития инноваций и конкурентоспособности, являющихся главным фактором глобальной эффективности китайских производителей автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, как на национальном, так и на международном автомобильных рынках.

Еще с 2009 г. правительство КНР приступило к разработке планов развития производства автомобилей, использующих альтернативные источники энергии. Планы создания новой отрасли по производству АИАИЭ получили конкретизацию и правительственную поддержку, когда в мае 2011 г. Государственный совет КНР принял «Программу развития автомобилестроения на основе новой энергетики энергосбережения на период 2011-2020 гг.», которая была дополнена решением Госсовета КНР от 17 июня 2013 г. «О плане развития производства автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, на период 2013-2020 гг.» Программа и план были нацелены на создание производственной площадки для разработки и последующего производства АИАИЭ на базе нескольких ведущих автомобильных концернов, которые смогут к 2020 г. обеспечить ежегодный выпуск 1 млн экологических автомобилей. Кроме этого, было запланировано развивать мощности еще двух-трех средних автомобильных компаний с ежегодным объемом

производства по 300...500 тыс. ед. АИАИЭ с тем, чтобы в 2020 г. объем производства и продаж китайских автомобилей, использующих АИЭ, мог бы приблизиться к отметке в 2 млн ед. (причем доля электромобилей в этом парке была определена в 70...80 %, доля продаж АИАИЭ должна составить в 2020 г. около 5 % от общего объема продаж автомобилей на внутреннем рынке Китая), а размер парка АИАИЭ должен составить 5 млн [10]. В 2025 г. объем производства АИАИЭ должен составить 15...20 % общего объема продаж автомобилей в КНР и в 2030 г. от 40 до 50 % [11]. 27 декабря 2017 г. Государственный комитет по делам развития и реформ Госсовета КНР (ГКРР) принял постановление «Об ускорении развития девяти ключевых отраслей промышленности на период 2018-2020 гг., обеспечивающих превращение Китая в мировую инновационную державу». Одной из ведущих отраслей промышленности должно стать автомобилестроение, производственные мощности которого позволят обеспечивать выпуск инновационных АИАИЭ.



Рис. 1. Пять отраслей экономики Китая с наибольшими объемами инвестиций частных компаний и венчурных фондов²[14] в 2017 г. (млрд долл. США)

2. Венчурный капитал (VC) представляет собой разновидность частного капитала, предоставляемого крупными компаниями либо инвестиционными (венчурные) фондами предприятиям, которые занимаются перспективными инновационными разработками, демонстрируют высокую доходность и стремятся занять доминирующую долю на международных рынках соответствующих товаров с высокой добавленной стоимостью (например, от 30 до 50 %).

В ходе 10-й и 11-й пятилеток КНР инвестировала более 900 млрд юаней в разработку энергосберегающих автомобилей. Китайские специалисты получили около 600 патентов на свои разработки в этой области, включая технологии производства аккумуляторных батарей и электростанций. В 2016 г. Госсовет КНР своим решением «О стимулировании инновационных разработок на крупных государственных предприятиях» обязал выделять до 1,4 % от общего объема прибыли госпредприятий на финансирование НИОКР. В период 2015-2018 гг. объемы инвестиций, направленных на НИОКР в области АИАИЭ, резко возросли и превысили сумму в 1 трлн юаней (150 млрд долл.), более 130 млрд юаней были инвестированы в рамках НИОКР в производство инновационных аккумуляторных батарей нового поколения [12, 13].

Правительство Китая стремится диверсифицировать источники финансирования новой отрасли производства АИАИЭ (рис. 1), в первую очередь, за счет привлечения зарубежных инвестиций и создания благоприятных условий для участия частного капитала. С этой целью китайские власти создают льготные условия для прихода зарубежного и частного капитала (в виде модели государственно-частного партнерства) в современные отрасли промышленности, создающие инновационную продукцию.

Сегодня Китай активно расширяет производство электромобилей, автомобилей на водородном топливе и

со смешанным источником питания (гибридные автомобили)³, а также разрабатывает технологию производства автомобилей, использующих солнечную энергию, этанол, метанол, биотопливо и т.п. [15]. Программа амбициозна по своим целям – к 2020 г. Китай должен стать мировым лидером по объемам производства и продаж АИАИЭ и довести до 30 % китайскую долю инновационных АИАИЭ в общем объеме мирового производства.

27 декабря 2017 г. ГКРП принял постановление «Об ускорении развития девяти ключевых отраслей промышленности на период 2018-2020 гг., обеспечивающих превращение Китая в мировую инновационную страну». В перечне ведущих отраслей промышленности были отмечены автомобилестроение, производственные мощности которого позволят обеспечивать выпуск АИАИЭ, и производство инновационных аккумуляторных батарей. Согласно докладу Китайской ассоциации автомобильных производителей (КААП), в 2015 г. около 70 китайских автомобильных производителей было занято в сфере разработки и производства АИАИЭ, а в 2017 г. это число возросло до 200 [16].

С 2009 г. китайское правительство запустило программу финансирования производства и продаж автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, определив размер субсидий для разных категорий электромобилей и гибридных автомобилей⁴, а с 2012 г. муниципальным властям было предоставлено право выделять дотации покупателям гибридных автомобилей в размере до 40 тыс. юаней,

3. ЭМ (EV) – автомобили с нулевым уровнем выбросов. Данный тип машин делится на следующие: автомобили с питанием от аккумуляторов (BEV) и автомобили, заряжающиеся от водородных топливных ячеек (FCEV). Гибридные автомобили различаются: гибридный автомобиль (HEV) и подзаряжаемый гибрид (PHEV).

4. Программа определяла следующие размеры дотаций: на легковые автомобили и мини-фургоны – по 3 тыс. юаней (440 долл.) на каждый Вт/ч аккумуляторной батареи, но не более 50 тыс. юаней (7 тыс. долл.) на каждый гибридный автомобиль; на электромобиль не более 120 тыс. юаней; на электромобили с топливными элементами – 360 тыс. юаней; на городские автобусы длиной от 10 м и больше – максимум 80 тыс. юаней (12 тыс. долл.); на каждый гибридный автобус, оборудованный свинцово-кислотными аккумуляторами, – максимум 420 тыс. юаней (62 тыс. долл.); на гибридный автобус с никель-металл-гидридными (NiMH) и литий-ионными (Li-ion) аккумуляторными батареями – максимум 450 тыс. юаней (73 тыс. долл.); для автобуса на полной электрической тяге – максимум 500 тыс. юаней. Правительство оставило право снижать размеры дотаций автомобильным производителям, как только объем продаж новых моделей превысит 50 тыс. ед.

а электромобилей – до 60 тыс. юаней из средств местных бюджетов. В 2013 г. эта программа, срок действия которой был определен до 2018 г., была распространена на 50 городов Китая, а дотации теперь стали предоставляться не только покупателям, но и компаниям, производящим автомобили на альтернативных источниках энергии [17]. В итоге, в период с 2009 по 2014 г. общие расходы на дотирование продавцов и покупателей автомобилей этого типа составили 33,4 млрд юаней.

В начале 2014 г. решением Государственного совета КНР местные власти были наделены правом освобождать автовладельцев АИАИЭ от выплаты 50 % суммы налога с продаж на транспортные средства, и в том же году около 43 тыс. покупателей таких машин воспользовались этой льготой [18]. В начале 2015 г. все АИАИЭ решением Министерства финансов КНР были освобождены от уплаты транспортного налога в полном объеме, а с июля 2015-го все покупатели электромобилей полностью освобождались от налога с продаж, а покупатели гибридных автомобилей оплачивали лишь 50 % этого налога вплоть до конца 2017 г., после чего по инициативе Министерства финансов эта налоговая скидка была продлена [19] до конца 2020 г. Также обе категории покупателей были освобождены от оплаты муниципальных парковок.

С 2015 г. дополнительные дотации поступали и от местных властей, а их размеры варьировались от 10 до 60 тыс. юаней, однако в конце 2017 г. Министерство финансов своим решением отменило эти местные доплаты, поскольку перешло к системе дотационного финансирования из средств госбюджета. Также в конце 2014 г. Госсовет КНР принял решение о постепенном снижении дотаций производителям АИАИЭ на 15 % в 2015 г., на 10 % в 2016-м и на 10 % в 2017-м, и далее по 5 % ежегодно вплоть до 2020 года [20]. Первоначально

максимальный размер дотаций в денежном выражении при покупке ЭМ равнялся 120 тыс. юаней, затем этот размер в 2016 г. был сокращен до 90 тыс. юаней, а в 2017 г. составлял 60 тыс. юаней [21]. В одном только 2015 г. общие расходы на дотационное стимулирование производства автомобилей, использующих АИЭ, подскочили до 59 млрд юаней [22], в 2016 г. выросли до 83 млрд юаней, а в 2017-м – до 86 млрд юаней [23]. В 2020 г. китайское правительство запланировало полную отмену этих субсидий, однако будут оставаться преференции для владельцев АИАИЭ при проезде по платным автомобильным магистралям, пользовании муниципальными парковочными местами и стоянками, оплате налогов, а также в виде снижения ввозных пошлин и субсидирования автомобильного кредитования. Например, в сентябре 2017 г. центральные банки Китая объявили о новой кредитной политике, которая позволяет покупателям АИАИЭ беспрепятственно брать кредит в любом банке на максимальную сумму, покрывающую до 85 % стоимости автомобиля, использующего АИЭ (на автомобиль с ДВС кредит покрывает до 80 % стоимости), а при покупке коммерческих автомобилей максимальный размер кредита был определен в 75 % для АИАИЭ и 70 % для автомобилей с ДВС [24].

Для обеспечения роста объемов продаж автомобилей, использующих АИЭ, 27 июля 2015 г. Госсовет КНР принял закон, обязывающий органы государственной и исполнительной власти, муниципалитеты городов и общественные организации при заключении контрактов на приобретение автомобилей для служебного пользования предусматривать в общем объеме закупок автотранспортных средств 30%-ю квоту на электромобили, а в августе 2016 г. поднял размер этой квоты до 60 %. Начиная с 2010 г. в целях привлечения на китайский рынок современного

технологичного оборудования для производства АИАИЭ правительство КНР обнулило ставки импортных пошлин на такое оборудование. Это решение действовало на протяжении последних 8 лет и позволило за это время производителям «зеленых» автомобилей сэкономить более 32 млрд юаней. С конца 2017 г. Министерство финансов дополнило эту льготу, освободив импортеров инновационного оборудования для производства АИАИЭ от уплаты налога на добавленную стоимость (НДС), что, по мнению специалистов, позволит китайским производителям автомобилей на АИЭ дополнительно получить 2,3 млрд юаней (350 млн долл.) для развития технологических разработок [25].

С 2015 г. правительство Китая ввело дополнительные меры по поддержке производства АИАИЭ, которые были привязаны к величине пробега нового автомобиля на одной заправке. Китайские производители электромобилей, способных совершить пробег 100...150 км, 150...250 км и свыше 350 км без перезарядки, получали субсидии от государства в размере 20, 36 и 44 тыс. юаней соответственно. Однако в конце 2017 г. Министерство финансов КНР пересмотрело эти нормативы и учредило новую систему субсидирования производства автомобилей, использующих АИЭ. С этого года новые автомобили с пробегом на одной зарядке 100...150 км лишаются государственного субсидирования, для машин с пробегом 150...250 км государственные дотации сокращаются на 40 % до размера в 20 тыс. юаней, а для производителей новых АИАИЭ с пробегом на одной зарядке свыше 350 км государственные субсидии были увеличены с 44 до 50 тыс. юаней [26]. Кроме того, правительство КНР с нового года отменило все дотации, предоставляемые провинциальными (местные) властями производителям АИАИЭ, размер которых доходил до 50 % всего объема

государственного (центральное) субсидирования.

В сентябре 2017 г. Министерство промышленности и информационных технологий КНР обнародовало распоряжение, которое с 1 апреля 2018 г. определяет минимальный уровень объема продаж АИАИЭ для выполнения важной задачи сокращения объемов выброса вредных веществ автомобилями с ДВС. Китайские автопроизводители, чей годовой объем продаж автомобилей с ДВС на внутреннем рынке составлял более 30 тыс. автомобилей (либо объем импорта превышал 30 тыс. таких автомобилей), в следующем году должны обеспечить свои продажи АИАИЭ в объеме не менее 10 % от общего числа проданных автомобилей (либо общего числа импортируемых автомобилей), а в 2020 г. этот показатель будет увеличен до 12 %.

Первоначально в проекте распоряжения Министерства промышленности и информационных технологий КНР исходной базой был объем производства в 50 тыс. автомобилей с ДВС, однако в целях расширения охвата китайских автопроизводителей и стимулирования их большего числа к увеличению продаж АИАИЭ базовый показатель был снижен до 30 тыс. единиц и из проекта был изъят показатель в 8 % на 2018 г. Производители, которые не смогут обеспечить выполнение перечисленных показателей, должны приобретать соответствующие квоты у других китайских автопроизводителей АИАИЭ, в противном случае правительство будет налагать на них штрафные санкции [27].

18 января 2018 г. Министерство финансов и Министерство промышленности и информатизации Китая в совместном заявлении указали, что субсидии для автомобилей, работающих на новых источниках энергии, станут сокращаться и окончательно будут отменены к концу 2020 г. Министрства пришли к единому мнению

относительно проекта плана и 18 января 2018 г. представили его на окончательное одобрение Госсовета КНР. Проект плана не содержит конкретных цифр и показателей о величине планирующихся сокращений дотаций, но в нем отмечается, что действие права на получение субсидий для АИАИЭ будет продлено на срок около полугода в 2018 г. В плане отмечается, что сокращение субсидий приведет к более быстрому исчезновению небольших и неконкурентоспособных компаний по производству АИАИЭ, однако не окажет значительного влияния на крупные отраслевые автосборочные предприятия.

Некоторые китайские аналитики в рассуждениях о сроках окончания государственной поддержки промышленности АИАИЭ полагают, что лишь при достижении показателя минимальных объемов продаж АИАИЭ в размере 30 % от всего объема продаж автомобилей в КНР можно постепенно отменять государственную систему субсидирования автомобилей, использующих альтернативные источники энергии [28]. Причем переход китайской промышленности к полному производству

автомобилей, использующих АИЭ, не будет происходить в один момент и означать отказ от использования автомобилей с ДВС. Скорее всего резкое сокращение традиционных бензиновых автомобилей будет наблюдаться в китайских мегаполисах, однако в средних и малых городах, в сельской местности, где не вводились ограничительные меры на покупки автомобилей с ДВС, процесс внедрения экологически чистого автомобильного транспорта будет достаточно продолжительным.

По мнению специалистов Китайской ассоциации автомобильных производителей, сельские жители и жители небольших городов в ближайшие 5-10 лет станут основными потребителями традиционных автомобилей с бензиновыми и дизельными моторами, поддерживая тем самым развитие традиционного китайского автопрома. Однако, когда весь парк автомобилей с ДВС (а это более 350-400 млн единиц) через 15-20 лет будет заменен на АИАИЭ, это позволит Китаю сэкономить до 500 млрд л бензина и дизельного топлива, резко снизить зависимость страны от импорта углеводородного сырья

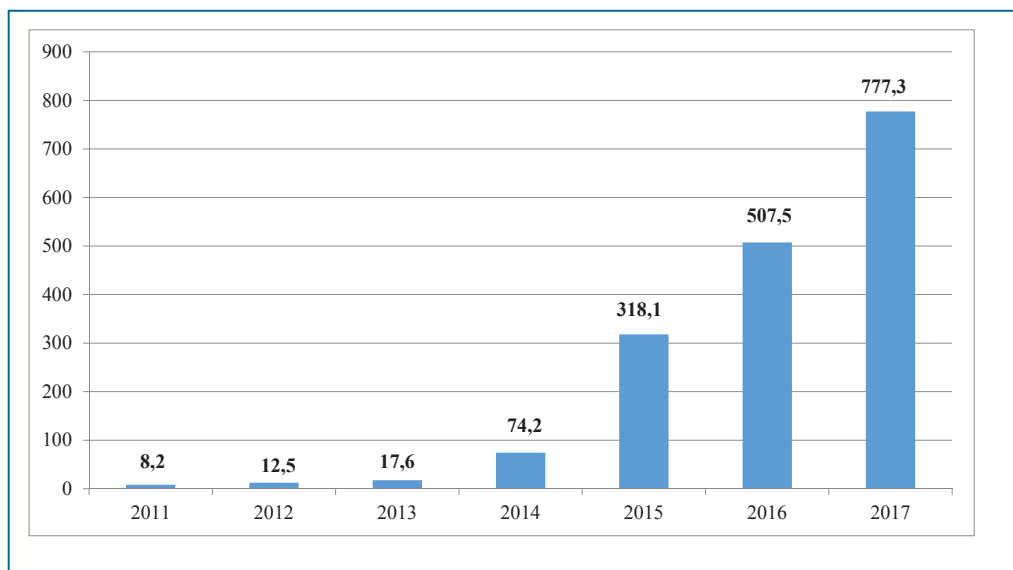


Рис. 2. Рост объемов продаж автомобилей, использующих альтернативные источники энергии (электромобили и гибридные автомобили), в Китае за период 2011-2017 гг. (тыс. ед.) [30]

и кардинально улучшить экологическую обстановку в крупных городах КНР.

По мере развития технологий производства инновационных аккумуляторных батарей в последние годы дальность поездки китайских автомобилей на одной зарядке постепенно увеличивается. В 2017 г. на автомобильном салоне в Женеве был показан электромобиль компании BYD Techrules, который был способен при скорости в 85 км/ч преодолеть 250 км, а электромобиль под маркой EU220 компании BAIC мог преодолеть расстояние в 300 км без подзарядки со скоростью более 100 км/ч [29]. В том же году на автомобильном салоне в Гуанчжоу китайский автопроизводитель Chery представил электромобиль Tiggo 3X, который поступит в продажу в Китае в 2018 г. Кроссовер на электрическом приводе способен при полной зарядке проехать более 350 км, а при отличном дорожном покрытии – и около 450 км.

Особенно бурный рост объемов производства и продаж автомобилей, использующих АИЭ (рис. 2), начался в 2015 г., когда выпуск электромобилей и гибридных автомобилей по сравнению с предыдущим годом вырос почти в 4,5 раза. В следующем 2016 г. на долю Китая стало приходиться около 50 % мирового производства экологически чистых автомобилей, благодаря чему он опередил США и Европу и стал мировым лидером в этой области [31]. В 2016 г. в Китае на долю автомобилей, использующих альтернативные виды энергии, пришлось около 2 % всего объема продаж легковых автомобилей (причем на долю электромобилей пришлось 80 % всего объема продаж «зеленых» автомобилей в КНР), в странах Евросоюза – 1,2 %, в США – 1,4 % [32]. В том же году около 75 % всех продаж АИИЭ были совершены в китайских мегаполисах, где действовала система ограничений на приобретение автомобилей с ДВС.

В Китае общее потребление электроэнергии автомобилями, использующими АИЭ, в 2016 г. превысило 1,4 млрд кВт/ч, что обеспечило экономии более 420 тыс. т бензина и дизельного топлива [33]. Уже в августе 2017 г. общий парк АИИЭ в КНР перешагнул рубеж в 1 млн ед. В их числе 625 тыс. электромобилей и 193 тыс. гибридных автомобилей (рис. 3) [34]. По заявлению министра промышленности и информатизации КНР Мяо Вэя, сделанному во время проведения форума China EV100-2018 (Пекин, январь, 2018 г.), в Китае в 2017 г. было произведено 794 тыс. АИИЭ, что составило 2,7 % всего объема производства автомобилей в стране. Объем продаж составил 777 тыс. автомобилей (рост на 53,3 % по сравнению с 2016 г.), и Китай третий год подряд занимает первое место в мире по производству АИИЭ (таблица). Председатель Китайской ассоциации автопроизводителей Дун Ян полагает, что в 2018 г. рост производства АИИЭ составит около 40 % и приблизится к отметке в 1 млн единиц [35], а в 2020 г. ожидается, что объем реализации этих автомобилей превысит 2 млн единиц [36].

В Китае крупные автомобилестроительные корпорации на основе государственно-частного партнерства расширяют масштабы НИОКР в области создания нового поколения АИИЭ, а также активизируют привлечение прямых иностранных инвестиций и создание совместных предприятий с передовыми западными компаниями, являющимися лидерами в сфере развития технологий для производства автомобилей на новых источниках энергии. 2 декабря 2017 г. три крупных китайских автопроизводителя – корпорации FAW, Dongfeng Motor Corporation и Changan Automobile – в г. Ухань (административный центр провинции Хубэй) с целью внедрения на мировой рынок новых автотранспортных средств

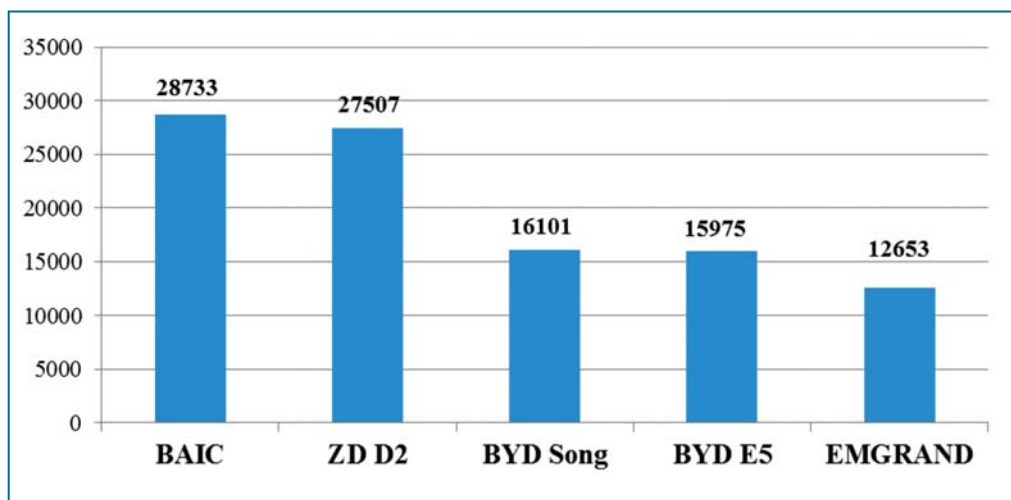


Рис. 3. Пятерка наиболее продаваемых в КНР моделей автомобилей, использующих АИЭ (электромобили и гибридные автомобили), за период январь – август 2017 г. (ед.) [37]

Планы по созданию парка электромобилей (ЭМ) в 2020 г. по странам [38]

Страны	Размер парка ЭМ в 2015 г., тыс. ед.	Планы размера парка ЭМ в 2020 г., млн ед.	Доля ЭМ в общем объеме проданных автомобилей в 2016-2020 гг., %
Китай	312,3	4,6	6
Австрия	5,3	0,2	13
Дания	8,1	0,2	23
Франция	54,3	2,0	20
Германия	49,2	1,0	6
Индия	6,0	0,1	2
Ирландия	2,0	0,1	8
Япония	126,4	1,0	4
Нидерланды	87,5	0,3	10
Португалия	2,0	0,2	22
Республика Корея	4,3	0,2	4
Испания	6,0	0,2	3
Великобритания	49,7	1,6	14
США	101,0	1,2	6
Итого по всем странам	814,1	12,9	-

заклучили соглашение о стратегическом сотрудничестве в области разработки инновационных автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, создания производственно-сбытовых цепочек высокотехнологичной продукции и перехода к новым моделям бизнеса в части расширения международной сети послепродажного обслуживания. В соответствии с заключенным соглашением корпорации совместно создадут инновационный центр по развитию перспективных технологий в области новых источников энергии.

Позднее в январе 2018 г. 21 компания, занимающаяся производством автомобилей (среди которых такие гиганты как FAW Group, BAIC Motor Corp, Dongfeng Motor Corporation, Chongqing Changan Automobile, Guangzhou Automobile Group, Geely Auto), совместно с крупнейшими операторами мобильной связи (China Mobile и China Unicom) и лидером мирового каршеринга корпорацией Didi Chuxing договорились о создании совместного предприятия с капиталом в 1 млрд юаней (152 млн долл.) для разработки встраиваемых систем искусственного интеллекта в линейке вновь создаваемых электромобилей⁵. 5 июля 2017 г. китайская автомобилестроительная компания Beijing Automotive Group (BAIC Group) подписала соглашение с немецким концерном Daimler Group о создании совместного предприятия под маркой Beijing Benz Automotive Co. Обе стороны намерены инвестировать 5 млрд юаней (735 млн долл.) в создание

5. Сегодня в Китае ведется широкая работа по разработке подобных систем. Среди основных направлений можно отметить разработку лазерных сканеров для определения возникающих перед автомобилем объектов и местоположения соседних машин, радаров, камер с ультразвуковыми датчиками, необходимых для контроля за движением и считывания дорожных знаков и указателей, которые будут монтироваться на лобовое стекло. В перспективе автомобили будут оборудоваться автономными дублирующими системами, например, аварийного торможения в случае потери контроля управления водителем в экстремальных ситуациях.

в 2020 г. в Пекине производственной площадки по сборке электромобилей и выпуску аккумуляторных батарей, разработанных по технологиям немецкой концепции «Индустрия 4,0», предусматривающей использование преимуществ Интернета и обработку большого массива данных (Big Data) для самостоятельного поиска путей повышения технических характеристик, снижения затрат при производстве «умных» АИАИЭ, адаптации под новые потребности и запросы китайских потребителей [39].

В начале 2018 г. американский автомобильный концерн Ford объявил о создании СП с китайской компанией Anhui Zotye Automobile с целью производства и продаж в Китае в 2025 г. 15 новых моделей АИАИЭ, а американская компания Tesla намерена к 2020 г. построить в Шанхае завод по производству автомобилей на новых источниках энергии, который через пять лет будет производить более 20 различных типов ЭМ в Китае. Немецкая корпорация Mercedes-Benz совместно с китайской компанией BAIC Group намерена в 2020 г. начать в Китае массовое производство электромобилей EQ, полагая, что китайский рынок АИАИЭ является самым перспективным для Mercedes-Benz в сегменте производства «зеленых» автомобилей [40].

Сегодня китайские компании уже накопили определенный опыт в производстве АИАИЭ и выходят на мировые рынки этих транспортных средств. Один из китайских лидеров в этой области компания BYD (Build Your Dreams) намерена запустить в американском городе Ланкастер (Калифорния) производство электробусов. Для этого она расширяет производственную базу в Ланкастере до 138 тыс. м² и намерена в ближайшие годы ежегодно производить до 1,5 тыс. автобусов на электрической тяге и необходимые для них металлофосфатные аккумуляторные батареи (обеспечивают на одной зарядке



пробег электробуса до 300 км), заняв 30 % рынка продаж этого вида автомобилей в Северной Америке [41]. Компания BYD в 2017 г. также экспортировала партию в 50 электробусов в Аргентину и построила в городах Комаром (Венгрия) и Ванкувер (Канада) заводы по производству электробусов, которые будут ежегодно выпускать до 400 и 700 автобусов на электрической тяге соответственно. Сегодня автобусы на электрической тяге производства компании BYD используются более чем в 200 городах 50 стран мира [42].

С тех пор, как в 1886 г. был произведен первый в мире автомобиль, автомобильная промышленность еще никогда не сталкивалась с такими грандиозными изменениями, как сегодня. Появляются «умные», обладающие контактом с интернетом и навыком беспилотного вождения автомобили нового поколения. 15 января 2018 г. Государственный комитет по делам развития и реформ КНР опубликовал проект «Стратегии инновационного развития производства интеллектуальных транспортных средств», которая ставит задачу развития технологий искусственного интеллекта и Big Data (большие данные) для повышения конкурентоспособности на мировом рынке китайских автомобилей на новых источниках энергии.

Сегодня в Китае практически все крупные автопроизводители стремятся не упустить шанс занять заметное место не только на будущем рынке продаж высокотехнологичных АИАИЭ с высокой добавленной стоимостью, но и на не менее перспективном мировом рынке технологий полуавтоматического и автоматического вождения автомобиля, а также инновационного программного обеспечения с интегрированной возможностью автономного вождения без участия водителя. В стране уже практически разработаны автомобили, оснащенные автопилотом, работающим в полуавтоматическом режиме (в КНР

для полуавтоматического режима по степени автономности управления введены три уровня или классификатора системы вождения), а сами машины оборудуются разного рода датчиками и камерами видеофиксации и слежения, компьютерными модулями, которые анализируют складывающуюся на дороге обстановку и автоматически управляют автомобилем. Это относится к таким функциям как обеспечение автономного режима беспилотного управления на небольших скоростях и возможность беспилотного перестроения даже при наличии слепых зон, способность распознавать возникающие перекрестки, пешеходов, разметку автотрассы, траекторию дороги, другие транспортные средства на пути, привлечение внимания водителя и осуществление автоматического экстренного торможения в случае опасности, автоматическая парковка автомобиля и т.п. – иными словами все от ключа зажигания до умеренного автономного вождения.

Автомобили, которым станут присваивать уровни 4 и 5 (или классификатор), еще находятся в стадии доработки и будут запущены в эксплуатацию в 2022-2025 гг. Они будут отличаться полностью автономным вождением при любых скоростях, причем автономная система автомобиля будет способна в процессе эксплуатации к самообучению – компьютер системы соберет и обработает данные о дорожной обстановке и отправит их на центральный сервер автопроизводителя, который будет вырабатывать и посылать обратно обновленные программы и алгоритмы действий для автономной системы вождения автомобиля. В результате подобного обмена информацией система автономного беспилотного вождения будет постоянно улучшаться и совершенствоваться.

Ведущие китайские автопроизводители FAW Group и Hongqi к 2025 г. намерены запустить в эксплуатацию

17 и 14 новых моделей электромобилей соответственно, которые смогут осуществлять пробег до 600 км без дозарядки. Модели, которые будут выпускаться в 2020 г. (примерно по 100 тыс. автомобилей у каждого из указанных производителей), будут оснащены системами беспилотного вождения 3-го уровня, в 2025 г. (по 300 тыс.) – системами автономного «умного» вождения 4-го уровня и в 2035 г. (по 500 тыс.) – системами автономного вождения 5-го уровня [43].

Китайская компания Baidu в последние годы вышла в мировые лидеры в области разработки систем автоматического управления и в январе 2018 г. на Международной выставке достижений в сфере электронных систем в Лас-Вегасе объявила об обновлении своей платформы Apollo 2.0, призванной в сотрудничестве с китайскими автопроизводителями JAC Motors и BAIC Motor в 2020 г. наладить производство беспилотных автомобилей 3-го уровня. Не отстает от нее и компания SAIC Motor, которая совместно с компанией Intel разрабатывает систему беспилотного вождения 3-го уровня, основанную на технологии «Мобильный глаз» (Mobile eye technology) [44]. Ведущая компания Китая по производству средних и легких грузовиков FAW Jiefang (в 2017 г. объем продаж составил 291 тыс. единиц, а план производства на 2018 г. – 319,8 тыс.) намерена в середине текущего года приступить к продажам тяжелого грузовика Jiefang-J7 с пятью функциями интеллектуального вождения: распознавание светофоров и препятствий, обгон, следование за автомобилем, дистанционное управление [45].

В начале 2018 г. в Китае развернулось строительство научно-производственных центров по разработке инновационных технологий для беспилотных автомобилей, оборудованных системами искусственного интеллекта. В январе 2018 г. в г. Чунцин начал функционировать промышленно-

технологический Центр цифровой экономики «Лянцзян», где уже разрабатываются 34 проекта с объемом капиталовложений на общую сумму 18,3 млрд юаней, а инвесторами являются ведущие предприятия в отраслях цифровой экономики и экономики больших данных, разработки технологий для производства АИИЭ, интеллектуализации и интернета. Согласно плану, в 2020 г. число зарегистрированных в данном центре предприятий должно превысить 3 тыс., а годовой объем производства достигнет 50 млрд юаней [46].

В г. Ухань (пров. Хубэй), в котором находятся основные заводы корпорации Dongfeng Motor Corporation, входящей в «Большую Четверку» ведущих китайских автопроизводителей, началось строительство Центра разработки технологий водородных аккумуляторных батарей, которые дешевле, менее габаритны, более эффективны и надежны по сравнению со стандартными батареями. В них используются пластины из гидрида кальция. Общий объем инвестиций в создание Центра оценивается в 11,5 млрд юаней (1,75 млрд долл.) и планируется, что в технологических разработках Центра примут участие около 100 производителей АИИЭ [47]. В 2018-2020 гг. в Ухане будет построено 20 водородных заправочных станций для обеспечения заправки более 3 тыс. автомобилей, использующих этот вид топлива. К 2025 г. Ухань превратится в мировой центр производства водородных аккумуляторных батарей, число заправок увеличится до 100, а объем производства 2-3 крупнейших китайских производителей водородных аккумуляторных батарей для АИИЭ составит 100 млрд юаней (15,6 млрд долл.) [48].

В конце 2017 г. мэрия Пекина обратилась в Министерство промышленности и информационных технологий КНР с просьбой об организации Центра

инновационных технологии для разработки электромобилей, гибридного транспорта и искусственного интеллекта для беспилотных автомобилей и получила разрешение на его создание [49]. Вслед за разрешением о создании Центра городские власти Пекина утвердили «Руководство по ускорению дорожных испытаний беспилотных автомобилей», согласно которому в столице будет создан специальный участок автомобильной магистрали для тестирования «умных» автомобилей. Результаты тестирования будут применяться на главных магистралях города и их ответвлениях, а также на перекрестках, где установлены светофоры [50]. В январе 2018 г. в районе Ичжуан на юго-востоке Пекина началось строительство автоматизированной автомобильной дороги для тестирования беспилотных автомобилей. Одновременно выполняются работы по адаптации магистрали к новым условиям вождения, чтобы автоматические самоуправляемые автомобили смогли легко идентифицировать дорожные сигналы, знаки и разметки на шоссе.

Сегодня техника беспилотного вождения набирает популярность среди жителей столицы⁶, однако в процессе тестирования, вне зависимости от того, способно ли пассажирское транспортное средство двигаться без участия водителя, присутствие опытного инструктора в салоне обязательно на случай возможных непредвиденных обстоятельств. В тестируемых автомобилях компаний BYD, Chery и BAIC

6. В Китае сегодня активно разрабатываются и внедряются беспилотные системы и на других видах транспорта. В конце декабря 2017 г. на линии метрополитена Яньфан (протяженность 14,4 км) начали эксплуатироваться китайские, полностью автоматизированные беспилотные поезда, которые развивают скорость до 80 км/ч, а автоматика отправляет составы, открывает и закрывает двери. Но в составах, по-прежнему, находятся машинисты на случай экстренной ситуации. В январе 2018 г. китайские компании BYD и Huawei в г. Иньчуань (административный центр Нинся-Хуэйского автономного района) представили отечественную беспилотную монорельсовую транспортную систему «Юньгуй» («Облачный рельс»).

установлены технические устройства по контролю и управлению автомобилем. Они оборудованы системами для визуализации окружающей среды с использованием метода двойной видеокамеры (система Velodyne LiDAR), радаром миллиметрового диапазона и соответствующим оборудованием для обработки поступающих данных [51]. Маршруты движения имеют повороты и участки для разворотов, вся трасса оборудована светофорами, а автомобили во время тестирования развивают скорость до 60 км/ч [52].

В настоящее время компании каршеринга Didi, Baidu и JD.com намерены подать заявки на участие своих автомобилей в тестировании, а в начале этого года базирующаяся в Пекине корпорация BAIC Motor заявила, что в 2019-2020 гг. намерена запустить в производство первую модель электромобиля, способного двигаться без участия водителя [53]. 18 января 2018 г. в районе Дацзу г. Чунцин началось строительство первой в Китае крупной комплексной экспериментальной базы для испытания автомобилей, оборудованных системами искусственного интеллекта. Общая площадь экспериментальной базы, которая будет запущена в эксплуатацию через год, составит 245 га, а общая протяженность испытательной трассы превысит 50 км [54].

В конце прошлого года был сдан в тестовую эксплуатацию самый большой в мире автоматизированный контейнерный терминал – 4-я очередь шанхайского глубоководного порта «Яншань», который оснащен полностью автоматизированным оборудованием и автоматизированной системой управления и способен обрабатывать до 15 млн контейнеров. Именно здесь в январе 2018 г. начались испытания полностью автоматизированного беспилотного грузовика-погрузчика для перевозки контейнеров по зонам проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Грузовик, разработанный Shanghai Zhenhua Heavy Industry и китайским стартапом Westwell Lab. (Шанхай), оборудован шестью камерами слежения, радаром миллиметрового диапазона, который определяет местоположение объектов путем измерения отражения излучаемых радиоволн, и автоматическим навигатором. Его длина составляет 18 м, он способен самостоятельно выбирать самый удобный маршрут перевозки контейнеров по портовой территории со скоростью 30 км/ч, умеет объезжать препятствия и избегать аварийных ситуаций благодаря встроенным системам экстренного торможения. По словам китайских инженеров, новый грузовик является транспортным средством со «100%-й безопасностью». Грузовик работает 24 часа в сутки и способен увеличить эффективность работы порта на 50 %.

К примеру, для порта средних размеров с ежегодным объемом обработки контейнеров в 2 млн единиц для обеспечения погрузочно-разгрузочных работ требуется около 200 грузовиков-погрузчиков (с четырьмя водителями для каждого), а ежегодная зарплата каждого китайского водителя такого погрузчика составляет от 60 тыс. юаней (9 372 долл.) до 120 тыс. Министерство транспорта КНР намерено постепенно начать внедрение подобных грузовиков-погрузчиков в ведущих китайских портах – Чжухай (пров. Гуандун), Тяньцзинь, Циндао (пров. Шаньдун) [55] и др.

Согласно утвержденному в апреле 2017 г. постановлению Государственного Совета КНР «О развитии инновационных автомобилей, оборудованных системой автоматического управления», базовая платформа для производства беспилотных автомобилей в Китае должна быть создана в 2020 г., а в 2025 г. 80 % производимых новых инновационных АИАИЭ «должны обладать функциями, обеспечивающими автономное вождение» [56]. В конце января 2018 г.

Государственный комитет по делам развития и реформ Госсовета КНР объявил, что обнародует трехлетний план действий по развитию для автомобилей с искусственным интеллектом таких технологий как чипы и автоматические системы управления [57].

Согласно международным оценкам, в 2030 г. парк трех ведущих мировых рынков беспилотных автомобилей КНР, США и стран Евросоюза будет насчитывать 81 млн личных автомобилей, причем на Китай будет приходиться большая часть (около 40 %) мирового парка беспилотных автомобилей, или, согласно оценкам компании PwC (PricewaterhouseCoopers), являющейся одной из ведущих мировых компаний по предоставлению услуг консалтинга и аудита, около 36 млн единиц [58]. Причем, судя по опросам, проведенным международной консалтинговой компании McKinsey (специализируется на решении задач, связанных со стратегическим управлением), в крупнейших городах Китая около 60 % респондентов были уверены, что их семьи будут пользоваться беспилотными автомашинами, тогда как показатель опроса в США выявил лишь 43 % положительных ответа, в Германии – 31 % [59].

Принятая Государственным советом КНР «Программа развития автомобилестроения на основе энергосбережения и новой энергетики (2011–2020)» призвана ориентировать автомобильную отрасль КНР на переход к массовому производству принципиально нового вида автомобилей, стимулировать инновационный прорыв в смежных отраслях, создавая там новые рабочие места, а также постепенно ослаблять негативные последствия, вызванные загрязнением окружающей среды. Эта Программа в начале года была дополнена не менее амбициозным планом правительства КНР [60] – Госсовет объявил, что в 2020 г. не менее 50 % всего объема продаж новых автомобилей,

использующих альтернативные источники энергии, должны приходиться на «умные» автомобили, оснащенные технологиями частичного или полностью беспилотного вождения, а в 2025 г. этот показатель должен возрасти до 80 % [61].

В 2016 г. рост объема валового внутреннего продукта (ВВП) промышленности КНР составил 6 %, а в 2017-м он увеличился на 6,6 %. Согласно данным ГСУ КНР, этот прирост в значительной степени был обеспечен резким ростом ВВП, созданного в высокотехнологичных и инновационных отраслях промышленности, в число которых входят производство автомобилей, использующих АИЭ (рост ВВП на 51,1 %), средств промышленной робототехники (рост на 68,1 %), оборудования для получения солнечной энергии (рост на 38 %), интегральных схем (рост на 18,2 %) [62].

Заключение

Бурное развитие производства автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, не только генерирует значительный мультипликативный эффект в сопряженных отраслях промышленности, но и становится одним из важнейших драйверов инновационного развития

китайской промышленности. Опираясь на накопленный технологический и интеллектуальный потенциал в рамках совершенствования систем искусственного интеллекта для нового поколения «умных» автомобилей, передовые китайские производители АИЭ генерируют инновационные разработки, которые становятся инструментом технологического развития и других отраслей народного хозяйства КНР в рамках цифровой экономики. Рост объемов производства и, как следствие, парка экологически чистых и энергосберегающих автомобилей решает и другие важнейшие социально-экономические задачи, требующие незамедлительного внимания.

Увеличение объемов производства инновационных электромобилей и гибридных автомобилей позволит Китаю повысить долю возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе страны, существенно снизить свою зависимость от импорта нефтепродуктов, обеспечить завоевание значительной доли мирового рынка продаж АИЭ с высокой добавленной стоимостью и решить одну из главнейших задач, поставленную руководством Китая, – резко сократить уровень антропогенного воздействия на окружающую среду и значительно улучшить экологическую обстановку в стране.

Литература

1. China's endeavor to build clean, beautiful country contributes to global ecological development. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/17/WS5a365d8ba3108bc8c67351df.html>.
2. China punishes automakers for environmental offences. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/14/WS5a5a3b12a3102c394518f0aa.html>.
3. Wu Yiyao (China Daily). E-car segment revs up to push throttle full forward. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-10/09/content_33013486.htm.
4. Wang Cong. No more fossil-fuel cars. China to phase out traditional autos, seek NEV dominance. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1066280.shtml> (Source: Global Times Published: 2017/9/13).
5. Premier Li stresses innovative capacity and competitiveness of economy. URL:

<http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/25/WS5a69561ca3106e7dcc1368c5.html>.

6. Seek Technological Revolution. URL: http://www.bjreview.com/Business/201707/t20170701_800099431.html.

7. Li Fusheng, Hao Yan. Sector predicts slower moving sales growth in current year // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/15/WS5a5c42a5a3102c394518f479.html>.

8. China's new energy vehicle industry on fast lane for growth. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-09/02/content_41520400.htm.

9. Chu Daye. Chinese NEV firms feeling bullish. URL: Source: Global Times. Published: 2017/10/10.

10. Чжоу Чэнси. Синьнэнюань цичэ тупо фачжань (Прорыв в развитии новых энергетических транспортных средств) // Ежемесячный журнал Министерства транспорта КНР 周诚玺 新能源汽车突破发展 (Цичэ юньшу – Автомобильный транспорт). – 2018. – № 3. – С. 38-44.

11. Го Сяогэ, Чжао Вэнься. Цзян синьнэнюань цичэ фачжань тишэн чжи чжаньлюе гаоду (Разработка автомобилей на новых источниках энергии выходит на новый стратегический уровень) // 郭小戈, 赵文霞 将新能源汽车发展提升至战略高度 (Чжунго гунлу – Китайские дороги) – 2017. – № 5. – С. 4-10.

12. Li Fusheng. New energy vehicles – a case of too many, too soon? // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-10/30/content_33878738.htm

13. Chinese electric vehicle market sees more investment. URL: <http://en.people.cn/n3/2017/1103/c90000-9288416.html>.

14. Infographics: Private Equity/Venture Capital Investment. URL: http://www.bjreview.com.cn/Business/201708/t20170827_800103169.html; China to give foreign businesses better access to financial, auto industries. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/2017-11/09/content_34327992.htm.

15. Zheng Xin, Zou Shuo. China planning nationwide use of biofuel by 2020 // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/2017-09/14/content_31972205.htm.

16. Hao Yan. Chinese auto market braces for speed hump // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/25/WS5a405a49a31008cf16da33bd.html>.

17. Experts eye Tesla to spur China's electric vehicle market. URL: http://www.globaltimes.cn/content/840481.shtml#UvFBdf_sps (Дата обращения: 24.09.2017).

18. 42,800 new-energy vehicles exempt from purchase tax. URL: http://www.china.org.cn/business/2015-02/19/content_34858227.htm.

19. China extends purchase tax exemption for new energy vehicles. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/28/content_50172104.htm.

20. Чжан Чэн. Цуцзинь синьнэнюань цичэ фачжань (Стимулировать развитие автомобилей, использующих новые виды энергии) // 张澄. 促进新能源汽车发展 (Чжунго гунлу – Китайские дороги). – 2016. – № 1. – С. 48-49.

21. New energy vehicle, IT shares drive profit growth. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/2018-02/12/content_28543941.htm.

22. Синьнэнюань цичэ бутэ баньфа фабу, ань чжунян 50 % чжисин (Субсидии на автомобили на новых источниках энергии на 50 % финансируются за счет средств центрального банка) // 新能源汽车补贴办法发布, 按中央50%执行 (Цичэ юньшу – Автомобильный транспорт). – 2017. – № 12. – С. 12.

23. Li Fusheng. New energy vehicles – a case of too many, too soon? // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-10/30/content_33878738.htm.

24. Продажи автомобилей на новых источниках энергии удвоились в октябре с.г. URL: http://russian.china.org.cn/exclusive/txt/2017-11/11/content_50057743.htm;

New energy vehicle market continues expansion in 2017. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/12/content_50218469.htm.

25. China renews tax exemption to encourage technology imports. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/tech/2017-11/16/content_34596819.htm.

26. New energy car sales rev up. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/20/content_50113190.htm.

27. Ma Si, Cheng Yu. Rules set new targets for NEVs // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-09/29/content_32626296.htm.

28. Electric car industry shares boom on government plan. URL: http://en.ce.cn/main/latest/201709/12/t20170912_25909094.shtml.

29. Li Fusheng. China slams the brakes on new energy vehicle cheats // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-02/06/content_28111037.htm; Competition to drive stability. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-02/13/content_28178788.htm.

30. Хаоигэ 2017 паньдянь 2017 нянь цзяотун юньшу ханэ дашицзянь (Хроника основных событий в транспортной отрасли в 2017 г.) // 好一个2017-盘点2017年交通运输行业大事件 (Чжунго гунлу – Китайские дороги). – 2018. – № 2. – С. 2-7.

31. Battery technology steering e-car sales. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-08/09/content_30382027.htm.

32. China to quadruple new energy vehicle production by 2020. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-01/16/content_40108844.htm; Yang Zhongyang. Quality Essential for New-Energy Vehicle Sales. China's NEV market grows fast. URL: http://www.bjreview.com/Opinion/201703/t20170313_800090982.html.

33. China to build more charging points for electric vehicles. URL: http://www.china.org.cn/china/2017-02/10/content_40260230.htm.

34. China has one million new energy vehicles. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-08/14/content_41404392.htm.

35. Li Fusheng. Hao Yan Sector predicts slower moving sales growth in current year // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/15/WS5a5c42a5a3102c394518f479.html>; Дяньли фачжань «Шисань» гуйхуа фабу, дали туйдун синьнэнюань фачжань (Расширение использования новых источников энергии в плане развития энергетики в период 13-й пятилетки) // Чжунго чжэнцюаньбао (Журнал ценных бумаг Китая). – 2018. – № 2. – С. 35-36.

36. New energy vehicle market continues expansion in 2017. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/12/content_50218469.htm.

37. Li Fusheng. Customers charged up about new choices for electric cars // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-09/25/content_32446029.htm.

38. Ли Сюэсун. Чжунго синьнэнюань цичэ 2020 нянь цзяню фэйюэ фачжань (В период до 2020 г, будет продолжаться процесс стремительного развития китайских автомобилей, использующих новые источники энергии // 李雪松 中国新能源汽车2020将有飞跃发展 (Чжунго гунлу – Китайские дороги). – 2018. – № 1. – С. 2-6.

39. German, Chinese carmakers to build e-vehicle production base (Beijing Economic Technological Development Area). URL: http://www.chinadaily.com.cn/regional/bda/2017-07/11/content_30082795.htm.

40. Китай повлияет на структуру мирового рынка автомобилей на новых источниках энергии. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2017/0922/c31518-9272594.html>.

41. BYD chases 30 % of e-bus market in North America. URL: http://china.org.cn/business/2017-10/12/content_41720392.htm.

42. Chinese firm BYD opens electric bus factory in Hungary. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-04/05/content_28794281.htm.
43. China carmaker FAW to roll out 17 models by 2025. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/10/WS5a557a0ea3102e5b17371cd4.html>.
44. Li Fusheng. Ministry drafts policies to promote self-driving vehicles // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/22/WS5a6568c6a3106e7dcc135c03.html>.
45. В 2017 году продажи грузовиков китайского производства «Цзэфан» установили новый рекорд. URL: http://russian.china.org.cn/business/txt/2018-01/23/content_50280972.htm.
46. В Чунцине начал действовать индустриальный парк цифровой экономики «Лянцзян». URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/0122/c31518-9417895.html>.
47. Wuhan to house China's first industry park for developing hydrogen fuel cells. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/24/WS5a3f7cc4a31008cf16da3260.html>.
48. «Hydrogen city» to be built in central China. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/22/WS5a65538ba3106e7dcc135b88.html>.
49. China to build national NEV technological innovation center. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/22/content_50270701.htm.
50. Столица Китая создаст первое специальное шоссе для проведения тестов беспилотных автомобилей. URL: http://russian.china.org.cn/china/txt/2018-01/06/content_50198324.htm.
51. Бэйцзин шифань лушан дэ ляндянь (Демонстрационная дорога в Пекине) // 北京示范路上的亮点 (Чжунго гунлу – Китайские дороги). – 2018. – № 3. – С. 9-10.
52. Beijing launches testing base for autopilot cars. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/02/WS5a4b278da31008cf16da4a96.html>.
53. China electric carmaker eyes autopilot model in 2019. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/12/WS5a582ab1a3102c394518ed4c.html>.
54. В Китае началось строительство первой в стране комплексной экспериментальной базы с интеллектуальной автомобильной сетью. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/0119/c31517-9317481.html>.
55. Chai Hua. Self-driving freight transport makes a debut at Zhuhai Port // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/24/WS5a67ca0fa3106e7dcc136208.html>.
56. Цзоу Чансэн. Синьнэнюань цичэ цзишэн шицзэ дии тидуй, цзишу чуансинь ши гуаньцзянь (Автомобили на новых источниках энергии становятся главным звеном в области мировых технологических инноваций) // 邹长森 新能源汽车跻身世界第一梯队技术创新是关键环球网 (Чжунго гунлу – Китайские дороги). – 2017. – № 7. – С. 40.
57. Китай планирует индустриализировать технологию «умных» автомобилей. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/0123/c31518-9418837.html>.
58. Capital releases nation's first guide for self-driving vehicles on roads. URL: http://en.ce.cn/main/latest/201712/19/t20171219_27314779.shtml.
59. Jing Shuiyu. China becoming focus of global automobile sector // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/03/WS5a4c2f00a31008cf16da4c1c.html>.
60. National rules drafted for car tests. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/23/WS5a6681d3a3106e7dcc135dde.html>.
61. Rearview mirror: Car industry's hot topics in 2017. Report: The future is clean and clever. URL: http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/08/WS5a52ff5da31008cf16da5bb2_5.html.
62. New sectors accelerate China's industrial growth in 2017. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/18/content_50241745.htm.

Автопробег газомоторной техники по маршруту Европа – Китай

72

Осенью 2018 года пройдет международный автопробег газомоторной техники по маршруту Европа – Китай. В Санкт-Петербурге состоялось совещание по вопросу подготовки к автопробегу. В мероприятии приняли участие представители ООО «Газпром газомоторное топливо», CNPC, КазМунайГаза и Юнипер Глобал Коммодитиз СЕ.

Создание международного транспортного маршрута Европа – Китай является одним из стратегических проектов, объединяющих Россию, Китай и Казахстан. Транспортный маршрут пройдет по историческому Шелковому пути, протяженностью 8,5 тыс. км, и позволит сформировать автомобильный грузопоток между крупнейшими странами Евразии.



Проект автомобильного коридора Западный Китай – Казахстан – Россия

При формировании международного транспортного маршрута на всем его протяжении планируется создать современную газозаправочную инфраструктуру. Работа по созданию газозаправочной инфраструктуры на маршруте Европа – Китай ведется в рамках сотрудничества Газпрома, КазМунайГаза и CNPC.

7 ноября 2016 года «Газпром» и CNPC подписали меморандум о проведении исследования возможности сотрудничества в области газомоторного топлива (ГМТ). Еще один меморандум был подписан 15 мая 2017 года. Тогда «Газпром», CNPC, ГК «Российские автомобильные дороги» и China Communications Construction Company договорились о взаимодействии в сфере развития автодорожной инфраструктуры маршрута Европа – Китай, а также в области применения на нем сжиженного газа в качестве моторного топлива.

5 октября 2017 года в рамках 7-го Петербургского Международного Газового Форума «Газпром», КазМунайГаз и CNPC подписали трехсторонний меморандум. Документ предусматривает сотрудничество по развитию сбытовой инфраструктуры природного газа на международном транспортном маршруте Европа – Китай. Компании договорились провести оценку потенциального количества газомоторных грузовых транспортных средств, а также объема потребления ГМТ в период до 2030 года на российском, казахстанском и китайском участках маршрута. Проведенный анализ будет служить основой для принятия решения о разработке трехсторонней дорожной карты по развитию сети газозаправочных объектов на маршруте Европа – Китай.

Для поддержки проекта и запланирован автопробег, который позволит проанализировать имеющиеся и наметить перспективные автодороги и инфраструктуру, а также провести испытание заводского транспорта, работающего на природном газе.

Старт автопробега запланирован в Пекине, финиш – в Санкт-Петербурге в рамках 8-го Петербургского Международного Газового Форума.

<https://neftegaz.ru/news/view/168786-Avtoprobeg-dlya-sotrudnichestva>

Когда морские суда перейдут с солярки на сжиженный газ

Надежды не оправдались

В мире только 117 судов используют сжиженный природный газ (СПГ) в виде топлива, примерно две трети из них задействованы в Европе. По мнению экспертов DNV GL, развитие рынка бункеровки, то есть заправки морских и речных судов сжиженным природным газом, столкнулось с серьезными трудностями. Классификационное общество изменило свой прогноз 2012 года, в котором предполагалось, что к 2020 году количество судов, использующих СПГ в качестве топлива, достигнет 1000 ед. Эта цифра была пересмотрена в сторону серьезного снижения – до 400...600 ед. Одной из главных причин такого развития ситуации, по мнению DNV GL, стало медленное создание бункеровочной инфраструктуры.

В 2011 году вступило в силу решение International Maritime Organization (ИМО) о запрете использования и транспортировки тяжелого жидкого топлива в водах Антарктики. К 2020 году Евросоюз планирует создать систему бункеровки СПГ как в морских портах, так и на внутренних водных путях. Сейчас активное создание мощностей для бункеровки сжиженным природным газом идет в крупнейших мировых портах Роттердама и Сингапура. Китай стал лидером по применению СПГ в качестве топлива на речном транспорте. Однако именно в последние годы индустрия морского транспорта столкнулась с серьезным кризисом, выразившемся в сокращении объемов грузоперевозок.



Бункеровка судна на СПГ в порту Роттердама

Несмотря на жесткие ограничения экологического законодательства в отношении выбросов судовладельцы предпочитают не строить новый флот на СПГ, а использовать на уже существующих судах экологичные сорта традиционных топлив.

ИМО подтвердила, что в 2020 году вводятся ограничения выбросов серы на морском транспорте в глобальном масштабе. Однако на фоне кризиса судовладельцам очень сложно оценить выгоды перехода на новый вид топлива.

Сегодня, по данным DNV GL, в мире только 117 судов используют СПГ в виде топлива, примерно две трети из них задействованы в Европе. Есть информация о заказах на строительство еще 111 таких судов. 114 модернизированных судов могут работать на СПГ.

Реализации надежд экспертов на рост рынка в дальнейшем способствуют многочисленные проекты по созданию бункеровочной инфраструктуры. Согласно последним данным DNV GL, в мире насчитывается 60 точек, где суда могут быть заправлены СПГ, включая Сингапур, Ближний Восток, Карибский бассейн и Европу. Приняты решения о создании 28 таких объектов, еще 36 находятся на стадии обсуждения. Из десяти крупнейших портов мира девять либо уже предоставляют услуги по бункеровке СПГ, либо смогут ее обеспечить к 2020 году.

Инфраструктура для СПГ-бункеровки

2017-й стал годом настоящего прорыва для бункеровочного рынка СПГ. Еще в начале года лишь одно судно – переоборудованный паром Seagas – могло предоставить подобные услуги. В 2018 году в мире будут работать уже по меньшей мере шесть судов-бункеровщиков. Total, Shell, Gas Natural Fenosa, ENN и Statoil объявили о планах создания новых судов для бункеровки. В ближайшем будущем такие проекты будут реализованы в Северной Европе, Мексиканском заливе (США), Сингапуре, Средиземном море и на Ближнем Востоке. Хорошие перспективы у СПГ в качестве топлива в Китае, Южной Корее и Японии: в этих странах на государственном уровне реализуются национальные стратегии по сокращению вредных выбросов.

Осенью концерн Shell установил в круизном терминале Роттердама Gate Terminal свое первое бункеровочное судно LNG Cardissa, рассчитанное на 6,5 тыс. м³ СПГ и предназначенное для заправки судов, приходящих в Нидерланды из портов Северо-Западной Европы. Строительство бункеровщика было профинансировано при поддержке Европейского союза и выполнено на южнокорейской верфи компании STX Offshore. По словам исполнительного вице-президента Shell Energy Стива Хила, СПГ в качестве топлива для морского транспорта сыграет важную роль в будущем энергетическом балансе. Компания собирается получать прибыль на всей цепочке создания стоимости в сегменте сжиженного природного газа.

Shell реализует или планирует еще несколько подобных проектов в бункеровочном бизнесе СПГ. Так, в соответствии с подписанным концерном в августе 2017 года контрактом на долгосрочный фрахт с компаниями Victrol NV и CFT еще одно неназванное судно на 3 тыс. м³ газа, согласно планам Shell, станет новым СПГ-бункеровщиком в порту Роттердама (так же, как и Cardissa), но будет предназначено для бункеровки во внутренних водах Нидерландов. Среди будущих потребителей СПГ в порту Роттердама – владельцы контейнеровозов, круизное судно Carnival, владелец земснарядов Van der Kamp, а также оператор танкерного флота российский Совкомфлот.

Другой проект концерна предполагает модификацию судна Coral Methane, построенного в 2009 году и предназначенного для перевозки 7551 м³ сжиженного газа

вдоль побережья Норвегии, в бункеровщик СПГ.

Shell также подписал долгосрочное соглашение об аренде бункеровочной баржи на 4 тыс. м³ для заправки СПГ на восточном побережье Соединенных Штатов. Одной из возможностей этого проекта рассматривается рост спроса на бункеровку газом со стороны круизных линий. В частности, Shell Trading (US) Company заключила контракт с недавно созданной компанией Q-LNG Transport, LLC на долгосрочный фрахт ходящей под флагом США бункеровочной СПГ-баржи на 4 тыс. м³, способной заправлять СПГ круизные суда на юге восточного побережья Соединенных Штатов. В свою очередь, Q-LNG подписала контракт с VT Halter Marine, Inc. на строительство баржи. В проекте также принимает участие Wärtsilä, которая поставит широкий спектр оборудования. Кроме того, базирующаяся в Новом Орлеане Harvey Gulf International Marine построила и зафрахтовала первые суда, ходящие на СПГ, для поддержки операций Shell по добыче углеводородов в Мексиканском заливе США.

У Shell есть и другие проекты по развитию морской бункеровки сжиженным природным газом, в том числе совместное предприятие с Keppel Marine в Сингапуре, а также подписанное рамочное соглашение с Qatar Petroleum для развития бункеровочной инфраструктуры в стратегических портах Европы, на Ближнем Востоке и в Азии. Компания планирует поставлять СПГ для первых в мире танкеров «Афрамекс» по перевозке нефти, работающих на сжиженном природном газе. Соответствующие договоренности концерн подписал в этом году с российским Совкомфлотом.

В апреле этого года Shell Western LNG B.V. и группа компаний Совкомфлот заключили соглашение о поставках с июня 2018 года газомоторного топлива на новые танкеры главного российского перевозчика нефти.

«Зеленые» «Афрамексы» дедвейтом 114 тыс. т будут заняты перевозкой нефти и нефтепродуктов на Балтике и в других акваториях Северной Европы. Бункеровка СПГ будет выполняться Shell в Роттердаме у терминала Gate со специализированного бункеровщика. Концерн также обеспечит заправку СПГ на других пунктах бункеровки судов в акватории Балтийского моря.

Shell – не единственная компания, инвестирующая в морскую СПГ-бункеровку. В феврале 2017 года Gas4Sea (принадлежит Engie, NYK Line и Mitsubishi) и Fluxys получили первый в мире построенный с нуля на верфи Hanjin Heavy Industries & Construction (ННЦ) бункеровщик СПГ Engie Zeebrugge (рассчитан на 5 тыс. м³ СПГ). 14 июня 2017 года с него была произведена заправка сжиженным природным газом в бельгийском порту Зебрюгге сразу двух принадлежащих компании UECC сухогрузов, предназначенных для перевозки автомашин, – Auto Eco и Auto Energy. Теперь эти операции проводятся каждую неделю.

Второе судно – Coralius на 5,8 тыс. м³. Это первый бункеровщик, построенный в Европе на верфи Royal Bodewes в Нидерландах. Он зафрахтован Skangas и выполняет поставки СПГ в Балтийском и Северном морях. Cardissa стала третьим построенным с нуля бункеровщиком, а четвертый проект реализуется в США, где бункеровочная СПГ-баржа Clean Jacksonville, построенная на Conrad Shipyards, будет установлена на терминале JAX LNG в Джексонвилле (Флорида) и станет снабжать СПГ двухтопливные контейнеровозы TOTE Maritime.

Самым первым судном, выполняющим с 2014 года бункеровку сжиженным природным газом в порту Стокгольма, стал переоборудованный паром Seagas. Это еще одно направление в развитии бункеровки СПГ, помимо строительства бункеровщиков с нуля. В начале этого года Seagas уже выполнил тысячную операцию. Главным клиентом переоборудованного судна стал паром Viking Grace.



Топливная перспектива

Спрос на СПГ растет как со стороны Китая с его переориентацией на экологически чистую энергетику, так и со стороны новых потребителей, например, Пакистана. Но страны АТР (Япония, Южная Корея и Китай), согласно прогнозам, останутся крупнейшими потребителями в ближайшие десятилетия. Именно на эти страны ориентирован «Газпром», выстраивающий стратегию выхода на рынки бункеровки СПГ.

Осенью 2017 года «Газпром» и японская Mitsui подписали соглашение о развитии проектов мало- и среднетоннажного производства СПГ. Компании планируют реализацию на территории Японии совместных проектов по производству, транспортировке и маркетингу СПГ. Кроме того, предполагается участие «Газпрома» в бункеровочных проектах СПГ в Японском море. Компании являются партнерами в проекте «Сахалин-2», в рамках которого работает завод по производству СПГ. В сентябре 2016 года «Газпром» и Mitsui подписали меморандум о взаимопонимании по СПГ-бункеровке, а в декабре 2016 года – соглашение о стратегическом сотрудничестве, включая договоренности о расширении проекта «Сахалин-2» и СПГ-бункеровке морского транспорта в Японском море.

Совкомфлот считает, что использование СПГ в качестве топлива повышает экономическую эффективность эксплуатации флота. Внедрение СПГ в сегменте крупнотоннажных перевозок в районах высокой интенсивности судоходства обусловлено эффективностью применяемых решений. Выступая в Москве в рамках «Транспортной недели 2017» в декабре 2017 года, генеральный директор Совкомфлота Сергей Франк рассказал, что компания приняла принципиальное решение перейти к использованию СПГ в качестве судового топлива.

«Морем перевозится более 80 % всех грузов мировой торговли и около 60 % внешнеторговых грузов РФ. По показателю вредных выбросов в атмосферу на единицу груза, перевезенного на единицу расстояния, морской транспорт является самым экологически чистым из всех видов транспорта. Год от года мировые стандарты в области экологии для морского транспорта повышаются, и это соответствует тенденциям и общественным ожиданиям по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду. Рост интенсивности глобального судоходства ставит вопрос о необходимости диверсификации видов топлива для отрасли и требует от судоходных компаний выверенной стратегии соответствия применительно к району плавания. Одним из наиболее перспективных способов дальнейшего снижения вредных выбросов в атмосферу является использование СПГ в качестве судового топлива», – отметил Франк.

Стремясь опережать требования международных морских конвенций, в 2017 году на базе обширного эксплуатационного опыта Совкомфлот в партнерстве с нефтегазовыми и судостроительными компаниями инициировал перевод целого сегмента танкерного рынка (танкеры «Афрамекс») на более эффективную «зеленую» технологию – на газомоторное топливо. По словам Франка, использование СПГ в качестве основного топлива позволяет снизить вредное воздействие на экологию, сократив выбросы оксидов серы в атмосферу на 100 %, а оксидов азота – на 80 %, а также повысить экономическую эффективность эксплуатации флота.

Проект реализуется Совкомфлотом совместно с «Роснефтью» и Shell. Компания планирует начать эксплуатацию «зеленого» танкера «Афрамекс» на СПГ с середины 2018 года. Судно предполагается использовать для коммерческих

перевозок в Балтийском и Северном морях. Первые «зеленые» «Афрамексы» заказаны в Южной Корее, а с 2020 года строительство танкеров на СПГ планируется начать на судостроительном комплексе «Звезда» на российском Дальнем Востоке.

Крупнейший российский перевозчик станет оператором нескольких «зеленых» «Афрамексов», построенных на «Звезде». Совкомфлот уже осуществляет технический менеджмент трех принадлежащих «Роснефти» танкеров ледового класса («РН Архангельск», «РН Мурманск», «РН Приводино» дедевитом 30 тыс. т каждый), задействованных в перевозках нефти и нефтепродуктов в Балтийском море и акваториях арктических морей.

В начале осени 2017 года Совкомфлот, «Роснефть», ССК «Звезда» и «Государственная транспортная лизинговая компания» подписали пакет соглашений о строительстве на российской верфи на Дальнем Востоке пяти нефтеналивных танкеров, ходящих на сжиженном природном газе, и их последующей эксплуатации. Суда дедевитом 114 тыс. т с ледовым классом 1А/1В планируется ввести в эксплуатацию в 2021 году.

Особые перспективы связаны с использованием газомоторного топлива в Арктике. Совкомфлот владеет газовозом «Кристоф де Маржери», задействованным при перевозке сжиженного природного газа НОВАТЭКа в рамках проекта «Ямал СПГ». Первый российский арктический проект по производству СПГ, стартовавший в декабре 2017 года, возможно, станет источником поставок сжиженного газа и для бункеровочных операций. Недавно анонсировано строительство четвертой линии в рамках «Ямала СПГ», что поддержит переход арктического региона на чистое топливо.

Проекты перевода арктического морского транспорта на использование СПГ в качестве топлива активно поддерживаются экологами. Всемирный фонд дикой природы (WWF) подготовил и выпустил в 2017 году доклад, посвященный этой теме.

Как считают экологи, 5 % сжиженного природного газа проекта «Ямал СПГ» будет достаточно, чтобы перевести на чистое топливо флот в акваториях арктических морей России, что предотвратит угрозу разливов нефтепродуктов.

По мнению экспертов, Северный морской путь мог бы стать первым глобальным маршрутом, где работают в основном суда на газе. Например, эксперт WWF Александр Климентьев так прокомментировал развитие проектов бункеровки сжиженным природным газом: «Ожидается, что бункеровка СПГ будет одним из самых быстрорастущих сегментов рынка. Уже к 2030 году ее доля может вырасти до 8 % мирового спроса на СПГ, каждая четвертая тонна прироста спроса будет предназначена для бункеровки. Россия не остается в стороне от этого процесса. Действует Псковский завод СПГ, продукция которого идет на бункеровку паромов в Балтийском море. Строятся и планируются к строительству еще четыре завода, которые, как ранее сообщалось, ориентированы именно на бункеровку: Высоцк, Владивосток, «Ямал СПГ» (четвертая очередь) и СПГ-Горская. На базе научно-исследовательского судна «Профессор Павловский» по заказу Минпромторга отрабатывается технология перевода судов на использование СПГ. ОСК, «Онежская верфь», «Костромская верфь» разрабатывают проекты судов-бункеровщиков. Для России наиболее перспективным регионом для бункеровки является Арктика. Именно для этой зоны идут крупные заказы на новые суда. Балтийское море в связи с развитием зоны SECA получает развитую инфраструктуру для бункеровки СПГ, но, с моей точки зрения, активного перевода на сжиженный природный газ флота под российским флагом не стоит ожидать в ближайшее время».

По материалам <https://newizv.ru/news/economy/>



Abstracts of articles

P. 9

Partially homogeneous combustion of traditional and alternative fuels in diesel engines

Part 2. Strategy of fuels injection

Revaz Kavtaradze, Tamaz Natriashvili, Merab Glonti, Elshan Bahramov

The factors complicating the application of the homogeneous combustion process are analyzed. Comparative analysis of various ways of realization of the perspective process for partially homogeneous combustion intended for a decrease of concentration of harmful substances in products of combustion of a diesel engine is shown. The ways of partial homogenization of combustion, including divided (homogeneous-heterogeneous) combustion (Split combustion) are studied. Based on the results of experimental studies and 3D modeling of the working process for various versions of diesel engines with partially homogeneous combustion, a multiple injection strategy has been defined, taking into account the degree of recirculation of exhaust gases, leading to a low-temperature combustion process and a marked improvement in the environmental characteristics of the diesel.

Keywords: diesel engine, partially homogeneous combustion, Homogeneous-heterogeneous combustion (Split Combustion), multi-injection, harmful emissions.

References

- Kavtaradze R.Z. Theory of reciprocating engines. Special chapters. 2nd edition. – M.: PH Bauman MSTU, 2016. – 590 p.
- Basshuesen R., Schäfer F. Handbuch. Verbrennungsmotor. 4. Aufgabe. – Wiesbaden: Vieweg & Sohn Verlag, 2007. – 1032 p.
- Ra Y., Reitz R.D. The Use of Variable Geometry Sprays with Low Pressure Injection for Optimization of Diesel HCCI-Engine Combustion. – SAE, 2005-01-0148.
- Study on burning in diesel (materials of the Congress CIMAC-2013) // Drive engineering. – 2016. – № 1. – P. 45-57.
- Kavtaradze R.Z., Natriashvili T.M., Zelentsov A.A. Ignition Delay and Emission of the Noxious Substances in Double-Fuel Engines Working on the natural Gas and Syngases // Chapter 15 (p. 109-120) in the Book: Innovative Methods for Improvement of Technical, Economic and Ecological Efficiency of Motor Cars (ISBN:978-1-63463-671-1). – New-York: NOVA-Publishers, 2015. – 138 p.
- Wesslau M., Bargende M., Haas S., Boulouchos K., Barroso G., Escher A. Homogene Dieselerbrennung – Verfahren zur Emissionsreduzierung. Teil 1: Untersuchungen am Pkw-Dieselmotor // MTZ. – 2006. – № 10. – p. 798-805.
- Müller E., Weiskirch Ch., Bach E., Emmrich Th., Bach E., Schneemann A. Homogene Dieselerbrennung – Verfahren zur Emissionsreduzierung. Teil 2: Untersuchungen am Nfz-Motor // MTZ. – 2006. – № 11. – p. 906-917.
- Schneemann A., Emmrich Th., Bach E. Oberflächentemperaturmessung und lokale Wärmeübergang // Informationstagung Motoren. Herbst 2006, Würzburg. Heft R 535 (2006). – p. 281-305.
- Henle A. Entkopplung von Gemischbildung und Verbrennung bei einem Dieselmotor: Dissertation. – München, 2006. – 193 p.
- König, G., Raab, A. Brennraum einer selbst zündenden Brennkraftmaschine Stuttgart, DaimlerChrysler AG, Patentschrift WO/2006/058640 (2006).
- Gatellier, B., Ranini, A., Castagné, M. New developments of the NADI concept to improve operating range, exhaust emissions and noise In: Oil & Gas Science and Technology // Rev. IFP – 2006. – Vol. 61. – Nr. 1. – p. 7-23.
- Lewander M., Jönansson B., Tunestal P., Keeler T., Tullis S., Milovanovich N. Evaluation of the Operating Range of Partially Premixed Combustion in a multi Cylinder Heavy Duty Engine with Extensive EGR. – SAE. 2009-01-1127.
- Hashizume T., Myamoto T., Akagawa H., Tsujimura K. Combustion and Emission Characteristics of Multiple Stage Diesel Combustion. – SAE Paper 980505, 1998.
- Shimazaki, N., Akagawa, H., Tsujimura, K. An experimental study of premixed lean diesel combustion. – SAE-paper 1999-01-0181.
- Weiskirch, C. Reduktion von NOx- und Partikelemissionen durch (teil-) homogene Dieselerbrennung. – Braunschweig, Technische Universität, Dissertation (2007).
- Kavtaradze R.Z., Sergeev S.S. New Alternative (Partially Homogeneous) Combustion Process as a Way to Reduce the Concentrations of Nitrogen Oxides and Soot in the Combustion Products of a Diesel // RAS. Thermal physics of high temperatures. – 2014. – V. 52. – № 2. – P. 294-309.
- Kavtaradze R.Z., Zinoviev I.A. Influence of partial homogenization of the combustion process on the environmental indicators of the diesel // Bulletin Bauman MSTU «Mechanical engineering». – 2016. – No. 4. – P. 113-127.
- Kavtaradze R.Z., Onischenko D.O., Zinoviev I.A., Golosov A.S. Influence of the Alternative Fuel Injection Process on Local Formations of Nitrogen Oxides and Soot in the Diesel Combustion Chamber // Bulletin of RAS. Power engineering. – 2016. – No. 5. – P. 152-159.
- Han X., Wang M., Zheng M. An Enabling Study of Neat n-Butanol HCCI Combustion on a High Compression-ratio Diesel Engine. – SAE Technical Paper. 2015-01-0001.
- Valentino G., Corcione E.E., Iannuzzi S.E., Serra S. Experimental study on performance and emissions of a high speed diesel engine fuelled with n-butanol/diesel blends under premixed low temperature combustion // Fuel. – 2012. – 92(1). – P. 295-307.
- Rahman A., Ramesh A. Effect of Split Injection on Combustion and Performance of a Biogas-Diesel Fueled PPCCI Engine. – SAE Technical Paper, 2015-24-2453.
- Kavtaradze R.Z. Improvement of ecological parameters of hydrogen diesel with direct injection of gaseous hydrogen // RAS. Problems of machine building and machine reliability. – 2016. – V. 45. – No. 4. – P. 20-29.
- Kavtaradze R.Z., Krasnov V.M. Effect of partial homogenization of the mixture on the formation of nitrogen oxides in the combustion chamber of a hydrogen diesel // Transport on alternative fuels. – 2016. – No. 2 (50). – P. 50-56.
- Kavtaradze R.Z. Thermophysical processes in diesel engines converted to natural gas and hydrogen. – M.: PH Bauman MSTU, 2011. – 238 p.
- FIRE. Users Manual // AVL List GmbH. – Graz (Austria), 2017.
- Alkidas A.C. Relationships between smoke measurements and particulate measurements // SAE Technical Paper 840412. – 1984. – 9 p.
- Kavtaradze R.Z., Onischenko D.O., Zelentsov A.A. Three-dimensional modeling of non-stationary thermophysical processes in piston engines. – M.: PH Bauman MSTU, 2012. – 85 p.
- Kavtaradze R., Natriashvili T., Zelentsov A., Glonti M. Lokal heat exchange in combustion chamber and the intensive heat state of the diesel piston, converted into the two-fuel engine // International Scientific Journal IFToMM «Problems of Mechanics». – 2013. – № 1 (52). – Pp. 55-61.
- Kavtaradze R.Z., Zelentsov A.A., Onishchenko D.O., Skripnik A.A. Simulation of Local Heat Transfer in Combustion Chamber of Aircraft Piston Engine / Proceedings AVL International Simulation Conference 2017, June 27–29, Austria, Graz. – 2017. – Pp. 1-7.
- Chang J., Güralp O., Filipi Z., Assanis D., Kuo T.W., Najt P., Rask R. New Heat Transfer Correlation for an HCCI Engine Derived from Measurements of Instantaneous Surface Heat Flux // SAE Technical Paper 2004-01-2996. – 18 p.
- Reitz R.D., Duraisamy G. Review of high efficiency and clean reactivity controlled compressionignition (RCCI) combustion in internal combustion engines // Progress in Energy and Combustion Science. – 2015. – V. 46. – P. 12-71.
- Reitz R.D. Das Diesel-Dilemma // MTZ. – 2016. – № 3. – P. 90.

P. 25

Reduction of smoke in diesel exhaust gases in high-mountain conditions

Nikolay Patrakhaltsev, Luis Lastra, Oleg Kamyshnikov

The problem of smoke reduction from exhaust gases and fuel gain in performance of diesel in high-mountain conditions is determined by addition a liquid state of liquefied petroleum gas (LPG) into diesel fuel during the process of fuel injection. The physicochemical and motor properties of LPG make it possible for diesel to function with low air excess coefficient with reduced smoke emission and more high fuel economy.

Keywords: diesel, gas-diesel, alternative fuel, liquefied petroleum gas, high-mountain conditions, toxicity, smoke emission.

References

- Patrakhaltsev N.N., Kamichnikov O.V. Hose Galdos Gomes. Use of liquefied petroleum gas in diesel for diminution of toxicity and smoke pollution in high – mountain conditions. // Dvigatelistroyeniye. – 2006. – № 3 (225). – P. 35-39.
- Patrakhaltsev N.N. Fuel system for gas-diesel process // Automobile industry. – 1988. – № 7. – P. 16-17.
- Lastra L., Kacho G.L., Patrakhaltsev N.N. Alternative method of effectiveness of diesel working rising in high – mountain conditions by accelerated of working process with mixture composition // Proceedings of university's. Mechanical engineering. – 1995. – № 4-6. – P. 38-45.
- Luis Lastra, Patrakhaltsev N.N. Elaboration of alternative methods of diesel working process in high – mountain conditions // Dvigatelistroyeniye. – 1993. – № 5. – P. 12-14.
- Mamedova M.D. Diesel working on liquefied petroleum gas. – M.: Mechanical engineering, 1980. – 60 p.
- Some opportunities of fuel economy by diesel – gas process with internal formation of mixture / N.N. Patrakhaltsev, V.I. Kulichkov, O.V. Kamichnikov ets. // Tractors and agricultural machinery. – 1990. – № 10. – P. 8-9.
- Patrakhaltsev N.N. Fuel systems with initial pressure regulation // Dvigatelistroyeniye. – 1980. – № 8. – P. 32-35.

P. 32

Rise of the liquefied natural gas market in the Danube region Analogies of the development of the LNG market in the Danube region and the region of the North and Baltic Seas

Andrey Konoplyanik, Alisa Sergayeva

The history of the formation of the market, as well as the entire industry of liquefied natural gas (LNG), is slightly more than half a century old. However, fourfold growth in the volume of its implementation over the past two decades, the emergence of efficient technologies in conjunction with new trading platforms demonstrate an increased interest in this industry and stimulate its further development.

Demand and supply of LNG are constantly growing under the influence of different drivers, which does not prevent all authoritative analytical agencies - for example, the International Energy Agency (IEA), the British oil and gas company British Petroleum (BP) and the Oxford Institute for Energy Studies (OIES) - to note the expected trend of growth in the share of liquefied gas to 25 ... 30% of the structure of the balance of energy carriers and the structure of fuel consumption by vehicles in the upcoming period until 2030.

Thus, the LNG industry is undoubtedly on the threshold of global transformation. In order to forecast its changes, it is necessary to analyze the factors that influence the rapid development of LNG markets.

On the example of the LNG market formation in the Danube region, this article describes and analyzes the development vector of the industry depending on various economic and political prerequisites affecting the global and regional energy markets. The article also noted what transformations may be required to expand the areas of application of low-tonnage LNG. In addition, the problems that arise before the main participants of the energy market and ways of their solution are considered.

Keywords: liquefied natural gas, SECA, transport corridors, the European Commission, EU policy, regasification terminals, bunkering fuel.

P. 53

The rapid development of vehicles on alternative fuel production in China

Segrey Sazonov, Chen Xiao

Chinese rapid economic development in the last 30 years led to the iterative increase of energy resources' consumption, and oil, above all. Considerable growth of population's income stimulated sharp increase both of production and sales volume, particularly in the Chinese big cities. These factors stipulated not only the strong dependence on oil import, but also sharpened the ecological situation in the Chinese megapolities. Furthermore, today, the leaders of Chinese government recognize that the era of cars with internal combustion engine comes to an end. Realizing negative global consequences, the government elaborated the plan of automobile industry development, based on power economy and new power engineering aimed at the creation of innovative motor vehicles fleet and transport infrastructure of a new generation.

Keywords: China, energy safety, environmental pollution, power economy, new energy, alternative energy, hybrid motor car, electric vehicle, technology perfection, tax remission, transport infrastructure, subsidy.

References

1. China's endeavor to build clean, beautiful country contributes to global ecological development. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/17/WS5a365d8ba3108bc8c67351df.html>.
2. China punishes automakers for environmental offences. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/14/WS5a5a3b12a3102c394518f0aa.html>.
3. Wu Yiyao (China Daily). E-car segment revs up to push throttle full forward. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-10/09/content_33013486.htm.
4. Wang Cong. No more fossil-fuel cars. China to phase out traditional autos, seek NEV dominance. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1066280.shtml> (Source: Global Times Published: 2017/9/13).
5. Premier Li stresses innovative capacity and competitiveness of economy. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/25/WS5a69561ca3106e7dccc1368c5.html>.
6. Seek Technological Revolution. URL: http://www.bjreview.com/Business/201707/t20170701_800099431.html.
7. Li Fusheng, Hao Yan. Sector predicts slower moving sales growth in current year // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/15/WS5a5c42a5a3102c394518f479.html>.
8. China's new energy vehicle industry on fast lane for growth. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-09/02/content_41520400.htm.
9. Chu Daye. Chinese NEV firms feeling bullish. URL: Source: Global Times. Published: 2017/10/10.
10. Zhou Chengxi. Xinyuanguan ciche tupo fazhan (Breakthrough in the development of new energy vehicles) // The monthly journal of the Ministry of Transport of the People's Republic of China (Qiche Yunshu – Road Transport). – 2018. – No. 3. – P. 38-44.
11. Guo Xiaoge, Zhao Wenxia. Jiang Xinyuanguan cichu fazhan tisheng zhi zhanglue gaode (Development of cars on new energy sources enters a new strategic level) // 郭小戈, 赵文霞 将新能源汽车发展提升至战略高度 (Zhongguo gonglu – Chinese roads) – 2017. – No. 5. – Pp. 4-10.
12. Li Fusheng. New energy vehicles – a case of too many, too soon? // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-10/30/content_33878738.htm
13. Chinese electric vehicle market sees more investment. URL: <http://en.people.cn/n3/2017/11/03/c90000-9288416.html>.
14. Infographics: Private Equity/Venture Capital Investment. URL: http://www.bjreview.com/Business/201708/t20170827_800103169.html; China to give foreign businesses better access to financial, auto industries. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/2017-11/09/content_34327992.htm.
15. Zheng Xin, Zou Shuo. China planning nationwide use of biofuel by 2020 // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/2017-09/14/content_31972205.htm.
16. Hao Yan. Chinese auto market braces for speed hump // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/25/WS5a405a49a31008cf16da33bd.html>.
17. Experts eye Tesla to spur China's electric vehicle market. URL: http://www.globaltimes.cn/content/840481.shtml#UvFBdf_sps (Дата обращения: 24.09.2017).
18. 42,800 new-energy vehicles exempt from purchase tax. URL: http://www.china.org.cn/business/2015-02/19/content_34858227.htm.
19. China extends purchase tax exemption for new energy vehicles. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/28/content_50172104.htm.
20. Zhang Cheng. Tsuzin sinyunyan cichae fazhan (To stimulate the development of cars using new types of energy) // 张澄. 促进新能源汽车发展 (Zhongguo gonglu – Chinese roads). – 2016. – No. 1. – P. 48-49.
21. New energy vehicle, IT shares drive profit growth. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/2018-02/12/content_28543941.htm.
22. Xinyuanguan cichue boote bani fabu, anh Zhongyang 50% zhisin (subsidies for cars on new energy sources are 50% financed from the central bank) // 新能源汽车补贴办法发布, 按中央50%执行 (Qiche Yongshu – Automobile transport). – 2017. – No. 12. – P. 12.
23. Li Fusheng. New energy vehicles – a case of too many, too soon? // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-10/30/content_33878738.htm.
24. Sales of cars on new energy sources doubled in October this year. URL: http://russian.china.org.cn/exclusive/txt/2017-11/11/content_50057743.htm; URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/12/content_50218469.htm.
25. China renews tax exemption to encourage technology imports. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/tech/2017-11/16/content_34596819.htm.
26. New energy car sales rev up. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/20/content_50113190.htm.
27. Ma Si, Cheng Yu. Rules set new targets for NEVs // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-09/29/content_32626296.htm.
28. Electric car industry shares boom on government plan. URL: http://en.ce.cn/main/latest/201709/12/t20170912_25909094.shtml.
29. Li Fusheng. China slams the brakes on new energy vehicle cheats // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-02/06/content_28111037.htm; Competition to drive stability. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-02/13/content_28178788.htm.
30. Haoige 2017 pandyan 2017 nian jiaotong yunshu hane dashi-jian (Chronicle of major events in the transport industry in 2017) // 好一个2017-盘点2017年交通运输行业大事件 (Zhongguo gonglu – Chinese roads). – 2018. – No. 2. – P. 2-7.
31. Battery technology steering e-car sales. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-08/09/content_30382027.htm.
32. China to quadruple new energy vehicle production by 2020. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-01/16/content_40108844.htm; Yang Zhongyang. Quality Essential for New-Energy Vehicle Sales. China's NEV market grows fast. URL: http://www.bjreview.com/Opinion/201703/t20170313_800090982.html.
33. China to build more charging points for electric vehicles. URL: http://www.china.org.cn/china/2017-02/10/content_40260230.htm.
34. China has one million new energy vehicles. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-08/14/content_41404392.htm.
35. Li Fusheng, Hao Yan Sector predicts slower moving growth in the current year // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/15/WS5a5c42a5a3102c394518f479.html>; Dianli fazhan "Shisanu" guihua phabu, gave tuiding sinyuanguan fazhan (Expanding the use of new energy sources in terms of energy development during the 13th Five-Year Plan) // Zhongguo zhenquanbao (China Securities Journal). – 2018. – No. 2. – P. 35-36.
36. New energy vehicle market continues expansion in 2017. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/12/content_50218469.htm.
37. Li Fusheng. Customers charged up about new choices for electric cars // China Daily. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-09/25/content_32446029.htm.
38. Li Xuesong. In the period to 2020, the process of the rapid development of Chinese cars using new energy sources will continue, 李雪松 中国新能源汽车2020将有飞跃发展 (Zhongguo gonglu – Chinese roads). – 2018. – No. 1. – P. 2-6.
39. German, Chinese carmakers to build e-vehicle production base (Beijing Economic Technological Development Area). URL: http://www.chinadaily.com.cn/regional/bda/2017-07/11/content_30082795.htm.
40. China will influence the structure of the world car market on new sources of energy. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2017/09/22/c31518-9272594.html>.
41. BYD chases 30 % of e-bus market in North America. URL: http://china.org.cn/business/2017-10/12/content_41720392.htm.
42. Chinese firm BYD opens electric bus factory in Hungary. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-04/05/content_28794281.htm.
43. China carmaker FAW to roll out 17 models by 2025. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/10/WS5a557a0ea3102e5b17371cd4.html>.
44. Li Fusheng. Ministry drafts policies to promote self-driving vehicles // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/22/WS5a65686ca3106e7dccc135c03.html>.
45. In 2017, sales of Chinese trucks "Zefan" set a new record. URL: http://russian.china.org.cn/business/txt/2018-01/23/content_50280972.htm.
46. In Chongqing, the industrial park of the digital economy "Liangjiang" began to operate. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/01/22/c31518-9417895.html>.
47. Wuhan to house China's first industry park for developing hydrogen fuel cells. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/24/WS5a3f7cc4a31008cf16da3260.html>.
48. «Hydrogen city» to be built in central China. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/22/WS5a65538ba3106e7dccc135b88.html>.
49. China to build national NEV technological innovation center. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/22/content_50270701.htm.
50. The capital of China will create the first special highway for conducting tests of unmanned vehicles. URL: http://russian.china.org.cn/china/txt/2018-01/06/content_50198324.htm.
51. Beijing cipher lushan de liangdian (Demonstration Road in Beijing) // 北京示范路上的亮点 (Zhongguo gonglu – Chinese roads). – 2018. – No. 3. – P. 9-10.
52. Beijing launches testing base for autopilot cars. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/02/WS5a4b278da31008cf16da4a96.html>.
53. China electric carmaker eyes autopilot model in 2019. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/12/WS5a582ab1a3102c394518ed4c.html>.
54. In China, the construction of the country's first integrated experimental base with an intelligent road network began. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/01/19/c31517-9317481.html>.
55. Chai Hua. Self-driving freight transport makes a debut at Zhuhai Port // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/24/WS5a67ca0fa3106e7dccc136208.html>.
56. Zou Changsheng. Sinyuanguan cichae jisheng shizhe di tidui, jishu chuansin shi guanjian (Cars on new energy sources become the main link in the world of technological innovation) // 邹长森 新能源汽车跻身世界第一梯队技术创新是关键环球网 (Zhongguo gonglu – Chinese roads). – 2017. – No. 7. – P. 40.
57. China plans to industrialize the technology of "smart" cars. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/01/23/c31518-9418837.html>.
58. Capital releases nation's first guide for self-driving vehicles on roads. URL: http://en.ce.cn/main/latest/201712/19/t20171219_27314779.shtml.
59. Jing Shuiyu. China becoming focus of global automobile sector // China Daily. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/03/WS5a4c2f00a31008cf16da4c1c.html>.
60. National rules drafted for car tests. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/23/WS5a6681d3a3106e7dccc135dde.html>.
61. Rearview mirror: Car industry's hot topics in 2017. Report: The future is clean and clever. URL: http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/08/WS5a52ff5a31008cf16da5bb2_5.html.
62. New sectors accelerate China's industrial growth in 2017. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/18/content_50241745.htm.

Авторы статей в журнале № 2 (62) 2018 г.

Бахрамов Эльшан Видади оглы,
аспирант МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва,
e-mail: elsbac@mail.ru

Глonti Мераб Галактионович,
докторант Института механики машин
им. Рафаэля Двали, Тбилиси,
e-mail: merabglonti@gmail.com

Кавтарадзе Реваз Зурабович,
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
м.т. 8 910 469-00-12, р.т. (499) 265-78-92,
e-mail: kavtaradzerz@mail.ru

Камышников Олег Викторович,
к.т.н., профессор Национального университета
Сан Августина. Перу, г. Аррекипа
(исп.: Universidad Nacional de San Augustin – UNSA),
e-mail: rkam88@gmail.com

Конопляник Андрей Александрович,
д.э.н., профессор Советник Генерального директора,
ООО «Газпром экспорт», профессор кафедры
«Международный нефтегазовый бизнес»
РГУ нефти и газа им. Губкина, со-руководитель
Рабочей группы 2 «Внутренние рынки»
Консультативного совета Россия–ЕС по газу

Ластра Эспироса Луис Антонио,
к.т.н., профессор Национального инженерного
университета Перу, г. Лима
(исп.: Universidad Nacional de Ingenieria – UNI)

Натриашвили Тамаз Мамиевич,
д.т.н., профессор, директор Института механики
машин им. Рафаэля Двали, Тбилиси, Грузия,
e-mail: t_natriashvili@yahoo.com

Патрахальцев Николай Николаевич,
д.т.н., Заслуженный работник высшей школы РФ,
профессор-консультант Университета дружбы
народов (РУДН),
д.т.: (495) 680-16-88, р.т. 952-62-47, м.т. 915 278-54-06,
e-mail: patrakhaltsev37@mail.ru

Сазонов Сергей Леонидович,
к.э.н., ведущий научный сотрудник
Института Дальнего Востока РАН (ИДВ РАН),
e-mail: sazonovch@mail.ru

Сергаева Алиса Алексеевна,
соискатель ученой степени к.э.н.,
РГУ нефти и газа им. Губкина, специалист развития
бизнеса ООО «Газпром газомоторное топливо»,
e-mail: sergaeva.a@gmail.com

Хазиев Анвар Асхатович,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»,
руководитель Центра технологической поддержки
образования МАДИ, доцент кафедры Эксплуатации
автомобильного транспорта и автосервиса,
руководитель испытательной лаборатории МАДИ-
ХИМ, к.т.н., доцент, (495) 155-0749, (916) 241-5644,
e-mail: madi-chim@mail.ru

Чэнь Сяо (КНР),
аспирантка Института Дальнего Востока РАН
(ИДВ РАН)
e-mail: xiaoxiao2016@yandex.ru

Contributors to journal issue No 2 (62) 2018

Bahramov Elshan,
post-graduate student of Bauman Stat TU, Moscow,
e-mail: elsbac@mail.ru

Chen Xiao,
postgraduate student, Institute of Far Eastern Studies
of the Russian Academy of Sciences (IFES RAS),
e-mail: xiaoxiao2016@yandex.ru

Glonti Merab,
Doctoral student, Raphael Dvali Institute of Machine
Mechanics, Tbilisi, Georgia,
e-mail: merabglonti@gmail.com

Kamychnikov Oleg,
Phd, prof. of National University of San Augustin,
Peru (UNSA)

Kavtaradze Revaz,
professor of Bauman Moscow State Technical University,
Doctor of Engineering,
mobile phone: 8 910 469-00-12,
office phone: (499) 265-78-92,
e-mail: kavtaradzerz@mail.ru

Khaziev Anvar,
docent of MADI (GTU), candidate of science,
phone: +7 (499) 155-0749, (916) 241-5644,
e-mail madi-chim@mail.ru

Konoplyanik Andrey,
Doctor of Economic Sciences, Adviser to the General
Director, OOO Gazprom Export, Professor,
International Oil and Gas Business Department,
Gubkin Russian State University of Oil and Gas,
Co-head of Working Group 2 «Internal Markets»,
Russia–EU Advisory Council on Gas

Lastra Luis,
Phd, prof. of National Engineering University,
Peru (UNI)

Natriashvili Tamaz,
Doctor of technical Sciences, professor,
director, Raphael Dvali Institute of Machine Mechanics,
Tbilisi, Georgia,
e-mail: t_natriashvili@yahoo.com

Patrakhaltsev Nikolay,
Dr.Sc., prof. of Department of Thermotechnics
and Thermal Engines of Russian Peoples' Friendship
University (RPFU), Moscow,
e-mail: patrakhaltsev37@mail.ru

Sazonov Segrey,
Candidate of Economical sciences, Leading Researcher,
Institute of Far Eastern Studies of the Russian Academy
of Sciences (IFES RAS),
e-mail: sazonovch@mail.ru

Sergayeva Alisa,
candidate for a degree, Gubkin Russian State University
of Oil and Gas, specialist in business development,
of OOO Gazprom Gas-Engine Fuel