



ISSN 2073-1329

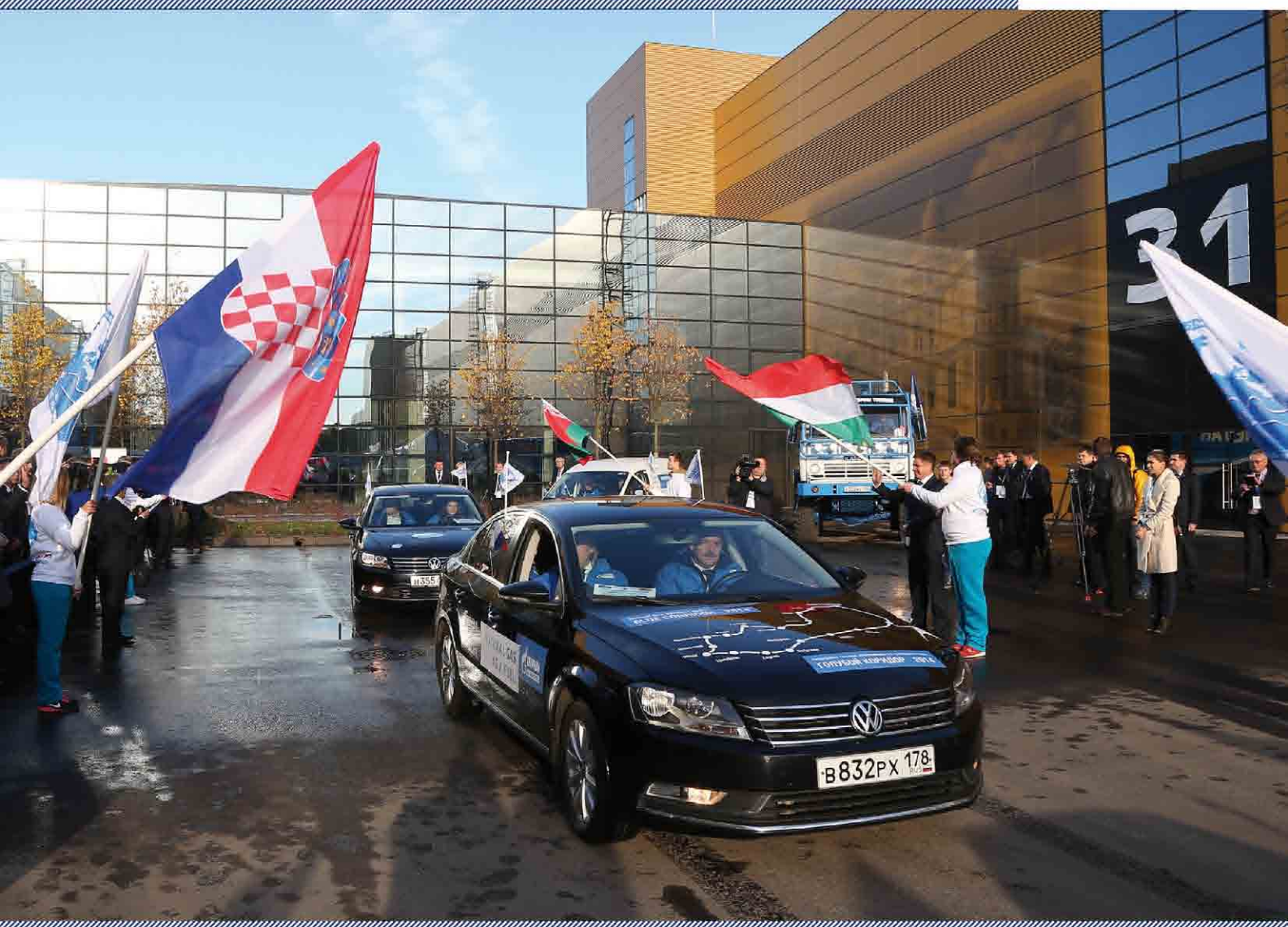
МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ВКЛЮЧЕН
В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

№ 6 (42)
2014



ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



Автопробег «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика»

**Использование газомоторного топлива
на автотранспорте в Китае**

Подготовка специалистов газовой отрасли

Учредитель и издатель

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

Периодичность

6 номеров в год

Главный редактор

П.Г. Цыбульский
генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

Члены редакционной коллегии

А. Беранек
генеральный директор ООО «ВИТКОВИЦЕ Рус» (Чехия)

Б.В. Будзуляк
председатель Комиссии по использованию
природного и сжиженного нефтяного газа
в качестве моторного топлива, 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 службы по связям с общественностью
и СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
заместитель главного редактора

С.И. Козлов
профессор, 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
член совета НГА

В.Л. Стативко
ветеран газовой отрасли, к.т.н.

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

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 готовых диапозитивов в ООО «Принт-Лидер»,
117186, Москва, ул. Нагорная, д. 15, корп. 8

Номер заказа

Сдано на верстку 15.10.2014 г.

Подписано в печать 15.11.2014 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

На обложке:

Старт автопробега

«Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика»

В НОМЕРЕ

Поздравление с Новым годом!	3
IV Петербургский Международный Газовый Форум	4
Потапенко М.С., Коклин И.М., Малёнкина И.Ф., Кутрышева Л.И. Исследование эффективности применения КПП способом любительских автопробегов	8
Белов М.Б., Варанкин М.В., Новицкий Я.Ю. Моторное топливо XXI века	14
Газпром развивает рынок ГМТ	20
Газпром внесет существенный вклад в энергообеспечение Азиатско-Тихоокеанского региона	21
Новые проекты по развитию производства СПГ	22
Акопова Г.С., Власенко Н.Л., Давыдова Д.О. Эколого-экономический анализ перспектив использования газомоторного топлива на автомобильном транспорте	23
Ковальчук Л.И., Мишачков И.В. Формирование экспериментально-теоретических моделей токсичных выбросов с ОГ двигателя с искровым зажиганием при работе на топливном газе	28
Панов Ю.В. Использование в учебном процессе имитатора системы управления впрыском газа для бензинового двигателя	34
Марков В.А., Девянин С.Н., Неверов В.А. Использование в дизелях смесевых биотоплив с добавками соевого масла	40
Патрахальцев Н.Н., Савастенко А.А., Аношина Т.С., Камышников Р.О. Анализ возможности снижения расхода топлива и токсичности выбросов дизеля на режимах малых нагрузок.	51
Бо Цао., Рачевский Б.С. Использование газомоторного топлива на автотранспорте в Китае	57
Пронин Е.Н., Носов А.М. Автопробег «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика»	62
Рынок СУГ: внесем ясность?	76
Abstracts of articles	79
Авторы статей в журнале № 6 (42) 2014 г.	80



«Alternative Fuel Transport» international science
and technology journal, No.6 (42) / 2014

Registered with the Federal Service for Supervision in Mass
Communications and Cultural Heritage Protection
Printed Matter Registration Certificate No. FS77-30114

Founder and Publisher

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

Published

6 issues a year

Editor-in-Chief

Tsybul'sky, P.G.

Director General of Gazprom VNIIGAZ, PhD

Editorial board members

Beranek Antonin

Director General
of VÍTKOVICE Rus (Czech Republic)

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

Kavtaradze, R.Z.

Professor of N.E. Bauman's MG TU, Doctor of Engineering

Klimova, T.V.

acting Head of Public and Mass Media Relations Service
of Gazprom VNIIGAZ, deputy chief editor

Kozlov, S.I.

Professor, 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 MG TU,

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.

member of the Council, NGVRUS

Stativko, V.L.

The vet of gas industry, Candidate of Science

Fateev, V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute,

Doctor of Chemistry

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.

Computer imposition

Sherstyuk, I.V.

Editorial office address:

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

Moskovskaya obl, 142717

www.ngvrus.ru

Order number

Passed for press on 15.10.2014

Endorsed to be printed on 15.11.2014

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

4th St. Petersburg International Gas Forum (SPIGF) 4

Maxim Potapenko, Ivan Koklin,

Irina Malenkina, Lubov Kugrisheva

Effectiveness analysis of CNG usage on bush car run 8

Maxim Belov, Maxim Varankin, Yan Novitskiy

The 21st century's petrol 14

Gazprom develops GVF

(gas-vehicle fuel) market 20

Gazprom will make a significant contribution

to the energy supply of the Asia-Pacific regiona 21

New development opportunities for LNG generation 22

Gretta Akopova, Nadejda Vlasenko, Daria Davydova

Ecological-economic analysis of the gas fuel usage
prospects for highway transportation 23

Leonid Kovalchuk, Ilya Mishachkov

Formation of the experimental and theoretical models

of toxic emissions from the exhaust gases of the engine

with spark ignition using fuel gas 28

Yury Panov

Teaching situation of a guidance

and control equipment simulator

of a petrol engine for gas run 34

Vladimir Markov, Sergey Devyanin,

Vsevolod Neverov

Using mixed biofuels with soybean

oil additions in diesel engines 40

Nikolay Patrakhalcev, Andrey Savastenko,

Tatiana Anoshina, Roman Kamyshnikov

Analysis of reducing fuel consumption

and toxicity of diesel emissions possibilities

on the modes of small loads 51

Tsao Bo, Boris Rachevsky

Gas-vehicle fuel usage in China 57

Eugene Pronin, Alexander Nosov

Blue Corridor 2014: Baltia – Adria 62

Clarifying the LNG market 76

Abstracts of articles 79

Contributors to journal issue No 6 (42) 2014 г. 80

Дорогие коллеги, друзья, ветераны газомоторного бизнеса!

Перед вами – заключительный в 2014 году номер журнала «Транспорт на альтернативном топливе». В предновогоднем номере мы сохраняем традицию кратко суммировать основные итоги уходящего года и адресовать всем вам пожелания от Национальной газомоторной ассоциации в наступающем 2015 году.

Уверен, 2014 год запомнится возрастающей активностью газомоторного бизнеса и участников газомоторного рынка. Эта тенденция обусловлена, главным образом, интересом Группы Газпром к этой сфере использования природного газа, а также деятельностью ООО «Газпром газомоторное топливо», единого оператора по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива, в части комплексного развития рынка ГМТ в Российской Федерации.

В 2014 году стал заметным рост числа организаций, вступивших в НП «НГА», упрочились внутренние связи и взаимодействие членов ассоциации, выросла их активность. И это один из самых позитивных и отрядных результатов нашей общей работы, главной целью которой по-прежнему является содействие развитию рынка экологически более чистых и экономически привлекательных видов топлива на транспорте.

Широк спектр деятельности организаций, входящих в ассоциацию. Он охватывает следующие области: транспортировка, хранение и реализация газовых видов топлива; проектирование, строительство и эксплуатация газозаправочных комплексов; производство газоиспользующего и газозаправочного оборудования, автомобилей и автобусов; транспортная и научно-техническая деятельность. В формате НГА ее члены успешно находят общий язык и ставят совместные задачи, чтобы способствовать внедрению новых технологий и активизации газомоторного рынка в России. Задача НГА в следующем году – сделать это взаимодействие еще более продуктивным.

В уходящем году Ассоциация имела возможность своевременно и максимально широко получать обратную связь от организаций-членов НГА по актуальным проблемам развития отрасли. В частности, этому способствовал формат научно-технических семинаров. НГА организовала и провела на базе ООО «Газпром ВНИИГАЗ» семинары по теме «Рынок газомоторного топлива: состояние, проблемы и перспективные пути развития» и «Потребительский рынок газомоторного топлива: состояние, проблемы и пути их решения», получив многочисленные положительные отклики от участников. Мы намереваемся развивать этот формат взаимодействия и популяризации ГМТ-тематики, так как наряду с членами НГА в семинарах принимают участие представители федеральных органов исполнительной власти, ведущие эксперты государственных структур, органов по сертификации, представители муниципальных образований, региональных транспортных компаний.

Нацеленность Ассоциации на диалог со всеми участниками способствовала презентации успешно реализуемых инфраструктурных проектов в области газомоторного бизнеса – в Республике Татарстан, Башкирии, Екатеринбурге и Свердловской области. Формат круглых столов и семинаров предоставил возможность открытого обмена мнениями по актуальным проблемам производства и использования природного газа в качестве моторного топлива, в том числе по разработке новых технических и технологических решений, нормативно-техническому обеспечению, опыту безопасной эксплуатации объектов газомоторной инфраструктуры, газобаллонных автомобилей, пожарной безопасности при хранении газобаллонных транспортных средств, сертификации транспортных средств, использующих природный газ в качестве моторного топлива, подготовке квалифицированных кадров, в том числе водителей газобаллонных транспортных средств и др.

Уважаемые читатели! Уверен, что многие из вас заметили, как преобразились в 2014 году и журнал «Транспорт на альтернативном топливе», расширивший рубрику и ставший ярче, динамичнее, и сайт НГА – www.ngvrus.ru. Все изменения направлены на максимально широкое информирование заинтересованной аудитории, привлечение новых читателей и авторов, поддержание достойного уровня нашего журнала, который является единственным в России, посвященным ГМТ-индустрии.

С надеждами и радостью мы будем сохранять приобретенный багаж нового опыта и в 2015 году. Наступающий год не станет для нас простым, но, совершенно очевидно, заставит нас развиваться, осуществлять международный обмен опытом и знаниями, углубляться в экономику, науку, экологию, продвигать внедрение новых видов топлива и технологий их производства, чтобы в итоге уверенно говорить о темпах развития рынка ГМТ в нашей стране.

Успешного вам завершения 2014 года, дорогие друзья, и плавного старта в 2015 году!

Пусть он принесет осуществление надежд и уверенность в завтрашнем дне!

Станислав Люгай,
исполнительный директор Национальной газомоторной ассоциации,
директор Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
к.т.н.

IV Петербургский Международный Газовый Форум

4

IV Петербургский Международный Газовый Форум впервые прошел в новом конгрессно-выставочном центре «ЭкспоФорум», построенном ОАО «Газпром» в Пушкинском районе Санкт-Петербурга. Новый выставочный центр стал самым современным в России и одним из крупнейших в Европе. В этом году участие в Газовом Форуме приняли порядка 1500 делегатов из 25 стран, а одной из ключевых тем мероприятия стала тема использования газа в качестве моторного топлива.



Торжественный старт автопробега
«Голубой коридор»



Цель пробега – демонстрация уникальных экологических и технико-экономических преимуществ природного газа над традиционными видами топлива

Газомоторный старт

В рамках торжественного открытия Форума Председатель Правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер дал старт автопробегу «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика».

Организаторами пробега выступили ООО «Газпром экспорт», ООО «Газпром газомоторное топливо», немецкий энергетический концерн «Э.ОН» и Национальная газомоторная ассоциация. С учетом стратегических интересов Группы Газпром в сфере использования газомоторного топлива на европейском рынке маршрут пробега в этом году был проложен по территории 17 государств Европы, включая страны инфраструктурного проекта «Южный поток». Общая протяженность маршрута составила более 6,5 тысяч километров. Участники преодолели это расстояние за 23 дня. На момент сдачи номера в печать колонна газомоторных автомобилей успешно завершила свой путь и вернулась в Санкт-Петербург (подробно об автопробеге читайте на стр. 62-75).

В рамках деловой программы по маршруту следования состоялись заседания тематических круглых столов и выставки газобаллонной техники. Например, в Милане, в рамках конференции, организованной Promgas S.p.A и Итальянской газомоторной ассоциацией (NGV Italy), прошел круглый стол, в котором приняли участие представители ООО «Газпром газомоторное топливо» и итальянские производители оборудования для газомоторной инфраструктуры Idro Meccanica, Safe, BRC, Ghergo, Vanzetti, FornovoGas.

В ходе заседания обсуждались вопросы локализации производства агрегатов на территории Российской Федерации. Было отмечено, что до конца 2015 года на производственных мощностях российских компаний планируется наладить узловую сборку оборудования АГНКС из импортных комплектующих. К концу 2016 года планируется достичь 50 % уровня локализации и до конца 2017 года увеличить данный показатель до 80 – 90 %.

Новый вектор экономики

Значительная часть конгрессных мероприятий Международного Газового Форума в этом году была посвящена газомоторной отрасли. Их организатором выступила компания «Газпром газомоторное топливо» – единый оператор по развитию рынка газомоторного топлива от ОАО «Газпром». Особое внимание привлекла конференция «Газомоторное топливо как новый вектор развития российской экономики».

В работе конференции приняли участие заместитель Министра энергетики Российской Федерации Кирилл Молодцов, Председатель правления – Генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Михаил Лихачев, а также руководители международных и европейских организаций, работающих над расширением возможностей применения природного газа на транспорте, – исполнительный директор NGV Global Диего Голдин, Президент NGV Italy Марияроза Барони и другие.

Участники конференции обсудили вопросы, касающиеся роли государства в развитии газомоторной отрасли, задачи российского рынка, международный опыт газификации транспортного сектора. Отдельный блок был посвящен обсуждению проектов в области создания газозаправочной сети на территории Российской Федерации, технического и технологического обеспечения развития рынка.

По словам Михаила Лихачева, использование природного газа в качестве моторного топлива – это мировой тренд. Российский рынок в целом готов к переходу на газ: есть стартовая газозаправочная инфраструктура, необходимый уровень развития технологий. Сегодня главная задача – заложить прочную основу для реализации этого масштабного инфраструктурного проекта.

Транспорт и технологии

Создание газозаправочной инфраструктуры должно стать мощным толчком для широкого распространения природного газа в качестве моторного топлива. Перспективы внедрения энергоэффективных решений в транспортном комплексе страны, опыт производства и эксплуатации газобаллонной техники и оборудования стали темами обсуждения круглого стола «Техника завтрашнего дня: транспорт, оборудование и заправочная инфраструктура газомоторной отрасли».

Участниками и слушателями дискуссии стали специалисты ведущих отечественных и зарубежных компаний-автопроизводителей, руководители транспортных предприятий, представители банковской сферы, производители основного технологического оборудования газозаправочной инфраструктуры.



Генеральный директор
ООО «Газпром газомоторное топливо»
Михаил Лихачев



В конференции «Газомоторное топливо как новый вектор развития российской экономики» приняли участие более 200 человек



Макет автомобильной газонаполнительной
компрессорной станции



Одной из главных тем ПМГФ-2014 стало развитие рынка газомоторного топлива

ными производителями, а также крупнейшими поставщиками газомоторных транспортных средств.

Стороны создали рабочие группы и наладили ежеквартальный обмен информацией о количестве выпущенных автомобилей в газобаллонном исполнении и начале строительства, а также местоположении новых АГНКС. Это позволяет синхронизировать строительство газозаправочной сети с поставками техники в регионы. Кроме того, продолжается совместная работа над созданием единой он-лайн площадки для продвижения и продажи газомоторной техники на российском рынке.

Участники круглого стола отметили, что в результате проводимой работы предприятия получают гарантированный пакет заказов, отрасль – качественное оборудование и комплектующие, а потребитель – широкий выбор газомоторного транспорта.

Отраслевое законодательство

Законодательные аспекты развития российского рынка газомоторного топлива эксперты отрасли обсудили в рамках круглого стола «Государственная политика на рынке газомоторного топлива: законодательные и экономические стимулы».

В дискуссии приняли участие представители федеральных органов власти, руководители российских и зарубежных топливных и транспортных компаний. Участники круглого стола познакомились с зарубежным опытом

Чтобы обеспечить потребность отрасли в качественном оснащении АГНКС «Газпром газомоторное топливо» ведет работу по локализации в России производства современного оборудования ведущих мировых производителей. По результатам переговоров были определены 12 отечественных предприятий, рассматриваемых для локализации производства основного технологического оборудования АГНКС на территории Российской Федерации. По информации ООО «Газпром газомоторное топливо», до конца 2014 года планируется разработать и утвердить комплексный План локализации, провести встречи с российскими и зарубежными компаниями и по итогам встреч заключить Соглашения о сотрудничестве.

Для обеспечения российского рынка широкой линейкой газобаллонных транспортных средств ООО «Газпром газомоторное топливо» заключило соглашения о взаимодействии с 24 российскими и иностран-

регулирования рынка газомоторного топлива, текущими изменениями федерального законодательства, инициативами Правительства РФ по расширению использования природного газа на транспорте. Представители национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» провели презентацию модельной государственной программы «Стимулирование использования газомоторного топлива и развития газозаправочной инфраструктуры в субъекте РФ на 2015-2023 годы».

При Правительственной комиссии по вопросам ТЭК, воспроизводства минерально-сырьевой базы и повышения энергетической эффективности создана Рабочая группа по вопросам использования природного газа в качестве моторного топлива. В рамках Группы ООО «Газпром газомоторное топливо» совместно с федеральными ведомствами и организациями ведет активную работу по совершенствованию отраслевого законодательства. В первую очередь инициативы компании направлены на устранение избыточных требований к строительству и размещению объектов газозаправочной инфраструктуры.

На рассмотрение в федеральные ведомства уже направлено более 30 инициатив. Часть из них одобрена и поддержана органами власти:

- Роспотребнадзором утверждены Изменения №4 в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов», предусматривающие снижение класса опасности и сокращение размеров санитарно-защитных зон для КриоАЗС и АГНКС;
- взамен устаревших НПБ 111-98 МЧС России утвержден Свод Правил «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности»;
- Ростехнадзором утверждены Федеральные нормы и «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

По мнению экспертов, работа по совершенствованию нормативно-правовой и нормативно-технической базы должна быть продолжена. Эффективное развитие отрасли требует адаптации действующего законодательства к современным реалиям. Одной из задач является гармонизация национальных стандартов с требованиями стран Европейского Союза в целях унификации требований к качеству газомоторного топлива, газозаправочному и газоиспользующему оборудованию. Это оптимизирует процессы экономической интеграции Российской Федерации с европейскими партнерами и ускорит развитие рынка газомоторного топлива в России.

Важно понимать, что развитие рынка газомоторного топлива – это, в первую очередь, инфраструктурный проект. Поэтому задача государства, как регулятора отрасли – снятие административных барьеров для строительства газозаправочной сети. В этой части самой актуальной проблемой отрасли остается устаревший механизм ценообразования на газомоторное топливо. Стоимость реализуемого топлива является определяющим фактором окупаемости инвестиционных проектов, а посему решение проблемы ценообразования остается в числе приоритетны и продолжается активное обсуждение вопроса о необходимости внедрения рыночных механизмов ценообразования на компримированный природный газ (КПГ). Уровень цен на КПГ должен обеспечивать экономическую целесообразность строительства газовых АЗС, производства газобаллонного транспорта и оборудования.

Было отмечено, что формирование законодательной базы – долгосрочный системный процесс, который закладывает фундамент развития отрасли.

Исследование эффективности применения КПГ способом любительских автопробегов

М.С. Потапенко, механик ЗАО «Осколцемент»,
И.М. Коклин, заведующий Невинномысским филиалом кафедр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, д.т.н.,
И.Ф. Малёнкина, начальник лаборатории ОАО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
Л.И. Кутрышева, инженер Невинномысского отделения Центра подготовки кадров ООО «Газпром трансгаз Ставрополь», к.т.н.

Статья посвящена исследованиям технико-экономических параметров и методам оценки эффективности применения в качестве топлива компримированного природного газа легковым автомобилем в городских и трассовых условиях движения.

Ключевые слова:

экономическая эффективность, система газоснабжения автомобилей КПГ, любительский автопробег на КПГ.

Природный газ обладает уникальной комбинацией технико-экономических и экологических показателей (стойкость к детонации, благоприятные условия смесеобразования, широкие пределы воспламенения с воздухом), что позволяет его использовать в качестве моторного топлива как главной альтернативы традиционным видам топлива – бензину, дизельному топливу, керосину [1, 2].

Двигатель внутреннего сгорания обязан своим появлением именно газу. Это изобретение позволило человеку переложить физическую нагрузку на машины, увеличить скорость передвижения.

Природный газ на 90...97 % состоит из метана, поэтому его свойства близки к свойствам метана, обладающего лучшими моторными качествами. Возможность доставки газа по Единой системе газоснабжения (ЕСГ) позволила компримированному природному газу (КПГ)

найти наиболее широкое применение на всем постсоветском пространстве [3, 4].

В настоящее время правительством РФ уделяется пристальное внимание вопросам использования газомоторного топлива [5, 6]. Так, на заседании правительства 13 мая 2013 г. президент Российской Федерации В.В. Путин подчеркнул необходимость «...повышать интерес покупателей к газобаллонным автомобилям, активней разъяснять их технические и экономические преимущества...». Министр энергетики РФ отметил, что еще недостаточно позитивно освещается то, что «...газомоторное топливо – это более экологичный вид топлива, и его нужно использовать не только в промышленности, но и в повседневной деятельности» [7].

Лучший пример для расширения рынка КПГ – это демонстрация практического опыта. Хорошим способом популяризации газомоторного топлива

являются автопробеги, успешно проводимые как в нашей стране, так и за рубежом [8-11].

История применения газомоторного топлива на транспорте в России началась в 1946 г. с автопробега по маршруту Берлин – Киев – Москва протяженностью 2603 км, организованного по предложению академика Е.А. Чудакова – руководителя автомобильной лаборатории и президента АН СССР, автора первого капитального труда в области автомобилестроения «Динамическое и экономическое исследование автомобиля», написанного в 1928 г. [12].

Для пропаганды достижений в создании газобаллонного автомобиля в 1991 г. был проведен второй в истории пробег по Европе, в котором приняли участие газобаллонные автомобили 16 иностранных фирм и 12 ед. отечественной техники, в том числе шесть машин с газобаллонной аппаратурой для КПП и шесть – для сжиженного углеводородного газа (СУГ).

В наши дни автопробеги, проводимые ОАО «Газпром», стали традицией, наглядно демонстрирующей экологическое значение и экономическую целесообразность использования газомоторного топлива (ГМТ) в автомобилях [1, 2, 7]. В результате проведенных пробегов получены следующие данные: сведения о необходимых дополнительных местах размещения заправочных пунктов; технико-экономические и эксплуатационные характеристики автотранспортных средств, работающих на газе; длительность максимально возможных пробегов на одной заправке для разных типов и модификаций автомобилей; удельные расходные и стоимостные показатели на километр пробега и т.д.

Ниже представлены результаты эксплуатации легкового автомобиля, работающего на КПП, в современных условиях Москвы и трассовых условиях Московской области с плотным и напряженным дорожным движением.

Автомобиль Chevrolet Lanos оснащен

газобаллонной системой OMWL четвертого поколения с распределенным впрыском газа, что делает его двухтопливным с автоматическим переключением бензин/природный газ. В комплекте с газовой аппаратурой использован газовый металлопластовый баллон объемом 80 л, вмещающий 18 м³ природного газа. Это количество газа приблизительно эквивалентно 18 л бензина. Исследовано влияние режима дорожного движения на расход топлива. Принят период исследования – один год. Постоянное место стоянки автомобиля г. Москва, ул. Никулинская, в районе метро «Юго-Западная».

Возможность заправки компримированным природным газом в Москве предоставляется четырьмя действующими АГНКС (рис. 1), расположенными на Московской кольцевой автомобильной дороге (МКАД):

- № 1 – пересечение МКАД, 23 км и Каширского ш.;
- № 2 – пересечение МКАД, 72 км и Путиловского ш.;
- № 8 – МКАД, 79 км, ст. Левобережная;
- № 10 – МКАД, 43-й км.

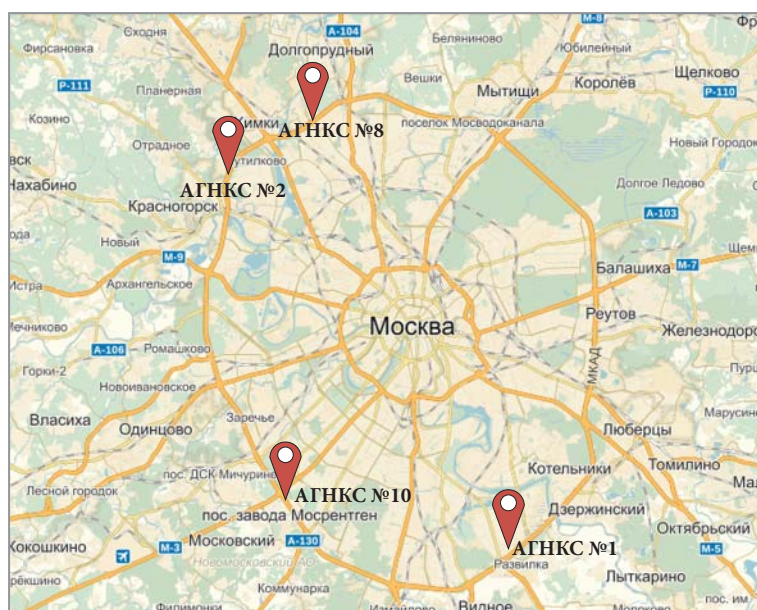


Рис. 1. Схема размещения действующих АГНКС г. Москвы

АГНКС № 10 расположена на расстоянии 5 км от места стоянки автомобиля и наиболее часто посещается объектом исследования (около 100 заправок в год).

За время наблюдений пробег составил 31 153 км, из них 2 480 км пройдено на бензине, остальной путь – на КПП (92 % общего годового пробега). В условиях московских пробок расход газа составил 9,8 м³ на 100 км пробега. Паспортный расход автомобиля в городском цикле составляет 10 л на 100 км. При этом общеизвестно, что в городских пробках при частых торможениях и остановках на светофорах и пешеходных переходах, как правило, увеличиваются и расход бензина, и выброс выхлопных газов.

Об эффекте использования КПП можно судить по следующим показателям.

Было проведено более 80 замеров расхода КПП и значений пробега на газовом топливе. Цена метана в Москве на 01.01.2012 г. составляла 13,9 руб./м³, бензина Аи-92 – 29,4 руб./л. Затраты на переоборудование автомобиля на природный газ составили 41 800 руб., в том числе: комплект газобаллонной аппаратуры производства OMVL (Италия) – 26,8 тыс. руб., монтаж газобаллонной аппаратуры – 4,5 тыс. руб., наладка оборудования – 500 руб., баллон газовый

металлопластиковый производства ИЖМАШ (Россия) 6/у объемом 80 л – 10 тыс. руб. Расчеты показали, что в условиях Москвы стоимость 1 км пробега на КПП в 2,5 раза ниже, чем на бензине, что позволило в течение года окупить затраты на переоборудование автомобиля.

При эксплуатации выявлена особенность разного объема наполнения газового баллона при колебаниях температуры окружающего воздуха. В частности отмечено, что при температуре 33 °С объем наполнения равен 15,4 м³, а при температуре –27 °С – 24,1 м³.

За период наблюдений было выполнено три трассовых пробега.

Первый пробег состоялся 5-12 мая 2012 г. по маршруту Москва – Минск – Брест – Минск – Москва (рис. 2), протяженностью 2753 км. Для данного маршрута характерно движение по высокоскоростной магистрали со средней скоростью 140 км/ч, средний расход топлива составил 11,2 м³ на 100 км. На всех АГНКС Белоруссии установлена одна цена на КПП (7 руб. 40 коп.). На одной газовой заправке автомобиль преодолевает до 290 км. В Москве пробег на одной заправке КПП при скоростном режиме 90 км/ч составляет 180...200 км.

Из общего пробега в 2 753 км путь

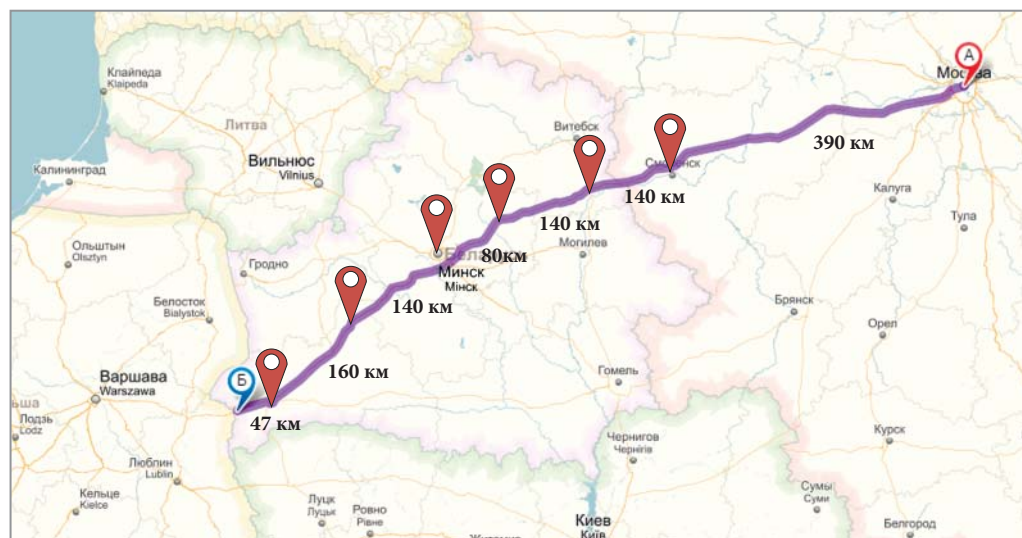


Рис. 2. Маршрут автопробега Москва – Брест – Москва

на газовом топливе составил 2 121 км, на бензине – 632 км. Затраты на газ составили 1 108 руб., на бензин – 1 150 руб. То есть на данном участке 1 км пробега на КПГ обходится в 0,523 руб., а на бензине – 1,82.

Второй пробег проведен 1-6 мая 2013 г. по маршруту Москва – Киев – Одесса – Москва. На маршруте заправка автомобиля осуществлялась на АГНКС в гг. Москва, Коломна, Брянск, Шостка, Нежин, Киев, Белая Церковь, Умань, Одесса (рис. 3).

На территории Украины сеть метановых газовых заправок на дату проведения пробега была достаточно развита, что позволило пройти маршрут протяженностью 2 621 км на КПГ, хотя и без бензина не обошлось. Пробег на бензине составил 150 км, цена топлива на Украине была следующей: бензин – 42 руб./л, КПГ – 24,5 руб./м³. Затраты на КПГ составили 3 700 руб., а на бензин – 370 руб. То есть стоимость километра пробега на КПГ составила 1,5 рубля, а на бензине – 2,47 рубля.

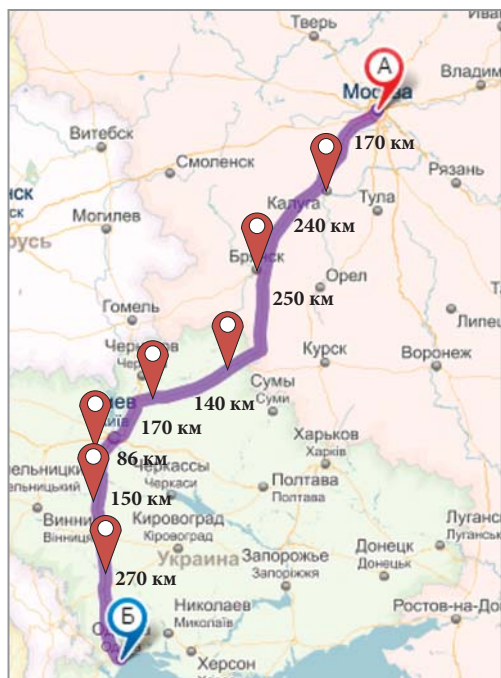


Рис. 3. Маршрут пробега Москва – Одесса – Москва

Третий пробег прошел по маршруту Москва – Воронеж – Ростов-на-Дону – Невинномысск. Пробег по этому маршруту выполнялся многократно в течение двух лет. Заправка осуществлялась на АГНКС в гг. Москва, Новомосковск, Воронеж, Шахты, Куцевская, Кропоткин, Невинномысск (рис. 4). Общая протяженность пробега в данном направлении насчитывала 1450 км, из которых 350 пройдено на бензине, остальной путь – на КПГ. Причиной передвижения на бензине являлось отсутствие АГНКС на участках Новомосковск – Воронеж и Воронеж – Шахты. Удаленность заправокных комплексов на этом маршруте привела к увеличению общей протяженности пробега на 97 км за счет заезда на АГНКС в Новомосковске, Воронеже, Шахтах. При этом потеря времени в пути в среднем составляет 1 ч 16 мин.

Затраты на топливо составили 1590 руб., из них 890 руб. на КПГ и 700 руб. на бензин. Удельная стоимость 1 км пробега на КПГ составила 0,81 руб., на бензине – 2,0 руб.

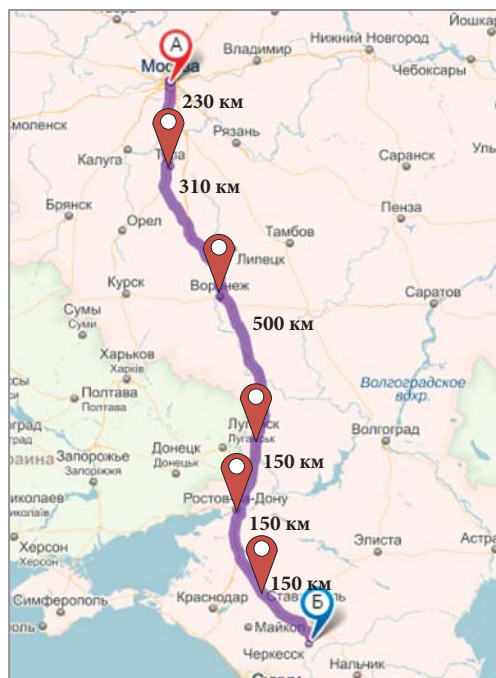


Рис. 4. Маршрут пробега Москва – Ростов-на-Дону – Невинномысск

Приведенные данные свидетельствуют о значительной выгоде использования газомоторного топлива.

Описанные автопробеги, наряду с демонстрацией экономических преимуществ использования КПП, служат наглядным доказательством, опровергающим ошибочное мнение владельцев автомобилей о том, что метан опаснее бензина. Природный газ является самым безопасным видом моторного топлива по следующим причинам.

1. Главным его компонентом является метан, который почти в 2 раза легче воздуха. КПП хранится на борту автомобиля в баллонах под давлением. В случае разгерметизации оборудования газ выходит направленной струей, быстро поднимаясь вверх независимо от пространственного положения газобаллонной аппаратуры, и рассеивается, так как легче воздуха. В отличие от метановых машин в автомобилях, работающих на бензине, дизельном топливе, пропан-бутановой смеси, нарушения герметичности топливной системы приводят к проливу топлива и образованию в приземном пространстве взрывоопасной газозооной смеси за счет его испарения и смешивания его паров с воздухом.

В этом случае зона пролива находится в непосредственной близости к человеку и в случае воспламенения имеет большую поверхность горения. Таким образом, хранение газа на борту автомобиля под высоким давлением намного безопаснее.

2. Нижний предел самовоспламенения у метана 650 °С, бензина 550 °С, пропан-бутановой смеси 500 °С, дизельного топлива 320 °С. Таким образом, за счет высокой температуры воспламенения метана его пожароопасность ниже, чем у других видов топлива.

3. Диапазон пожароопасных концентраций метана находится в пределах 4,4...17,0 % (доля в объеме газозооной смеси – ГОСТ 52136–2003). Для сравнения приведем пожароопасные концентрации паров других топлив: керосина – 0,7...5,0 %, бензина – 1,4...7,4 %, дизельного топлива – 1,1...8,0 %, пропан-бутановой смеси – 1,8...8,6 %. Эти цифры говорят о том, что у метана самый высокий нижний предел пожароопасной концентрации.

Уровень безопасности также подтверждают данные статистики России и США (таблица) [13, 14].

Таким образом, проведенные автопробеги и результаты экономических

Уровень безопасности использования КПП

Россия*	США**
<p>За период 2000-2004 гг. в России зарегистрировано 212 пожаров газобаллонных транспортных средств. При этом по данным Академии ГПС МЧС России, ГУГПС МЧС России в эксплуатации находилось 400 тыс. ед. ГБА. 91 % из них использовали сжиженный пропан-бутан, 9 % – работали на КПП.</p> <p>На автомобилях, работающих на КПП, не зафиксировано ни одного случая возгорания.</p>	<p>В 98 тыс. аварий газобаллонных автомобилей, работающих на КПП, не отмечено ни одного возгорания.</p> <p>За 10 лет эксплуатации 2 400 автомобилей, работающих на метане, было преодолено суммарно 280 млн. км и зафиксировано 1360 столкновений с их участием. В 180 случаях удар приходился в зону размещения баллонов высокого давления, но ни один баллон не был поврежден.</p>

*Данные ГУГПС МЧС России.

** Данные американской газовой ассоциации (АГА).

расчетов практически подтверждают безопасность эксплуатации и экономическую эффективность использования автомобилей, работающих на КПП. Надеемся, что этот опыт поможет автолюбителям в выборе автомобиля.

В заключение хочется привести слова академика Е.А. Чудакова

тридцатилетней давности. На вопрос корреспондента журнала «За рулем» «Не хотелось ли с автомобильной тематики переключиться на корабельную или авиационную?» Евгений Алексеевич ответил: «...Автомобиль, пожалуй, важная машина двадцатого века» [15].

Литература

1. **Сахаров С.А., Пронин Е.Н.** Золотой век метана // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5. – С 45-48.
2. **Гайнуллин Ф.Г., Гриценко А.И., Васильев Ю.Н., Золотаревский Л.С.** Природный газ как моторное топливо на транспорте. – М.: Недра, 1996. – 255 с.
3. **Коклин И.М., Потапенко Е.С., Малёнкина И.Ф.** Развитие региональных систем газоснабжения для обеспечения потребителей газомоторным топливом // АГЗК+АТ. – 2013. – № 5. – С. 7-18.
4. **Ткаченко И.Г.** «Газпром трансгаз Ставрополь»: опыт использования КПП // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 1. – С. 27-29.
5. **Аксютин О.Е.** Актуальные задачи по замене муниципального автотранспорта автомобилями на газомоторном топливе и расширение сети газовых заправок // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 1. – С. 33-36.
6. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 13 мая 2013 г. № 767-р «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива» // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5 (35). – С. 5-6.
7. **Дементьев В.В., Коклин И.М.** О программе строительства АГНКС и КриоАЗС с целью расширения газомоторного рынка // АГЗК+АТ. – 2014. – № 4. – С. 34-50.
8. Панорама автопробега // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 1. – С. 4-9.
9. Автопробег «Голубой коридор» стартует 17 сентября // Транспорт на альтернативном топливе. – 2010. – № 5. – С. 3.
10. **Коклин И.М., Потапенко Е.С., Малёнкина И.О., Штепа М.В.** Ставропольский опыт автопробегов: исследование эффективности использования ГБТ // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – №1. – С. 37-41.
11. Автопробег газовых автомобилей «Голубой коридор – 2013: «Ганза» // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5. – С. 49.
12. **Васильев В.Н., Гриценко А.И., Золотаревский Л.С.** Транспорт на газе. – М.: Недра, 1992. – 342 с.
13. **Васюков Г.В., Корольченко А.Я., Рубков В.В.** Пожарная безопасность газобаллонных автомобилей // Автомобильная промышленность. – 2016. – № 2.
14. www.kamaz.ru.
15. За Рулем. 1984. – № 11. <http://own.in.ua/view/item/1167>.

Моторное топливо XXI века

14

М.Б. Белов, аспирант института экономики Уральского отделения РАН,
М.В. Варанкин, аспирант Уральского энергетического института Уральского федерального университета,
Я.Ю. Новицкий, магистрант Уральского института Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

В статье рассмотрены области применения природного газа, в том числе в качестве моторного топлива. Приведены мировые данные о развитии рынка природного газа в качестве моторного топлива. Приведены сравнительные характеристики природного газа по отношению к другим видам моторных топлив. Выявлены проблемы газификации транспорта в РФ. Представлено сложившееся положение дел на газомоторном рынке РФ, потенциально способствующее решению выявленных проблем.

Ключевые слова:

природный газ, газомоторное топливо, АГНКС, КПП, СПГ.

Природный газ (метан) играет одну из ключевых ролей в мировом энергопотреблении, являясь относительно доступным по цене, экологичным и надежным источником энергии. Мировые запасы природного газа существенно превышают запасы нефти. По данным на конец 2013 г. они составили 185,7 трлн м³, из которых 16,9 % находятся в России [1].

Структура мирового запаса показана на рис. 1.

За последние 40 лет добыча природного газа в мире увеличилась более чем в 3 раза и в 2013 г. достигла 3 435 млрд м³, что на 10,5 % больше, чем в 2012 г. Согласно данным Международного энергетического агентства [2] за 2013 г., Россия занимает второе место по добыче природного газа (656 млрд м³ в 2012 г.).

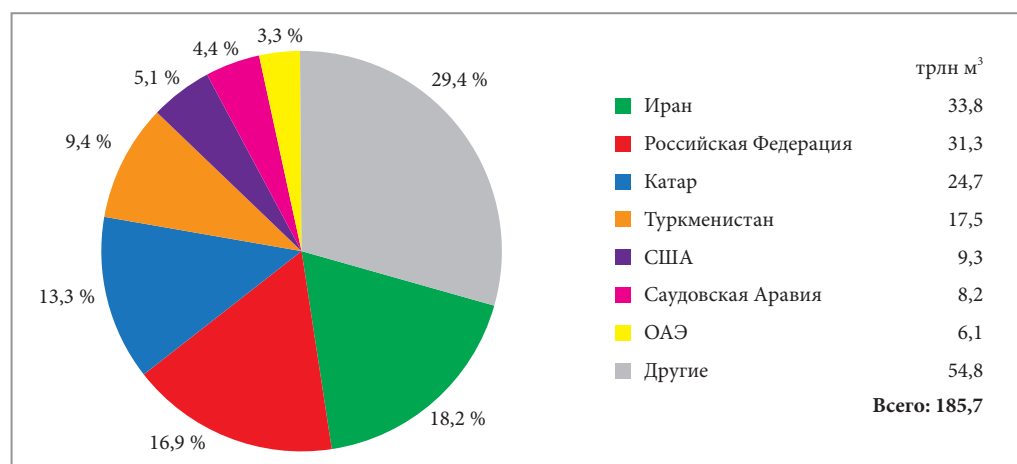


Рис. 1. Мировые запасы природного газа (к категории «Другие» отнесены страны, чьи подтвержденные запасы природного газа составляют менее 3 % от мировых)

Возможности применения природного газа

Перспективы и возможности природного газа как универсального энергоносителя будущего не вызывают каких-либо сомнений. По схеме, предложенной немцами Ф.Фишером и Г.Тропшем в 20-х годах прошлого века (процесс Фишера–Тропша), из природного газа можно производить жидкие моторные топлива по технологии «газ в жидкость» (gas-to-liquid, GTL), а также метанол (CH₃OH).

Тенденцией последних десятилетий является использование природного газа в качестве моторного топлива. Газ можно использовать для обычных автомобилей, сельскохозяйственного, водного, воздушного и железнодорожного транспорта. Ежегодно число транспортных средств в мире, использующих природный газ в качестве моторного топлива, неуклонно растет (табл. 1, рис. 2) [3].

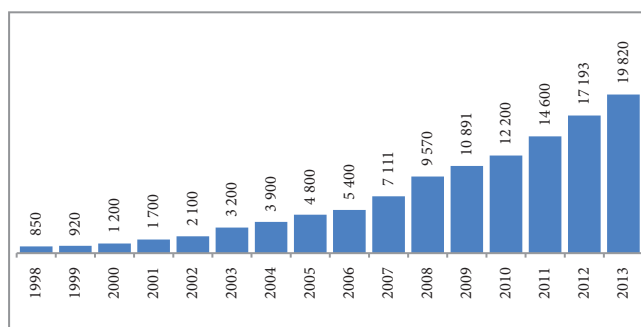


Рис. 2. Динамика увеличения количества транспортных средств в мире

Преимущества использования природного газа в качестве моторного топлива

На метане выгодно ездить. По экономическим, экологическим, ресурсным и техническим критериям природный газ еще долго будет оставаться наилучшим моторным топливом.

Таблица 1

Число транспортных средств, использующих природный газ в качестве моторного топлива в разных странах на начало 2014 г.

Страна	ГБА, ед.
Иран	3 500 000
Китай	3 327 500
Пакистан	2 790 000
Аргентина	2 404 162
Индия	1 800 000
Бразилия	1 777 547
Италия	823 000
Колумбия	476 506
Узбекистан	450 000
Таиланд	448 025
Боливия	288 519
Армения	226 800
Бангладеш	220 000
Египет	198 852
Перу	179 291
Украина	170 000
США	142 000
Германия	96 349
Венесуэла	90 000
Россия	90 000

Экономичность

Экономия ресурсов имеет первостепенное значение, являясь по сути чистой прибылью. КПГ получают на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) без использования сложных технологических процессов, что отражается в стоимости КПГ.

На рис. 3 показана динамика цен на моторные топлива в РФ за 2010-2013 гг. (относительно бензинов источник информации – Федеральная служба государственной статистики [4], относительно дизтоплива, КПГ и СУГ данные получены из открытых источников). Динамика цен на КПГ за этот период характеризуется большей стабильностью и более низкими темпами роста по сравнению с традиционными видами моторного топлива и СУГ. Если допустить, что 1 л нефтяного топлива примерно равен 1 м³ метана, то получается, что цена 1 м³ КПГ в 2,5-3 раза ниже цены нефтяного топлива.

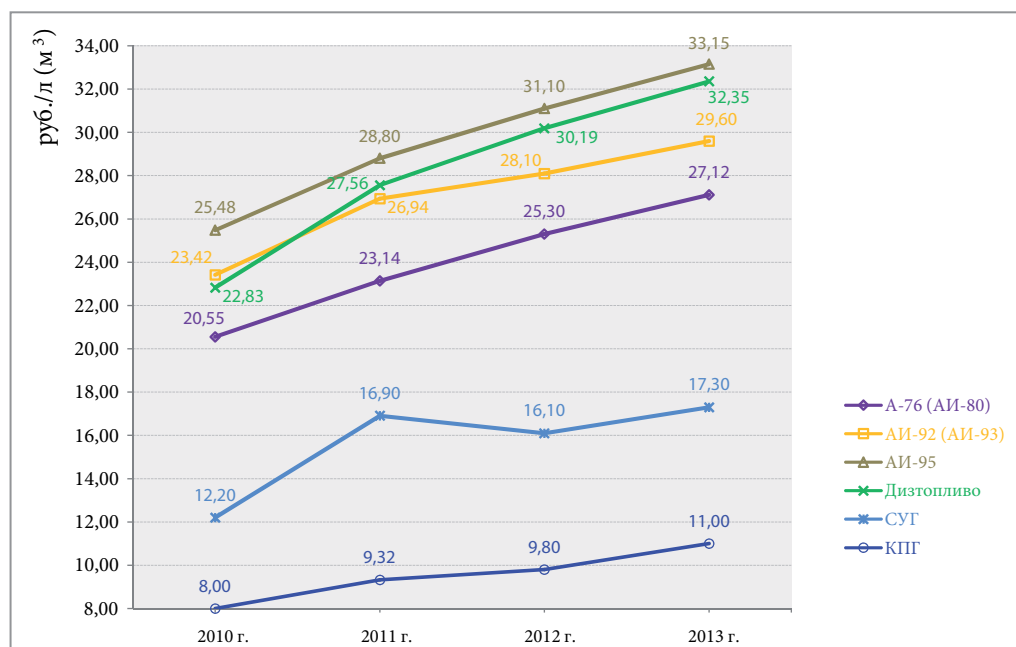


Рис. 3. Динамика цен на моторные топлива в РФ за 2010-2013 гг.

КПГ – единственный вид моторного топлива, уровень цен на который в РФ ограничен законодательно. Согласно постановлению Правительства РФ от 15.01.1993 г. № 31, предельная отпускная цена на КПГ, производимый на АГНКС, не должна превышать 50 % цены реализуемого в регионе бензина А-76, включая НДС [5].

Экологическая безопасность

Природный газ – самое чистое среди углеводородных ископаемых топливо, в автомобильных моторах он сгорает практически полностью. За счет более высокого содержания атомов водорода в

его молекулах в составе выхлопа больше воды (H₂O), содержание углеводородов меньше в 2-3 раза, оксидов азота – в 2 раза, оксида углерода – в 10 раз по сравнению с бензиновым выхлопом (табл. 2) [6], в отработавших газах совершенно отсутствуют различные ароматические полимеры, являющиеся опасными канцерогенами. За эти качества природный газ получил название «зеленое топливо».

Использование природного газа в современных двигателях при условии их доработки и дооснащения позволяет достичь норм выброса, соответствующих стандартам Евро-5 и Евро-6.

Таблица 2

Сравнение выбросов загрязняющих веществ при сгорании разных топлив (бензин = 100%)

Вид топлива	СО	СН	NO _x	Сажа
Бензин	100	100	100	–
Бензин + катализатор	25...30	10	25	25
Дизтопливо	10	10	50...80	100
Дизтопливо + газ	8...10	8...10	50...70	20...40
Пропан	10...20	50...70	30...80	–
Природный газ	5...10	1...10	25...50	–

Технико-эксплуатационные преимущества

Использование природного газа в качестве моторного топлива продлевает ресурс двигателя: в 2-3 раза увеличивает срок службы моторного масла и свечей зажигания; на 40 и 35...40 % увеличивается моторесурс двигателя и межремонтный пробег соответственно.

Ряд вопросов и возражений касается непосредственно совместимости систем подачи бензина с газовыми системами. В качестве отрицательных примеров приводят пересыхание резиновых уплотнителей и засорение жиклеров у карбюраторных автомобилей, выход из строя форсунок и бензонасоса у автомобилей с инжекторной подачей топлива.

Здесь нужно обратиться к инструкции по эксплуатации, где написано, что у автомобиля, оснащенного газотопливной системой, запуск двигателя должен осуществляться на бензине с последующим переходом на газ, что топливный бак никогда не должен быть пустым, и что бензонасос на автомобилях с электрическими форсунками не отключают. Экономия на топливе не должна доходить до абсурда, если вы, разумеется, не хотите пополнить ряды противников газа, предварительно потратившись на ремонт системы подачи бензина.

Безопасность эксплуатации

С точки зрения взрывопожаробезопасности природный газ является самым безопасным видом топлива. Метан легче воздуха, поэтому при разгерметизации оборудования не скапливается в полостях и нишах транспортных средств в отличие от жидких видов топлива, а быстро улетучивается в случае аварийного разлива, тем самым исключается возможность взрыва сконцентрированного в одном месте газа. Приказом МЧС от 10.07.2009 г. № 404 метан отнесен к самому безопасному 4-му классу (слабощувствительные вещества) [7]. К примеру, пропан относится ко 2-му классу

(чувствительные), бензин к 3-му (среднечувствительные).

Существует утверждение о том, что установка системы газового питания ведет к увеличению риска возгорания автомобиля. Говорят, как правило, об опасности размещения газового баллона в багажнике, рисуя страшные картины последствий взрыва. Что тут можно возразить? Баллон из 3,5-4-миллиметровой стали, размещенный в багажнике, – это страшно и может взорваться, а топливный бак, по толщине не сильно отличающийся от консервной банки, расположенный в арке заднего правого крыла у некоторых моделей автомобилей, – это нормально.

Хотелось бы заметить, что резервуар для КПП изготавливается с толщиной стенки, выдерживающей давление до 740 кгс/см², то есть при авариях и ДТП возникновение взрыва маловероятно. Кроме того, на случай повреждения газопровода, отводящего газ к двигателю, арматура баллона снабжена автоматическим устройством, препятствующим утечке газа.

Дополнительные преимущества

Важным преимуществом метана является независимость его физико-химических свойств от низких температур. Многие владельцы автомобилей, переведенных на пропан-бутан, сталкивались с ситуацией, когда при температуре окружающего воздуха ниже –27 °С на автомобильных газозаправочных станциях (АГЗС) появлялись обращения к водителям с просьбой ездить на резервном топливе (то есть бензине) до повышения температуры.

Причины стагнации использования природного газа в качестве моторного топлива

1. Слаборазвитая существующая инфраструктура – не отвечающая требованиям рынка сеть АГНКС и небольшое число пунктов переоборудования

и технического обслуживания газовых автомобилей. 250 АГНКС (плюс еще 16 АГНКС в Крыму) расположены неравномерно по территории РФ, наибольшее число АГНКС находится в Свердловской и Ростовской областях, Краснодарском крае, Башкортостане и Татарстане. Из 83 регионов РФ (с учетом Республики Крым) АГНКС нет в 33-х.

2. В настоящее время проектирование и строительство АГНКС ограничено весьма жесткими требованиями, вследствие чего требуются высокие капитальные вложения.

3. Низкая доступность газобаллонной техники из-за недостаточной ее распространенности, высокой стоимости переоборудования.

Пути решения

Позитивным сдвигом в вопросе расширения использования природного газа в качестве моторного топлива является Постановление Правительства РФ от 13.05.2013 г. № 767-р «О расширении использования природного газа в качестве моторного топлива» [8]. Документ устанавливает сроки подготовки соответствующими организациями предложений в отношении мер стимулирования использования природного газа в качестве моторного топлива на различных видах транспорта и регламентирует количество единиц общественного транспорта, использующего природный газ в качестве топлива, в зависимости от численности населения в городах.

14 мая 2013 г. по итогам совещания по вопросу расширения использования природного газа в качестве моторного топлива В.В. Путин подписал перечень поручений [9], на основании которого был разработан Комплексный план мероприятий 2013-2020 гг. по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива [10]. В данном плане указаны следующие мероприятия:

1. Создание инфраструктуры для

развития рынка газомоторного топлива РФ.

2. Координация программ развития инфраструктуры участников рынка газомоторного топлива в целях создания синергетических эффектов развития газомоторной отрасли.

3. Консолидация инвестиционных ресурсов для создания инфраструктуры рынка газомоторного топлива в РФ.

4. Обеспечение работ по оптимизации законодательства РФ в области газомоторного рынка и создание эффективных механизмов государственного регулирования отрасли.

5. Создание инфраструктуры развития потребительского спроса.

В настоящее время ОАО «Газпром» принимает участие в мероприятиях, направленных на внесение изменений в существующие нормативно-технические документы (НТД) и разработку новых НТД, регламентирующих строительство и эксплуатацию объектов газозаправочной инфраструктуры. Вносимые изменения и новые НТД призваны способствовать развитию газозаправочной инфраструктуры и расширению парка автотранспортных средств (АТС), использующих природный газ в качестве моторного топлива.

Ведется активная работа с администрациями субъектов РФ и муниципальными образованиями по следующим направлениям:

- подбору площадок для нового строительства сети АГНКС и реконструкции АЗС с целью размещения блоков КПП, в том числе с использованием сжиженного природного газа (СПГ), позволяющего избежать основного ограничивающего условия при подборе площадок – наличия газопровода;

- резервированию территорий для перспективного строительства сети АГНКС.

Заклучены соглашения о взаимодействии в области использования природного газа в качестве моторного топлива

с российскими и иностранными производителями транспортных средств, а также с ОАО «РЖД».

На развитие газомоторного рынка РФ на качественно новом уровне должна оказать влияние деятельность ООО «Газпром газомоторное топливо», определенного в апреле 2013 г. единым оператором по развитию рынка газомоторного топлива от ОАО «Газпром», которому принадлежит 233 АГНКС в РФ, с целью создания единого центра ответственности и консолидации профильных активов.

Стратегической целью ООО «Газпром газомоторное топливо» является закрепление Общества в качестве отраслевого лидера на рынке газомоторного топлива России и обеспечение значительного и стабильного роста продаж природного газа на внутреннем и зарубежном рынках.

Широкое применение природного газа на транспорте во всех отраслях российской экономики позволит кардинально улучшить экологическую обстановку

и снизить затраты на ГСМ в бюджетах всех уровней. Существующая в России единая система газоснабжения, охватывающая большую часть населенной территории, готова к расширенному использованию.

Для сбалансированного и перспективного развития строительство новых газозаправочных станций должно быть максимально синхронизировано с появлением новых АТС, использующих природный газ в качестве моторного топлива. Наиболее целесообразно рассматривать в этом направлении перевод государственного и муниципального транспорта (автобусные парки и парки коммунальной техники), а также корпоративного автотранспорта компаний, имеющих собственные парки АТС.

В свете приведенных данных можно с уверенностью утверждать, что рынок природного газа в качестве моторного топлива на территории Российской Федерации ждет большое будущее.

Литература

1. BP Statistical Review of World Energy. June 2014. [Электронный ресурс] / Сайт BP plc. – BP plc, [2014]. – Режим доступа: <http://www.bp.com>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 12.08.2014).
2. Key World Energy Statistics 2013. [Электронный ресурс] / Сайт IEA – IEA, [2014]. – Режим доступа: <http://www.iea.org/publications>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 12.08.2014).
3. Worldwide NGV statistics // The Gas Vehicles Report. – 2014. – August 2014. – Edition 151. – P. 33.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / Федеральная служба государственной статистики. – М., 1999-2014. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения: 12.08.2014).
5. Постановление Правительства РФ от 15.01.1993 г. № 31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом».
6. **Иванцов О., Двойрис А.** Твердый шаг сжиженного природного газа // АГЗК+АТ. – 2011. – № 6 (60). – С. 72-75.
7. Приказ МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
8. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 13 мая 2013 г. № 767-р «О регулировании отношений в сфере использования газового моторного топлива» // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5 (35). – С. 5-6.
9. Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива 14 мая 2013 г. // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5 (35). – С. 3-5.
10. Комплексный план мероприятий по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива от 14 ноября 2013 г. № 6819п-П9, утвержденный заместителем председателя правительства Российской Федерации А.В. Дворковичем.

Газпром развивает рынок ГМТ

Краснодарский край

В рамках XIII Международного инвестиционного форума «Сочи-2014» состоялась рабочая встреча председателя правления ОАО «Газпром» Алексея Миллера и губернатора Краснодарского края Александра Ткачева. Стороны обсудили реализацию масштабных инвестиционных проектов компании на территории региона.

В тот же день заместитель председателя правления ОАО «Газпром», председатель совета директоров ООО «Газпром газомоторное топливо» Виталий Маркелов и заместитель губернатора, министр природных ресурсов Краснодарского края Вадим Лукоянов подписали План мероприятий по развитию сети газомоторной инфраструктуры и использованию природного газа в качестве моторного топлива в регионе.

План предусматривает строительство 19 автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) и размещение 12 модулей заправки компримированным природным газом на действующих АЗС. Реализацию данных инфраструктурных проектов на период до 2017 г. обеспечит специализированная компания «Газпром газомоторное топливо».

Администрация Краснодарского края, со своей стороны, будет содействовать принятию законодательных и нормативно-правовых актов, связанных с развитием рынка ГМТ, и создаст условия для загрузки новых газозаправочных станций. Таким образом, строительство объектов инфраструктуры будет проходить синхронно с расширением парка газобаллонного транспорта и техники.

Соглашение о сотрудничестве между администрацией Краснодарского края, ОАО «Газпром» и ООО «Газпром газомоторное топливо» о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива заключено 21 июня 2013 г. В настоящее время на территории края эксплуатируются 12 АГНКС, принадлежащих ОАО «Газпром». Проектная мощность станций составляет 105,6 млн м³/год.

В 2014 г. ООО «Газпром газомоторное топливо» в Сочи был введен в эксплуатацию передвижной автомобильный газовый заправщик (ПАГЗ) для обеспечения заправки автотранспорта, эксплуатируемого предприятиями ЖКХ.

Татарстан

15 сентября в центральном офисе ОАО «Газпром» состоялась рабочая встреча председателя правления Алексея Миллера и президента Республики Татарстан Рустама Минниханова. Стороны обсудили вопросы двустороннего сотрудничества. Особое внимание было уделено развитию рынка газомоторного топлива в регионе. Отмечено, что в республике работают 11 АГНКС «Газпрома». В текущем году компания планирует начать здесь строительство еще трех АГНКС – в Нижнекамске, Зеленодольске и Бугульме.

Правительство республики также предпринимает конкретные шаги по расширению использования газомоторного топлива в регионе. Идет реализация программы по развитию рынка ГМТ в 2013-2023 гг. Документ предусматривает приобретение пассажирской, коммунальной, сельскохозяйственной и прочей газомоторной техники, а также инвестиции в строительство соответствующей инфраструктуры для ее обслуживания. В 2013 г. республикой было приобретено 262 автобуса, работающих на КПП.

Управление информации ОАО «Газпром»

Газпром внесет существенный вклад в энергообеспечение Азиатско-Тихоокеанского региона

В конце сентября в Южно-Сахалинске состоялась Международная конференция «Нефть и газ Сахалина 2014». На ней с докладом «Газпром на Сахалине. Поставки СПГ на рынки стран АТР» выступил заместитель председателя правления ОАО «Газпром» Александр Медведев.

Было отмечено, что Азиатско-Тихоокеанский регион представляет собой самый быстрорастущий и динамично развивающийся газовый рынок в мире. По оценкам, до 2030 г. потребление природного газа здесь превысит триллион кубометров в год. Таким образом, к 2030 г. на АТР будет приходиться 25 % всего мирового потребления этого энергоносителя.

Природный газ будет способствовать экономическому развитию целого ряда азиатских стран. При этом безусловным локомотивом роста в регионе станет Китай, ВВП которого в прошлом году более чем в два раза превысил среднемировой показатель. Экономический рост – значимая, но не единственная причина столь существенного увеличения спроса на природный газ в Азии. Важным стимулом также является необходимость поддержания темпов экономического развития в условиях принятых ограничений на использование атомной энергетики и ужесточения других природоохранных норм. Азиатские страны, в особенности Китай, стараются планомерно корректировать структуру своего энергобаланса для решения серьезных экологических проблем.

Высокий уровень спроса на газ в АТР не может быть обеспечен за счет собственных ресурсов. По оценкам экспертов, совокупный импорт стран региона – как ключевых (Китай, Япония, Южная Корея, Тайвань, Индия), так и новых импортеров (Сингапур, Индонезия, Малайзия, Таиланд, Филиппины, Вьетнам) – вырастет с 270 млрд в 2013 г. до 530 млрд м³ к 2030 г. При этом почти 60 % требуемого объема будет покрываться за счет импорта.

«Сегодня Азия – самый интересный рынок для глобальных игроков энергетического сектора. Его отличительные черты – это премиальная конъюнктура цен, а также позитивная динамика долгосрочного спроса. Примечательно, что в этом регионе газ используется везде, включая электрогенерацию, что отражает рациональный подход этих стран к своим экономикам», – отметил Александр Медведев.

В этом году Газпром совершил прорыв в развитии стратегического восточного направления. Подписан контракт на поставку в Китай более триллиона кубометров российского трубопроводного газа в течение 30 лет. Это крупнейший контракт за всю историю Газпрома.

В настоящее время в азиатские страны, в том числе и в КНР, экспортируется сжиженный природный газ (СПГ) с проекта «Сахалин-2», основным акционером которого является Газпром. Не так давно завод мощностью в 10 млн т/год преодолел важный рубеж – с начала работы в 2009 г. выпущено 50 млн т СПГ. Сегодня прорабатывается вопрос создания третьей очереди «Сахалина-2». Кроме того, продолжаются работы по проекту «Владивосток СПГ», ресурсной базой которого станет Сахалинский центр газодобычи. Завод мощностью 10 млн тонн в год с возможностью расширения начнет действовать в конце 2018 – начале 2019 гг.

«СПГ – это высококонкурентный и очень перспективный продукт на газовом рынке. По сути, это гибкая труба, которую можно проложить в любом направлении и на любое расстояние. Сегодня Газпром поставляет СПГ более чем в десять стран, среди которых Япония, Южная Корея, Китай и Тайвань. С вводом в эксплуатацию проектов «Владивосток СПГ» и «Балтийский СПГ» доля нашей компании на мировом рынке производства сжиженного природного газа увеличится с нынешних 5 % до 15%», – сказал Александр Медведев.

Немалый интерес для СПГ-проектов Газпрома представляют и перспективы, которые открываются на азиатских рынках газомоторного топлива, в частности, в Китае, Индии, Южной Корее, Вьетнаме и Таиланде. Так, власти КНР поощряют перевод автомобильного



Сахалинский завод по производству СПГ

транспорта на газ, вводят более строгие нормы экологического законодательства. Уже сегодня Китай является крупнейшим и самым быстрорастущим рынком СПГ в сфере грузоперевозок. Активно расширяется применение газомоторного топлива и на пассажирском транспорте: парк автобусного оператора Пекина насчитывает шесть тысяч автобусов на СПГ, и их число будет расти.

«Сегодня у Газпрома есть основательный задел для комплексного широкомасштабного освоения азиатского рынка. Грамотное сочетание трубопроводного экспорта и поставок СПГ, а также развитие совместных проектов в области использования природного газа внесут существенный вклад в энергообеспечение Азиатско-Тихоокеанского региона и упрочат лидирующие позиции Газпрома на мировом энергетическом рынке», – сказал в заключение Александр Медведев.

Новые проекты по развитию производства СПГ

На этой же конференции с докладом выступил заместитель начальника департамента по управлению проектами – начальник управления координации восточных проектов Виктор Тимошилов. В своем выступлении докладчик сделал акцент на комплексном подходе при планировании и реализации крупных газовых проектов на Дальнем Востоке.

В докладе отмечалось, что Газпром с 2007 г. активно работает над реализацией проектов в рамках Восточной газовой программы. За эти годы газ пришел на Камчатку, юг Сахалинской области и в Приморский край.

Отдельное внимание Виктор Тимошилов уделил развитию на Дальнем Востоке России производства сжиженного природного газа. В 2009 г. на Сахалине начал работу первый в России завод СПГ в рамках проекта «Сахалин-2», основным акционером которого является Газпром. Изучается возможность расширения действующего завода. Принято окончательное инвестиционное решение и ведется проектирование завода в рамках проекта «Владивосток-СПГ».

Параллельно с этим компания «Роснефть» декларирует намерение построить завод по сжижению газа «Дальневосточный СПГ» в рамках проекта «Сахалин-1», осуществляемого международным консорциумом на условиях СРП. «Чтобы избежать ненужного перерасхода средств, полностью компенсируемых российским бюджетом, Газпром предложил оператору проекта «Сахалин-1» продать будущий газ Обществу на рыночных условиях. Это позволило бы максимально использовать уже созданную инфраструктуру по сжижению газа на Сахалине и получить более конкурентоспособную продукцию для вывода на рынок вместо строительства еще одного завода СПГ с нуля. Налицо возможность синергетического эффекта от согласованных действий участников двух СРП-проектов через схему купли-продажи газа», – сказал Виктор Тимошилов.

Выработка компромиссных решений, минимизация затрат и эффективная координация СПГ-проектов в регионе возможны через единый баланс сахалинского газа, формирование которого должно быть возложено на Газпром как на координатора Восточной газовой программы, отметил в заключение докладчик.

Управление информации ОАО «Газпром»

Эколого-экономический анализ перспектив использования газомоторного топлива на автомобильном транспорте

Г.С. Аكوпова, начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
Н.Л. Власенко, ведущий научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.б.н.,
Д.О. Давыдова, инженер 1 категории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Рассмотрены состояние и перспективы использования газомоторного топлива для автотранспортных средств и экологические аспекты их воздействия на окружающую среду. Приведены данные по экологическим показателям жизненного цикла и эколого-экономическому анализу моторных топлив, а также экологические преимущества использования газомоторного топлива на автомобильном транспорте.

Ключевые слова:

моторное топливо, автомобильный транспорт, вредные вещества, природный газ, эколого-экономический эффект.

Использование газомоторного топлива является одним из перспективных направлений, которое может изменить топливно-энергетический баланс в ближайшие десятилетия. В настоящее время источниками для производства моторных топлив является углеводородное сырье, в частности, нефть и газовый конденсат. По разным причинам преимущества этого сырья становятся небесспорными, что заставляет искать альтернативные виды топлива.

Пополнение источников углеводородного сырья происходит за счет месторождений с повышенным уровнем сложности разработки. В России себестоимость добычи углеводородного сырья постоянно растет, а высокая зависимость от этих сырьевых ресурсов приводит к истощению их запасов.

Дополнительно следует отметить, что во многих странах мира ужесточились требования к качеству топлив с точки зрения их экологической безопасности.

Мировой опыт свидетельствует о том, что перевод транспорта на природный газ является приоритетным направлением в части обеспечения устойчивого энергетического развития и экологической безопасности страны.

Использование природного газа в качестве моторного топлива активно развивается более чем в 80 странах мира. Целевые сегменты газомоторного рынка – компримированный (КПГ) и сжиженный (СПГ) природный газ, сжиженный углеводородный газ (СУГ) – широко развиваются в таких странах как Иран, Китай, Пакистан, Аргентина, Индия и др. (рис. 1). Мировой парк автомобилей, работающих на КПГ,

ежегодно увеличивается на 25...30 %. По состоянию на июнь 2014 г. в мире насчитывается уже более 19 млн автомобилей, использующих данный вид топлива, что составляет 1,5 % всего мирового парка. Потенциал роста парка газомоторной автотехники оценивается на уровне 50 млн ед. к 2020 г. и более 100 млн – к 2030 г. Согласно данному прогнозу можно ожидать, что доля газобаллонных автомобилей (ГБА) в общемировом транспортном парке, которая сейчас составляет около 1 %, к 2020 г. достигнет 4,5 % и более, а к 2030 г. – 7 %. Потребление природного газа газомоторной автотехникой увеличится к 2020 г. до 106 млрд м³, а к 2030 г. – до 207 млрд м³/год.

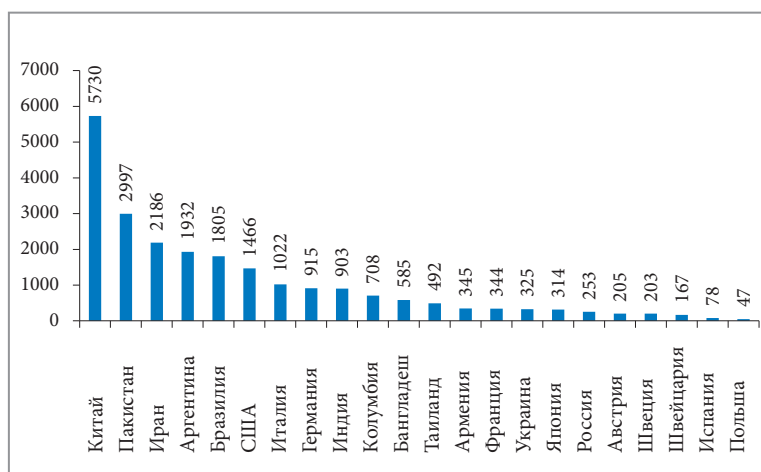


Рис. 1. Число АГНК в различных странах, ед.

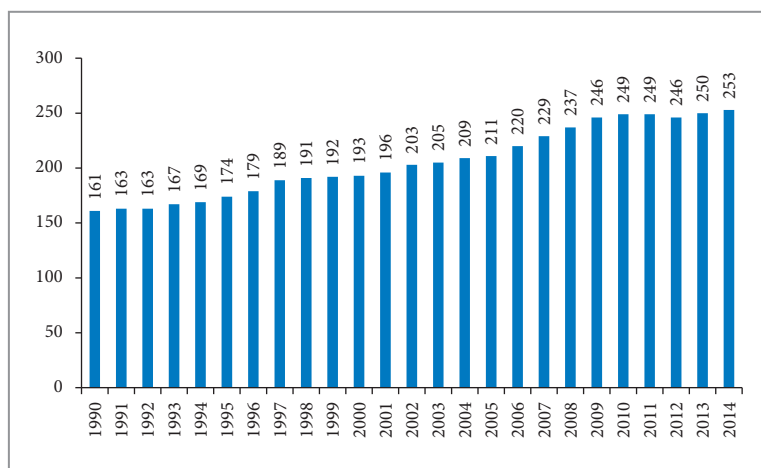


Рис. 2. Число АГНК в Российской Федерации, ед.

Несмотря на наличие значительных природных ресурсов Россия в настоящее время уступает лидирующие позиции в списке стран, использующих газ в качестве моторного топлива. В РФ рынок газомоторного топлива характеризуется относительно низкими объемами потребления. В 2013 г. в структуре рынка моторного топлива доля КПП составила не более 0,25 %. Крупнейшими операторами рынка КПП в РФ являются компании Группы «Газпром» (более 85 % всех АГНК в РФ). На сегодняшний день в России насчитывается 253 АГНК с максимальной проектной мощностью 2 млрд м³ КПП, 211 из которых эксплуатируют компании Группы «Газпром» (рис. 2). Системная работа по расширению использования КПП многие годы проводилась с участием ОАО «Газпром» путем постепенного увеличения числа принадлежащих компании АГНК.

Существенным фактором, стимулирующим мировое сообщество к развитию рынка ГМТ, являются экологические проблемы. На долю автотранспорта по разным источникам приходится от 70 до 90 % всех видов загрязнений атмосферы городов и агломераций [1]. По данным Европейского агентства по охране окружающей среды (2013 г.), более трети европейцев живут в городах с превышением допустимых в ЕС уровней загрязнения воздуха, а 90 % европейцев – в городах с превышением допустимых уровней загрязнения воздуха, установленных Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). При этом только 12 % жителей городов в мире дышат воздухом, соответствующим нормативам качества (по данным ВОЗ, 2014 г.).

При допустимой среднегодовой концентрации твердых частиц 20 мкг/м³ диаметром до 10 мкм за семилетний период европейские среднегодовые концентрации находились на уровне 13...65 мкг/м³. В марте 2014 г. критический уровень

загрязнения атмосферного воздуха сохранялся в Париже в течение нескольких дней (Париж по загрязненности воздуха приблизился к Пекину). В стране был введен режим «экологической тревоги» и ограничения на движение транспорта.

Именно поэтому во всем мире ужесточают требования к экологической безопасности автомобилей, снижению токсичности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания транспортных средств. В настоящее время действуют жесткие стандарты Евро-4 и Евро-5, а в дальнейшем ожидается введение разрабатываемого стандарта Евро-6. Особенно актуален вопрос повышения экологической безопасности для больших городов и регионов с санаторно-курортными зонами.

Перевод автомобилей на ГМТ сокращает выбросы оксидов азота, диоксида углерода (основной парниковый газ), снижает дымность отработавших газов (табл. 1, 2).

Наименьшие удельные выбросы парниковых газов обеспечиваются при сжигании природного газа. При его использовании в качестве моторного топлива продукты неполного сгорания практически не образуются, поскольку всегда есть избыток кислорода. Оксиды азота образуются в меньшем количестве, так как температура сгорания бедных смесей значительно ниже. Пристеночный слой камеры сгорания при использовании бедных газозвоздушных смесей содержит меньший объем топлива, чем при более богатых бензиновоздушных.

Таблица 1

Относительное содержание токсичных и канцерогенных веществ в различных видах моторного топлива, %

Загрязняющее вещество	Бензин	Дизельное топливо	СУГ	КПГ
Оксид углерода	100	10	15	8
Оксиды азота	100	65	50	38
Углеводороды	100	10	60	7
Бенз(а)пирен	100	50	8	6
Сажа	100	100	3	1

Таблица 2

Сравнительная характеристика удельных выбросов диоксида углерода в результате сжигания различных видов топлива, кг/т у.т. [1]

Вид топлива	Значение
Мазут	1900...2200
Попутный нефтяной газ	175...1850
Природный газ	1650...1750
Нефтяное топливо	2100...2200

При правильно отрегулированном метановом газовом двигателе выбросы в атмосферу угарного газа сокращаются в 5-10 раз по сравнению с выбросами бензинового, оксидов азота выделяется в 1,5-2 раза меньше, а углеводов – в 2-3 раза меньше, значительно снижается выделение парниковых газов. Содержание углерода по весу в составе метана – 75 %, а в составе бензина – 85 %, поэтому при полном сгорании природного газа диоксида углерода образуется на 13 % меньше, чем при сгорании бензина.

Таким образом, по уровню выбросов вредных веществ в атмосферу природный газ имеет показатели лучше, чем у бензина, и уступает по ряду характеристик только электроэнергии.

Экологические аспекты жизненного цикла (ЖЦ) различных видов топлива рассчитаны по модели, которая предусматривает расчет материальных и энергетических потоков в ЖЦ топлив, определение расхода природных ресурсов, энергии, выбросов вредных веществ в окружающую среду. Методика оценивает в денежном выражении ущерб от загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ (CO, NO_x, CH, SO₂, PM и др.), а также парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O и др.) при реализации ЖЦ топлив.

Отметим, что при оценке ЖЦ природного газа как топлива учитывали в целом процессы его добычи, переработки, транспортировки, распределения, компримирования и использования, а также вспомогательные процессы получения нефтяных топлив и электроэнергии. Предварительные результаты расчетов ЖЦ природного газа, дизельного топлива и бензина при их использовании в современных силовых установках автомобилей полной массой более 3,5 т показали, что природный газ наиболее перспективен. Основные результаты оценки полного жизненного цикла моторных топлив представлены в табл. 3 [2].

Поэтому использование природного газа в качестве энергоресурса является приоритетным, и, следовательно, все проекты и мероприятия, направленные на использование природного газа вместо иных невозобновляемых видов энергоносителей, можно считать ориентированными на сокращение выбросов загрязняющих газов в атмосферу.

Одним из путей решения данной задачи является перевод автотранспортных средств на газомоторное топливо, в частности, метан. Это относится, в первую очередь, к общественному и грузовому транспорту, а также к специальной технике строитель-

Таблица 3

Экологические показатели жизненного цикла моторных топлив

Показатели	Дизельное топливо	Бензин	Природный газ
Расход невозобновляемых ресурсов, г/кВт·ч	264,9	408,9	240,8
Расход энергии, МДж/кВт·ч	13,4	21,0	13,6
Суммарный выброс вредных веществ (без CO ₂), г/кВт·ч	12,0	37,5	10,9
Выброс CO ₂ , г/кВт·ч	865,6	1207,8	644,6
Ущерб от загрязнения окружающей среды, руб./кВт·ч	0,9	1,3	0,4

дорожной отрасли и коммунальных служб.

Газомоторное топливо в сравнении с традиционными видами моторных топлив имеет ряд преимуществ также в части сокращения затрат на энергоносители, увеличения срока службы двигателя в 1,5-2 раза, безопасности.

Таким образом, можно выделить основные конкурентные преимущества газомоторного топлива:

- социально-экономические – применение ГМТ позволяет предприятиям, находящимся на бюджетном финансировании, а также предприятиям малого бизнеса экономить на затратах по приобретению моторных топлив (что в свою очередь уменьшает долю расходов на горюче-смазочные материалы в себестоимости продукции);

- энергетические – замещение бензина газомоторным топливом если не ликвидирует, то значительно сглаживает не только прогнозируемый, но периодически возникающий дефицит нефтепродуктов, который связан с сокращением добычи или поставки нефти на нефтеперерабатывающие заводы;

- экологические – уменьшение негативного воздействия выбросов отработавших газов ДВС на окружающую среду, что особенно актуально для мегаполисов, где наиболее остро стоит проблема чистого воздуха.

В настоящее время в России возникла новая эколого-экономическая и социальная ситуация по использованию газомоторного топлива. Проблему перевода транспорта на ГМТ характеризуют как чрезвычайно острую и

политизированную, но сверхактуальную как в научно-техническом плане, так и в контексте современных вызовов большой энергетики.

С точки зрения создания оборудования и инфраструктуры КПП в России имеется целый ряд технических возможностей. Дальнейшее развитие рынка ГМТ возможно, в основном, за счет крупных транспортных предприятий, поскольку частный бизнес и индивидуальные потребители пока в этом недостаточно заинтересованы.

Подводя итог сказанному, можно утверждать, что значительному росту российского рынка ГМТ способствуют:

- существенные запасы природного газа и развитая газораспределительная сеть, которая позволит обеспечить стабильность поставок ГМТ в долгосрочной перспективе;

- лучшие экологические характеристики в сравнении с традиционными моторными топливами;

- низкая по сравнению с традиционными видами топлива стоимость – КПП примерно в два раза дешевле дизельного топлива и бензина (по данным на март 2014 г.).

Для придания динамики развитию рынка газомоторного топлива в России целесообразно использовать комплексный подход, который включал бы ряд первоочередных мероприятий по устранению организационных, нормативно-правовых, технических, инфраструктурных и финансовых препятствий, а также по усилению контроля со стороны государства в вопросах перевода автомобильного транспорта на газ.

Литература

1. Интернет ресурс: www.dena.de «The role of natural gas and biomethane in fuel mix of the future», DENA study, German Energy Agency. – 2013. – P. 10.

2. Лукшо В.А., Козлов А.В., Теренченко А.С. Оценка показателей природного газа как моторного топлива в полном жизненном цикле // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 3. – С. 4-9.

Формирование экспериментально-теоретических моделей токсичных выбросов с ОГ двигателя с искровым зажиганием при работе на топливном газе

Л.И. Ковальчук, д.т.н., профессор кафедры «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей» Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота (БГА РФ), г. Калининград,

И.В. Мишачков, аспирант кафедры «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей» БГА РФ

В статье излагаются теоретические предпосылки и алгоритм формирования моделей, описывающих закономерности изменения токсичных выбросов с отработавшими газами двигателей с искровым зажиганием при работе на топливном газе в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов. Приведен пример расчета параметров конкретной модели.

Ключевые слова:

пропан-бутан, отработавшие газы, токсичные выбросы.

Независимо от вида используемого топлива скоростные и нагрузочные режимы двигателей с искровым зажиганием изменяются в широких пределах. Очевидно, что наиболее полная оценка токсичных выбросов с отработавшими газами (ОГ) может быть дана в том случае, если располагать моделями, описывающими закономерности их образования на всех возможных эксплуатационных режимах. Ниже излагаются теоретические предпосылки формирования моделей, позволяющие дать количественную оценку токсичных выбросов с отработавшими газами двигателей с искровым зажиганием в поле возможных режимов работы.

Совокупность свойств, заложенных в конструкцию двигателя в процессе проектирования и изготовления, а также определяющих его способность с заданным качеством вырабатывать механическую энергию, будем характеризовать полем режимов, допустимых для длительной эксплуатации. Под упомянутым полем понимается часть координатной плоскости $N_e - n$ (эффективная мощность – частота вращения коленчатого вала), ограниченная слева и справа вертикалями $n_{\min} = \text{const}$ (минимальная частота вращения коленчатого вала) и $n_n = \text{const}$ (номинальная частота вращения), сверху – внешней характеристикой номинальной мощности или верхней ограничительной характеристикой, снизу – нижней ограничительной

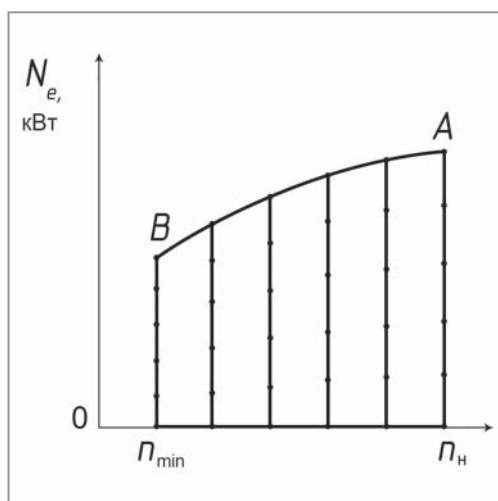


Рис. 1. Поле возможных режимов работы двигателя

информативные параметры) необходимо сформировать количественную структуру, которая во всех точках поля возможных режимов работы давала бы постоянное численное значение, то есть обладала свойством инвариантности относительно возможных возмущений со стороны потребителя механической энергии.

Предположим, что в описанном поле контролируются параметры $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$, которыми принято оценивать токсичные выбросы с ОГ двигателя. образуем из этих параметров количественную структуру, которая во всех точках поля имела бы постоянное численное значение

$$f(a_1, a_2, a_3 \dots a_n; x_1, x_2, x_3 \dots x_n), \quad (1)$$

где $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ – определяющие параметры; $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ – определяемые параметры.

В такой постановке задача сводится к установлению явного вида уравнения, выражающего взаимосвязи между определяющими и определяемыми параметрами в поле возможных режимов работы двигателя. Поскольку эти взаимосвязи обусловлены механизмами образования токсичных выбросов, то в общем случае они могут быть выражены различными зависимостями.

Обычно определяющие параметры измеряются в различных единицах и меняются в различных диапазонах. Поэтому с целью исключения вопроса о размерностях и повышения устойчивости вычислительного процесса целесообразно их нормировать посредством деления текущих значений на нормирующие, то есть представлять в безразмерной форме

$$a_{01} = \frac{a_1}{a_{1н}}; a_{02} = \frac{a_2}{a_{2н}}; a_{03} = \frac{a_3}{a_{3н}} \dots a_{0n} = \frac{a_n}{a_{нн}}, \quad (2)$$

где индексом «0» обозначены величины, представленные в относительном выражении, индексом «н» – нормирующие значения параметров, соответствующие фиксированному режиму работы двигателя.

Поскольку речь идет о задании некоторого пространства, то левую часть уравнения (1) можно трактовать как сумму произвольных операторов. Очевидно, если общее число операторов равно K , то независимо от их структуры число несводимых друг к другу операторов будет равно $K-1$. Единственное требование к структуре операторов состоит в том, чтобы она позволяла не только правильно определить

характеристикой или координатной осью n (рис. 1). Очевидно, что ограниченное таким способом поле включает всю совокупность режимов, определяющих условия образования токсичных выбросов двигателем внутреннего сгорания (ДВС) с ОГ.

Положение границ описанного поля определяется только параметрами двигателя и не зависит от особенностей потребителя энергии, то есть оно обладает свойством инвариантности относительно возможных режимов работы двигателя. Следовательно, для оценки закономерностей образования токсичных выбросов в цилиндрах двигателя на основе входных в цилиндры и выходных из цилиндров параметров (информативные параметры) необходимо сформировать количественную структуру, которая во всех точках поля возможных режимов работы давала бы постоянное численное значение, то есть обладала свойством инвариантности относительно возможных возмущений со стороны потребителя механической энергии.

характер влияния каждого из факторов, но и провести все необходимые вычисления при конкретно заданном законе их изменения.

Анализ результатов испытаний двигателей по серии нагрузочных характеристик показывает, что множества значений определяющих параметров, характеризующих содержание токсичных веществ в ОГ, образуют поверхности двух типов.

Процесс образования поверхности первого типа (рис. 2) можно рассматривать как последовательное смещение отрезка прямой линии. Поэтому взаимосвязи между определяющими параметрами по изопараметрическим линиям поверхностей этого типа в явном виде задаются полиномами первого порядка

$$a_{o3} = x_1 a_{o1} + x_2, \quad (3)$$

где a_{o1} и a_{o2} – соответственно входной и выходной определяющие параметры; x_1 и x_2 – определяемые параметры.

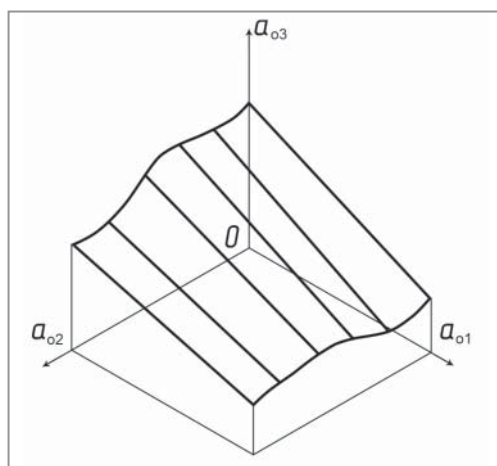


Рис. 2. Схема образования поверхности первого типа

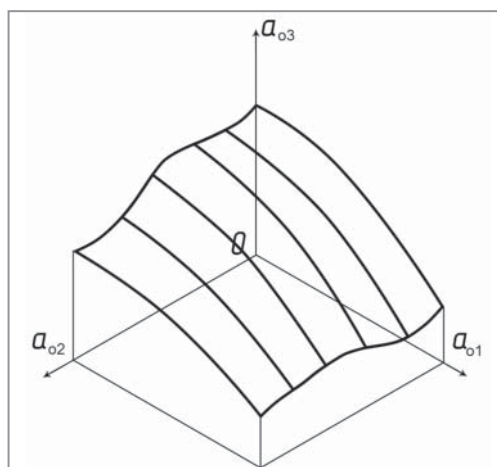


Рис. 3. Схема образования поверхности второго типа

Процесс образования поверхности второго типа (рис. 3) можно рассматривать как последовательное смещение отрезка кривой. Взаимосвязи между определяющими параметрами по изопараметрическим линиям в этом случае в явном виде задаются полиномами второго порядка

$$a_{o3} = x_1 a_{o1}^2 + x_2 a_{o1} + x_3, \quad (4)$$

где a_{o1} и a_{o3} – соответственно входной и выходной определяющие параметры; x_1, x_2, x_3 – определяемые параметры.

Явный вид взаимосвязей между определяющими параметрами по изопараметрическим линиям описанных выше поверхностей дает возможность провести все необходимые вычислительные операции по определению закономерностей изменения определяемых параметров $x_i = f(a_{o2})$ уравнений (3) и (4) в каждом конкретном случае.

Действительно, если известны численные значения параметров x_i для каждой из изопараметрических линий, то посредством графического представления появляется возможность выявить закономерности их изменения при переходе от одного изопараметрического сечения к другому, то есть $x_i = f(a_{o2})$. Выбором явного вида алгебраических полиномов, аппроксимирующих эти закономерности, завершается процесс формирования инвариантных количественных структур, описывающих закономерности изменения токсичных выбросов ДВС в поле возможных режимов работы.

С учетом изложенных выше теоретических предпосылок формирование

С учетом изложенных выше теоретических предпосылок формирование

инвариантных экспериментально-теоретических моделей, описывающих закономерности изменения токсичных выбросов ДВС, проводится по следующему алгоритму.

1. Проводятся испытания двигателя по серии нагрузочных характеристик, число которых должно быть не менее пяти.

2. По соотношениям (2) осуществляется переход от абсолютных значений определяющих параметров к относительным.

3. На основе графических представлений результатов стендовых испытаний двигателя для каждой нагрузочной характеристики устанавливается наличие закономерных взаимосвязей между входными и выходными определяющими параметрами.

4. Выбирается явный вид функции, которой могут быть аппроксимированы взаимосвязи между определяющими параметрами по каждой нагрузочной характеристике.

5. На основе явного вида зависимостей между входными и выходными определяющими параметрами для каждой характеристики посредством графического представления устанавливаются закономерности изменения определяемых параметров в функции от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

6. Производится выбор функций, которыми могут быть аппроксимированы закономерности изменения определяемых параметров в зависимости от частоты вращения, то есть $x_i = f(n_o)$.

7. Подстановкой $x_i = f(n_o)$ в зависимость (3) или (4) завершается процесс формирования уравнения поверхности, описывающего выбросы конкретного токсичного вещества с отработавшими газами ДВС.

Практическую реализацию описанного выше алгоритма рассмотрим на конкретном примере.

В качестве исходной информации для построения модели выбросов оксида углерода используем результаты стендовых испытаний по серии нагрузочных характеристик шестицилиндрового V-образного двигателя VOLVO B280F с искровым зажиганием. На двигателе установлено газобаллонное оборудование четвертого поколения. В качестве топлива использовался сжиженный углеводородный газ марки ПБТ, ГОСТ Р 52087–2003. Испытания проводились без каталитического нейтрализатора в диапазоне частот вращения от 1400 до 2200 мин⁻¹ с шагом $\Delta n = 200$ мин⁻¹.

Для измерения токсичных выбросов с ОГ использовался многокомпонентный газоанализатор «Автотест – 02.03». Отбор проб производится на срезе выпускной системы, в которую для снижения температуры отработавших газов были вмонтированы дополнительные расширители, что позволило довести время замеров на каждом режиме до значений, предусмотренных технической характеристикой газоанализатора.

В процессе испытаний производились замеры следующих параметров:

S – перемещение дроссельной заслонки, мм;

G_T – часовой расход топлива (газ), м³/ч;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹;

CO – выбросы оксида углерода, %.

На всех исследованных режимах выбросы оксида углерода изменялись в пределах 0,09...0,12 %. Поэтому на рис. 4 приведены нагрузочные характеристики $CO_o = f(S_o)$, где безразмерные значения CO_o и S_o определены по соотношениям:

$$CO_o = \frac{CO}{CO_n} \cdot \frac{\alpha}{\alpha_n} \cdot \frac{G_T}{G_{Tn}}; S_o = \frac{S}{S_n}; n_o = \frac{n}{n_n}, \quad (5)$$

в которых значения нормирующих параметров приняты следующими: $CO_n = 0,1$ %; $\alpha_n = 1,125$; $G_{Tn} = 2,25$ м³/ч; $S_n = 25$ мм; $n_n = 2200$ мин⁻¹.

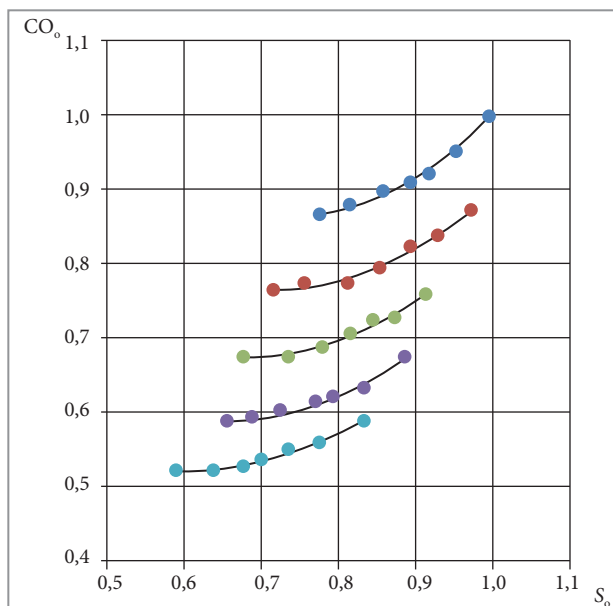


Рис. 4. Зависимости $CO_o=f(S_o)$ по нагрузочным характеристикам при работе двигателя на топливном газе

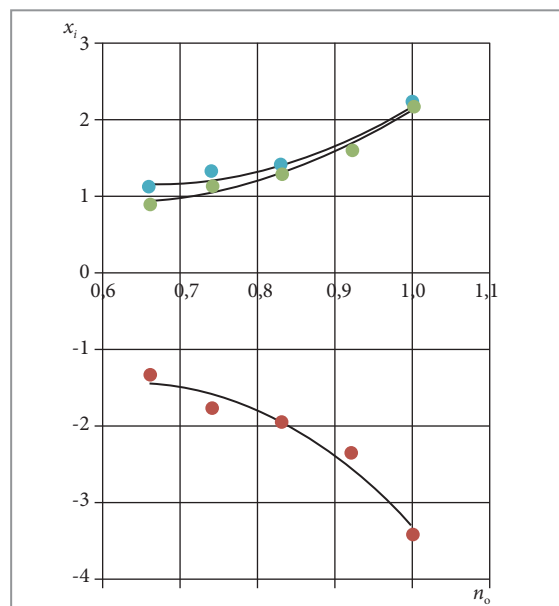


Рис. 5. Зависимости коэффициентов $x_i=f(n_o)$ для CO при работе двигателя на топливном газе

Непосредственно из рис. 4 следует, что зависимости $CO_o=f(S_o)$ нелинейные, поэтому каждая из них аппроксимирована полиномом второго порядка

$$CO_{op} = x_1(n_o) S_o^2 + x_2(n_o) S_o + x_3(n_o), \quad (6)$$

где $x_1(n_o)$, $x_2(n_o)$, $x_3(n_o)$ – искомые зависимости определяемых параметров от частоты вращения.

В данном случае система полиномов, аппроксимирующих зависимости $CO_o=f(S_o)$, имеет общий вид:

$$\begin{aligned} CO_o &= 2,229 S_o^2 - 3,404 S_o + 2,17 \text{ при } n_o = 1,0; \\ CO_o &= 1,618 S_o^2 - 2,339 S_o + 1,613 \text{ при } n_o = 0,920; \\ CO_o &= 1,427 S_o^2 - 1,928 S_o + 1,325 \text{ при } n_o = 0,83; \\ CO_o &= 1,342 S_o^2 - 1,738 S_o + 1,154 \text{ при } n_o = 0,74; \\ CO_o &= 1,124 S_o^2 - 1,333 S_o + 0,917 \text{ при } n_o = 0,66. \end{aligned} \quad (7)$$

Система полиномов (7) позволяет определить закономерности изменения определяемых параметров в функции от частоты вращения коленчатого вала. На рис. 5 зависимости $x_i=f(n_o)$ представлены графически. В данном случае эти зависимости нелинейные, поэтому система аппроксимирующих полиномов имеет вид:

$$\begin{aligned} x_1 &= 8,975 n_o^2 - 12,024 n_o + 5,212; \\ x_2 &= -15,491 n_o^2 + 20,228 n_o - 8,036; \\ x_3 &= 7,620 n_o^2 - 9,214 n_o + 3,721. \end{aligned} \quad (8)$$

Подстановкой (8) в (6) получим уравнение поверхности $CO_o=f(S_o, n_o)$, образованной смещением зависимости $CO_o=f(S_o)$ при переходе от одной нагрузочной характеристики к другой

$$CO_{op} = (8,975 n_o^2 - 12,024 n_o + 5,212) S_o^2 + (-15,491 n_o^2 + 20,228 n_o - 8,036) S_o + (7,620 n_o^2 - 9,214 n_o + 3,721). \quad (9)$$

На рис. 6 приведено сравнение экспериментальных значений CO_{op} и рассчитанных по формуле (9) CO_{op} . Гистограмма распределения погрешностей расчета приведена на рис. 7. Видно, что уравнение (9) воспроизводит весь

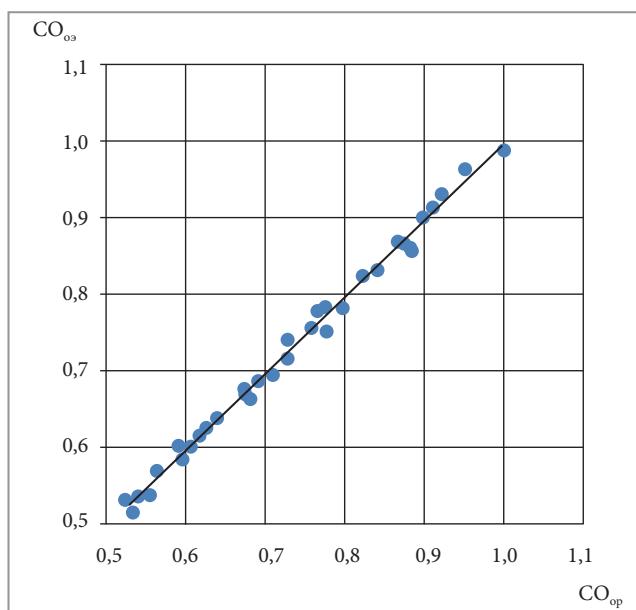


Рис. 6. Зависимость $CO_{ox}=f(CO_{op})$ при работе двигателя на топливном газе

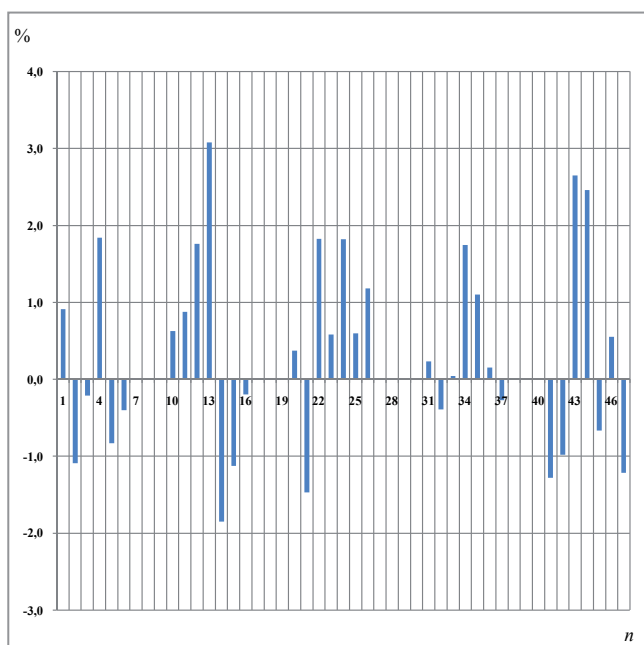


Рис. 7. Гистограмма распределения погрешностей расчета CO_{ox} при работе двигателя на топливном газе

массив опытных данных с погрешностью не превышающей $\pm 3\%$.

В заключение следует отметить, что модель (9) воспроизводит опытные данные с погрешностью, не превышающей погрешности их измерения, только для определенных режимов работы двигателя и определенных условий сгорания топлива в цилиндрах. При изменении условия сгорания рассогласование между замеренными величинами CO_{ox} и рассчитанными по уравнению (9) CO_{op} будет неизбежно увеличиваться. Другими словами, экспериментально-теоретические модели типа (9), сформированные на основе данных, соответствующих всему полю возможных режимов работы двигателя, обладают диагностическим свойством и могут быть использованы для интегральной оценки условий сгорания топлива в цилиндрах.

Использование в учебном процессе имитатора системы управления впрыском газа для бензинового двигателя

Ю.В. Панов, профессор МАДИ, к.т.н.

В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности учебного процесса путем внедрения и адаптации имитатора системы управления впрыском газа для бензинового двигателя, выполненного с использованием технологий фирмы LPG TECH, при обучении по дисциплинам, связанным с применением альтернативных топлив на автомобильном транспорте.

Ключевые слова:

подготовка специалистов, учебный процесс, газомоторное топливо, система управления бензинового двигателя, система управления впрыском газа.

Успешное внедрение газомоторного топлива на транспорте в значительной степени связано с качеством подготовки специалистов всех уровней. Объем обучения постоянно растет и изменяется в связи с большим количеством информации, касающейся методик работ с программным обеспечением систем управления автомобильных двигателей.

В автомобильных бензиновых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) с инжекторными системами подачи газа во впускной коллектор при переводе их на газомоторное топливо дополнительно устанавливают газовые электронные блоки управления (ЭБУ). Эти ЭБУ по специальным программам управляют подачей газа во впускной коллектор двигателя. Этот блок рассчитывает требуемое время впрыска на основании алгоритма и поступающих в него данных. От правильной настройки ЭБУ в значительной степени

зависят надежность двигателя, его экологические и экономические показатели. Ошибки могут привести к их ухудшению и вызвать негативное отношение даже к самому качественному газобаллонному оборудованию (ГБО), подрывая таким образом у потребителя положительную мотивацию к переходу на газ.

Опыт подготовки установщиков ГБО показывает, что из-за пробелов в обучении, связанных с нехваткой времени для практических занятий, специалист выполняет только часть работ. Ряд функций, позволяющих повысить эффективность работы на газе, остается неиспользованным. Например, выполняется только предварительная калибровка (настройка) без нагрузки на холостом ходу, а дальнейшая настройка топливных карт в во время дорожного теста не делается.

Одним из направлений совершенствования и сокращения времени обучения является имитация в условиях



Рис. 1. Имитатор с подключенным ЭБУ газа и компьютером

аудитории. Обучение настройке обычно необходимо проводить на автомобиле. В настоящее время практически все программы усложнились и требуют настройки во время дорожного теста. И здесь важным является предварительная подготовка на тренажерах. Сегодня в МАДИ внедрен такой тренажер (рис. 1) – имитатор системы управления двигателя для работы на газе (далее имитатор). Он позволяет моделировать параметры, возникающие на различных дорожных режимах при тестировании автомобиля.

Процессы и алгоритмы настройки двигателя при работе на бензине и на газе удается воспроизвести непосредственно в аудитории. Это особенно актуально при обучении установке и настройке газовых систем питания на газобаллонных автомобилях экологических классов Евро 4-6, которые оснащены встроенными системами европейской бортовой диагностики EOBD (European On Board Diagnostic) или бортовой диагностики OBD II (On Board Diagnostic II). Из-за высокой чувствительности EOBD или OBD II, которые постоянно контролируют работу ДВС во время работы на газе, при неправильной настройке часто фиксируются ошибки, и на приборной

доске автомобиля светится индикатор CHECK ENGINE [1].

Имитатор представляет собой электронный блок, выполненный на элементной базе по технологии фирмы LPG TECH, к которому подсоединен исследуемый газовый ЭБУ. Он воспроизводит процессы управления подачей бензина и газа. С помощью регуляторов на передней панели задаются следующие параметры: частота вращения коленчатого вала ДВС, нагрузка, базовое время впрыска бензина при работе на бензине и на газе, температура и давление газа на форсунках. Таким образом, можно построить топливную карту базового времени впрыска [2-4].

В общем виде на рис. 2 представлен пример характеристики базового времени впрыска при работе на бензине (красные вертикальные стрелки). Также имитатор моделирует важный показатель, который характеризует настройку, – коррекцию базового времени впрыска бензина. Эта коррекция также называется топливным балансом и показана соответственно синими стрелками (см. рис. 2).

На экране компьютера отображаются процессы моделирования настройки газового ЭБУ. Рассмотрим на примере алгоритма Tech программы LPG Tech Gas Setting заключительный этап

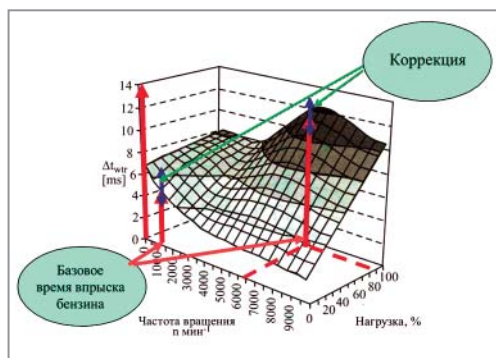


Рис. 2. Характеристики базового времени впрыска при работе на бензине и коррекций топливного баланса

(окончательная настройка), в котором газовый ЭБУ рассчитывает коэффициенты пересчета бензинового времени в газовое во всем диапазоне нагрузок [3].

Обратим внимание на то, что один из принципов управления работой газовых систем питания, устанавливаемых на бензиновые ДВС, состоит в том, что газовый ЭБУ «перехватывает» бензиновый сигнал от бензинового ЭБУ и использует его для расчета времени впрыска газа. В программе LPG Tech Gas Setting в качестве критерия правильной настройки используется сравнение времени впрыска бензина при работе на бензине и на газе. На бензине и на газе в одинаковых режимах бензиновый ЭБУ должен рассчитать одинаковое время впрыска. Это значит, что бензиновому ЭБУ не надо дополнительно вмешиваться в работу газового ЭБУ.

Также имитатор позволяет получить настройки таблицы коррекции при работе на бензине (см. рис 2, синие линии), на газе и разницу этих коррекций. Коррекции дополнительно показывают,

насколько, образно говоря, бензиновый ЭБУ «вмешивается» в работу газового ЭБУ.

Чтобы оценивать, сравнивать и корректировать таблицы, надо предварительно получить время впрыска бензина, которое определяет бензиновый компьютер (см. рис 2). Таким образом, мы как бы отсканируем эту бензиновую прошивку (топливную карту) и будем иметь ее в газовом ЭБУ.

В разделе программы «Карта» (рис. 3) эти параметры в координатах частоты вращения КВ ДВС (обороты) и нагрузки могут быть представлены в различных формах: в виде двух- (2D), трехмерных (3D) и других зависимостей. Для этого имеются различные графические инструменты, в которых отображается одно и то же – сравнивается время впрыска при работе на бензине и на газе. Если настройки для работы на газе выполнены правильно – коррекции будут одинаковы.

Итак, включаем поле списка «Карта» и выбираем раздел «Таблица», который является наиболее точным и информативным видом представления данных из всех имеющихся в программе. Расскажем о принципе настройки, используя эту опцию (рис. 4).

Основная информация таблицы:

- столбцы частоты вращения КВ двигателя (число оборотов, RPM) с шагом 300 мин⁻¹ (см. рис. 4, поз. 1);
- строки, в левой части которых указана примерная нагрузка (см. рис. 4, поз. 2);
- на пересечении строк и столбцов образуются ячейки (поля), в которых отображается цифровой показатель – время впрыска бензина при работе на бензине

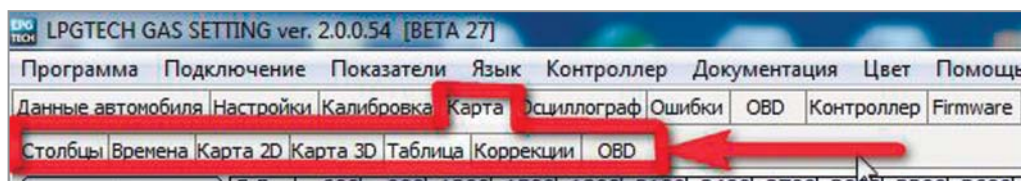


Рис. 3. Различные формы сравнения времени впрыска бензина

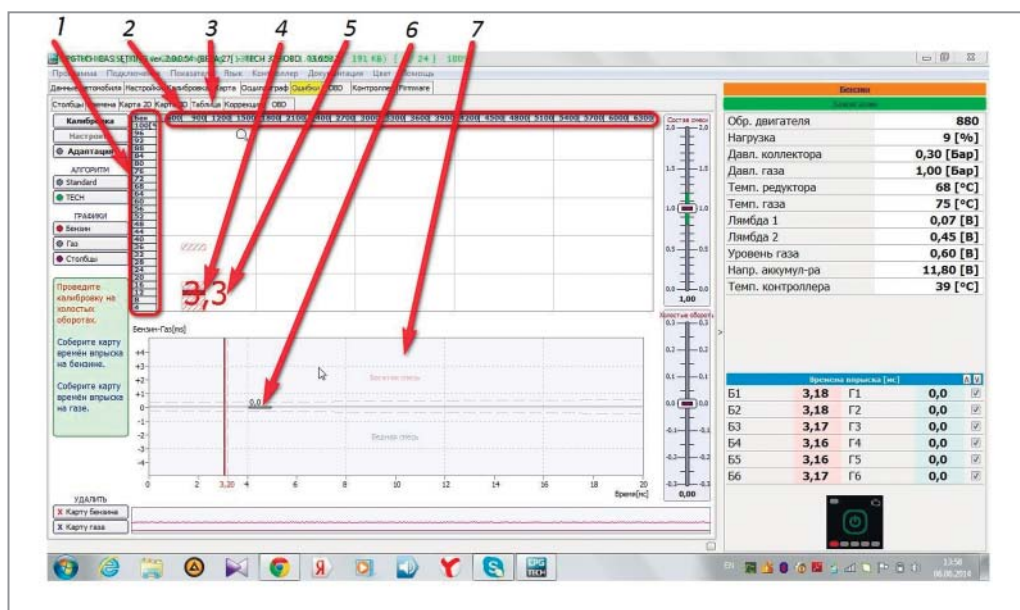


Рис. 4. Таблица в момент начала имитации накатки (дорожный тест) карты времени впрыска бензина

или при работе на газе (см. рис. 4, поз. 5).

Во время настройки по полям таблицы перемещается флажок прямоугольной формы, точно указывающий текущий режим работы двигателя (см. рис. 4, поз. 4). В нижней части под таблицей одновременно автоматически строятся столбцы гистограммы (см. рис. 4, поз. 6), показывающей уровень состава топливно-воздушной смеси (богатая или бедная) при различных значениях времени впрыска (см. рис. 4, поз. 7).

На имитаторе обучающийся может самостоятельно управлять частотой вращения КВ и нагрузкой, начиная с пустой исходной карты (см. рис. 4.), и добиваться требуемого результата (рис. 5-9).

Итак, имитируем накатку в движении автомобиля на бензине на различном времени впрыска бензина. Собираем в таблице цифры в зоне, обозначенной красной линией (см. рис. 5). Этого достаточно, чтобы перейти к настройке на газе.

Теперь надо накатать карту времени впрыска бензина при работе на газе. Еще раз обратим внимание на то, что это не время впрыска газа, а время впрыска бензина при работе на газе (см. рис. 6).

Одновременно с накаткой этой карты рассчитывается карта разницы времени впрыска бензина при работе на бензине и на газе (см. рис. 7). Если карты правильно накатаны, то разница минимальна и не должна превышать 0,5. Если значение выше, значит на газе что-то неправильно настроено. Скорректировать это можно двумя регуляторами (движки), которые находятся справа (см. рис. 7, поз. 5, 6).

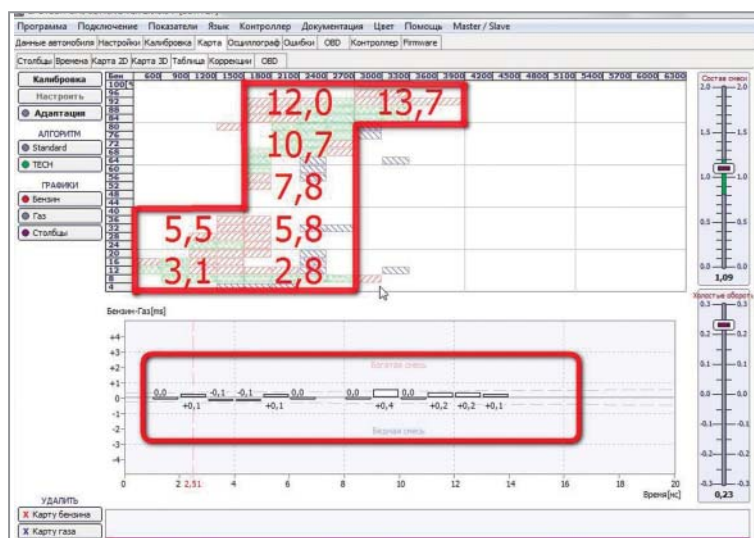


Рис. 5. Таблица карты времени впрыска бензина

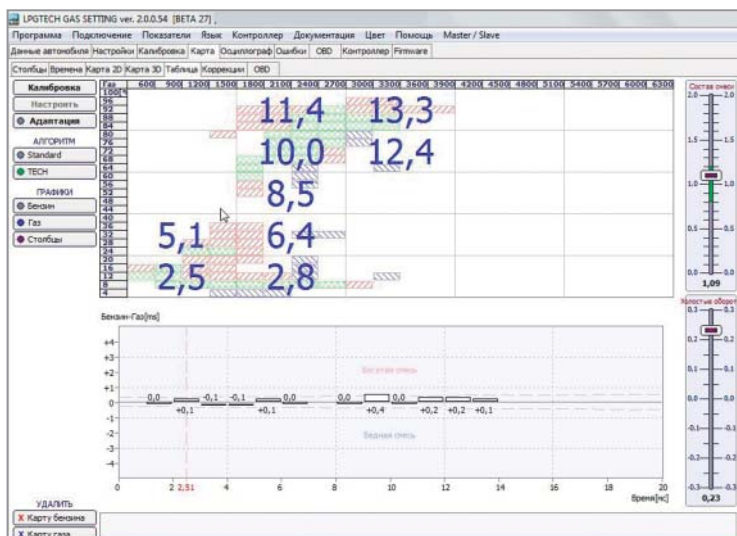


Рис. 6. Таблица карты времени впрыска бензина при работе на газе

На рис. 7 представлены в качестве примеров типичные отклонения. В одной из ячеек карты разница превышает норму и составляет 1,8 (поз. 4). Это также видно и на гистограмме в столбце, фрагмент которого окрашен в красный цвет (поз. 6). Чтобы исправить это отклонение, надо переместить движок (поз. 8) вниз, как указано красной стрелкой (поз. 7), на величину примерно в 16 раз меньше (по времени

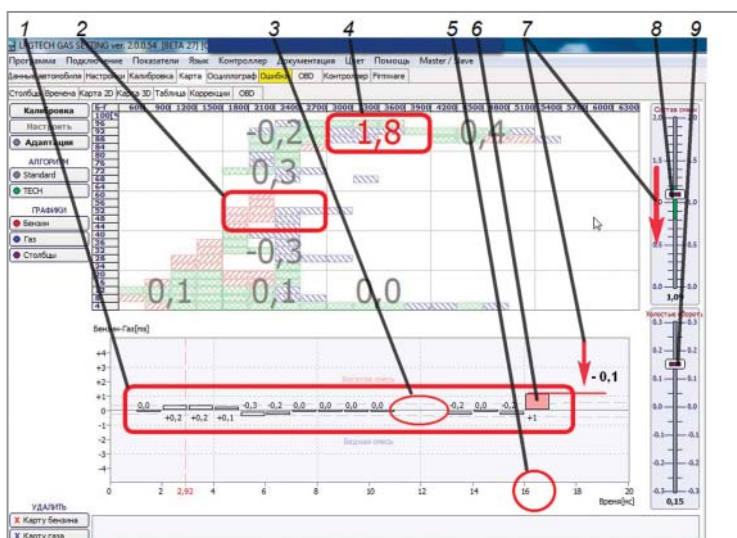


Рис. 7. Таблица разницы времени впрыска бензина при работе на бензине и на газе

впрыска непосредственно под столбцом – поз. 5) указанной в столбце гистограммы (поз. 6). При этом надо симитировать режим движения, соответствующий ячейке с цифрой, которую мы собираемся исправлять. В нашем случае надо, чтобы флажок режима попал в ячейку с числом 1,8 (поз. 4). Через несколько секунд значение 1,8 уменьшится до нормы.

В другом примере в ячейке еще не накатана разница (см. рис. 7, поз. 2). Это подтверждает отсутствие столбцов в этой зоне гистограммы (см. рис. 7, поз. 3). Чтобы появилась цифра в ячейке 2, нужно проверить, накатано ли в ячейке бензиновое время при работе на бензине, и затем путем изменения режима движения накатать время впрыска бензина при работе на газе. Через несколько секунд в этой ячейке появится величина разницы. Так надо прокатать все ячейки, обозначенные красной зоной на рис. 5. Для настройки зоны холостого хода служит второй движок (см. рис. 7, поз. 9).

Обучаемый достаточно быстро осваивает основные приемы, изложенные выше.

В статье описаны только основные принципы настройки программы. Однако на современных автомобилях показателя разницы времени впрыска бензина при работе на бензине и на газе недостаточно для точной и качественной настройки.

Для настройки газовых систем питания приоритет отдается более оперативному и точному показателю, о котором уже говорилось выше, – коррекции, который в бензиновых блоках считывается и передается по высокочастотной шине на стандартный 16-штырьковый диагностический разъем DLC [2]. Отметим, что этот показатель может анализировать только газовый блок управления с функцией OBD (EOBD и OBD II). Разница бензинового времени почти во всех режимах может быть равна или близка к нулю (см. рис. 8), а показатель разницы коррекций значительно отличается от нуля

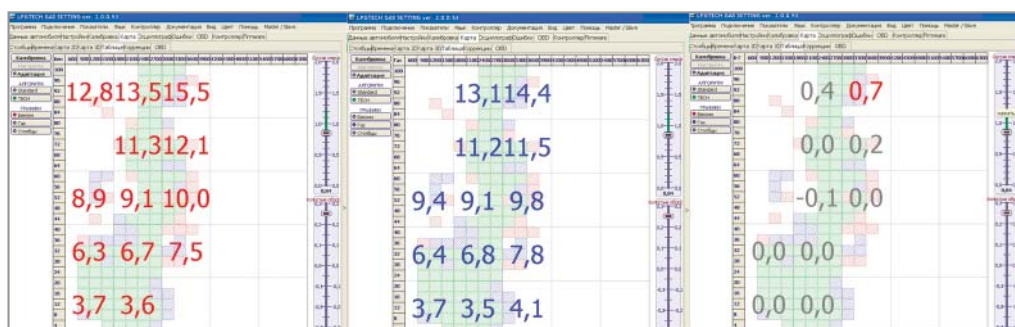


Рис. 8. Пример таблиц времени впрыска бензина при работе на бензине (красные цифры) и на газе (синие цифры) и разницы этих показателей (серые цифры)

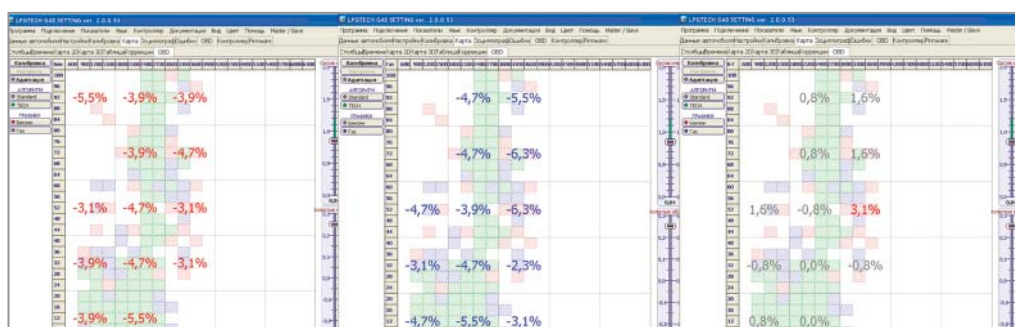


Рис. 9. Карты показателей коррекции топливного баланса: впрыска бензина (красные цифры), впрыска бензина при работе на газе (синие цифры), разницы этих показателей (серые цифры)

(см. рис. 9). Благодаря ей настройщик оценивает и корректирует результаты, приближая эту разницу к минимуму.

Таким образом, наглядно видно, что имитация коррекции, которая в реальных условиях передается OBD, позволяет дополнительно оценить настройку по этому более информативному показателю, который при работе обычного бензинового двигателя не должен превышать 1...2 %. Также очень удобно по

знаку коррекции оценить коэффициент избытка воздуха. Благодаря этому можно настроить автомобиль на газе более точно, уменьшить расход топлива, улучшить динамику.

В практике имитатор используется не только для обучения студентов, магистров, аспирантов, специалистов при повышении их квалификации, но также для диагностики газовых блоков и оценки их технического состояния.

Литература

1. Системы управления бензиновыми двигателями, перевод с немецкого, первое русское издание. – М.: За рулем, 2005. – 423 с., ил.
2. Merksiz J., Mazurek S. Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych. Copiring by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp.z.o.o. – Warszawa, 2007. – 603 s.
3. Системы впрыска газа IV поколения. Инструкция LPG TECH. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.lpgtech.ru/>, свободный. – Дата обращения: апрель 2014.
4. Kneba Z., Makowski S. Pojazdy samochodowe Zasilanie i sterowanie silników: WKŁ. – Warszawa, 2004. – 308 s.

Использование в дизелях смесевых биотоплив с добавками соевого масла

В.А. Марков, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
С.Н. Девянин, профессор, зав. кафедрой МГАУ им. В.П. Горячкина, д.т.н.,
В.А. Неверов, студент МГТУ им. Н.Э. Баумана

Рассмотрены особенности применения в дизелях биотоплив, получаемых с использованием соевого масла. Представлены результаты экспериментальных исследований транспортного дизеля типа Д-245.12С, работающего на смесях дизельного топлива и соевого масла. Показана зависимость показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов от состава смесевого биотоплива.

Ключевые слова:

дизельный двигатель, дизельное топливо, соевое масло, смесевое биотопливо.

В 2000 г. в России потребление моторных топлив составило более 100 млн т, из них автомобильного бензина израсходовано 35 млн, дизельного топлива – около 55 млн, авиационного керосина – 10 млн т. При этом автомобильный транспорт является одним из основных потребителей нефтепродуктов – в 2000 г. на его долю пришлось около 65 млн т моторного топлива. Транспортные двигатели останутся главными потребителями моторных топлив и на период до 2040-2050 гг. В ближайшей перспективе ожидается увеличение спроса на нефтепродукты при примерно постоянных объемах их производства, что вызовет нарастающий дефицит моторных топлив.

Указанные факторы привели к необходимости реконструкции топливно-энергетического комплекса путем более глубокой переработки нефти, применения энергосберегающих технологий,

перехода на менее дорогостоящие виды топлива. Поэтому одним из наиболее перспективных направлений совершенствования двигателей внутреннего сгорания (ДВС) является их адаптация к работе на альтернативных топливах [1].

Все более широкое использование различных альтернативных топлив в ДВС обеспечивает постепенное замещение топлив нефтяного происхождения, значительно расширяет сырьевую базу для производства энергоносителей, облегчает решение вопросов снабжения ими транспортных средств и стационарных установок. Возможность получения альтернативных топлив с требуемыми физико-химическими свойствами позволяет целенаправленно совершенствовать рабочие процессы дизелей и тем самым улучшать показатели их топливной экономичности и токсичности отработавших газов. При этом особое значение имеют альтернативные топлива из

возобновляемых источников энергии (растительные масла, отходы сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности, биомасса), использование которых решает проблему снижения выбросов в атмосферу углекислого газа [2, 3].

Применительно к дизельным двигателям автотракторного типа в качестве перспективных энергоносителей рассматриваются топлива, производимые из растительных масел [4-6]. Это объясняется простотой и экологичностью процесса получения растительных масел, их сравнительно невысокой стоимостью и приемлемой воспламеняемостью в условиях камеры сгорания (КС) дизеля. В связи с этим возможна работа дизелей на указанных биотопливах без существенных конструктивных изменений двигателей и их систем.

Источником растительных масел являются масличные растения, содержащие в различных своих частях (главным образом в семенах или плодах) растительные жиры. К масличным культурам относится более 150 видов растений, способных вырабатывать масла. Различают собственно масличные растения (соя, подсолнечник, рапс) и растения, масло которых является побочным продуктом при их промышленном использовании (хлопчатник, лен-долгунец, конопля). Масличные культуры занимают значительное место

в сельскохозяйственном производстве. Причем, вырабатываются как пищевые растительные масла, так и те, что используются для различных технических целей. Наиболее значимы следующие виды масел: пальмовое, соевое, рапсовое, подсолнечное, кукурузное и др. (рис. 1, 2) [6].

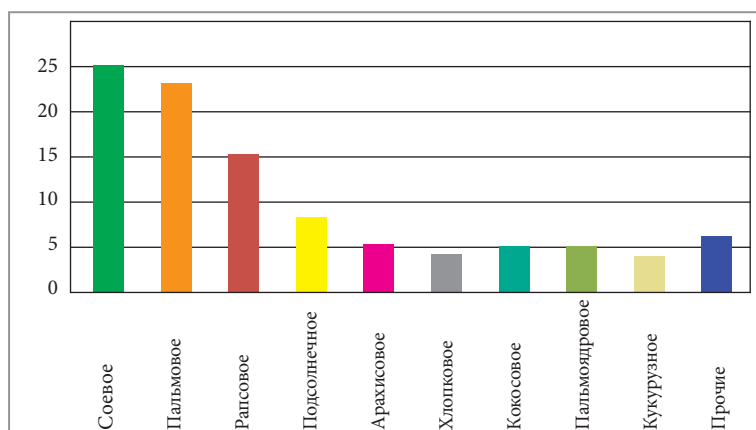


Рис. 2. Мировое производство основных видов масел и жиров (данные 2006 г., %)

В последние годы рынок растительных масел отличался высокой динамикой. К 2000 г. мировой объем производства растительных масел достиг уровня 80 млн т/год, а к 2013 г. он вырос до 150 млн т. Причем суммарное производство трех видов масел – соевого, рапсового и подсолнечного – составило около 80 млн т/год (рис. 3) [7]. К ведущим производителям сои относятся США, Бразилия, Аргентина и Китай. Рапс выращивается в западной и центральной Европе (Австрия, Германия, Франция, Чехия, Россия), в некоторых районах Азии (в первую очередь в Китае и Индии) и в Канаде. Подсолнечник культивируют в России, Украине, Испании, Австрии, США и Канаде.

Российский рынок растительных масел имеет некоторые особенности. В нашей стране наиболее распространенным традиционно является подсолнечное масло (рис. 4) [8]. Объем его производства составляет около 70 % общего

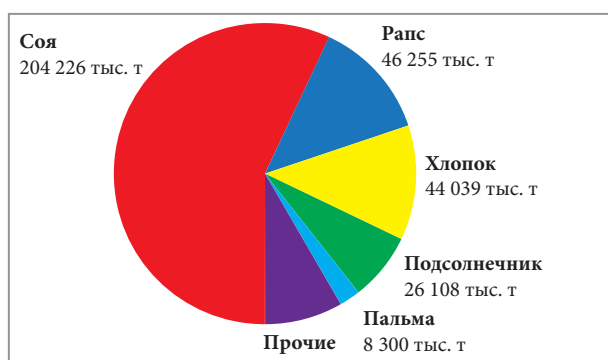


Рис. 1. Валовой сбор маслосемян в мире в 2004 г.

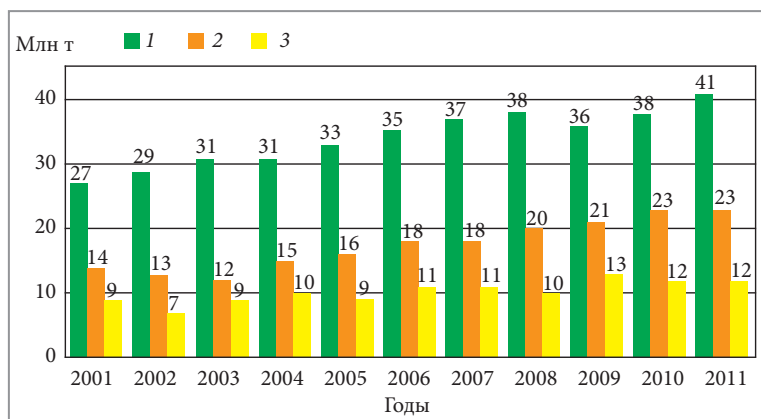


Рис. 3. Динамика мирового производства соевого (1), рапсового (2) и подсолнечного (3) масел

объема вырабатываемых растительных масел. В 2000 г. в РФ под этой сельскохозяйственной культурой было занято около 4,6 млн га, а валовой сбор семян подсолнечника составил около 4 млн т при средней урожайности 9,0 ц с гектара [6]. В настоящее время в России производство подсолнечного масла достигло уровня 3 млн т/год. Соевое и рапсовое масла пока вырабатываются в существенно меньших объемах, но налицо тенденция существенного увеличения их производства, вызванная, кроме прочего, и увеличением

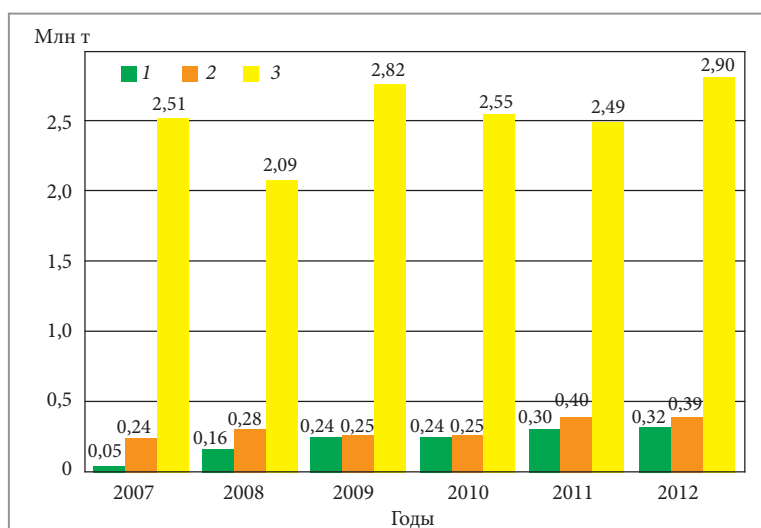


Рис. 4. Динамика производства соевого (1), рапсового (2) и подсолнечного (3) масел в России

производства альтернативных моторных топлив, получаемых из этих масел.

Сравнительный анализ возможностей использования соевого, рапсового и подсолнечного масел в качестве моторных топлив показывает, что по урожайности эти масличные культуры весьма схожи: с 1 га посевных площадей собирают до 3 т семян рапса, 1,6...2,7 т сои (в зависимости от региона выращивания), 2,4...3,2 т семян подсолнечника [6]. На мировом рынке цена соевого масла (СМ) немного ниже цены рапсового и подсолнечного масел (в конце 2010 г. на рынке Северной Европы эти цены составляли соответственно 1300, 1400 и 1450 долл. США за тонну). Следует отметить тенденцию резкого увеличения выработки соевого масла в России: если в 2007 г. его было произведено лишь около 50 тыс. т, то в 2012 г. уже 320 тыс. т, то есть за пять лет производство этого вида растительного масла возросло более чем в шесть раз.

Как отмечено выше соевое масло занимает ведущее место в мировом производстве растительных масел. Оно широко применяется в пищевой промышленности – с его использованием в промышленных масштабах производят массу различных пищевых продуктов. Высокая температура начала дымообразования соевого масла позволяет употреблять его для жарки. Ценным компонентом, извлекаемым из семян сои вместе с жирным маслом, является лецитин, который отделяют для использования в кондитерской и фармацевтической промышленности. Масло может применяться и при обогащении кормов для животных.

Соевое масло представляет собой жидкий продукт, получаемый из семян сои (*Glycine max*). Существует два технологических способа его получения: механический (холодный и горячий отжим) и экстракционный (растворение масел органическими растворителями – бензином, гексаном, этанолом –

и их последующая очистка) [6, 9]. Во втором случае обычно получают техническое растительное масло, которое может применяться для производства биотоплива. Для технического использования подходят растительные масла, выработанные из маслосемян, выращенных в неблагоприятных экологических условиях (рядом с автомобильными трассами, нефтехранилищами, экологически вредными производствами и др.). В качестве сырья для получения моторных топлив могут служить низкокачественные и просроченные растительные масла, а также фритюрные растительные масла, являющиеся отходами пищевой промышленности и объектов общественного питания.

По своим физико-химическим свойствам соевое масло близко к другим растительным маслам [6, 10-13]. В обычных условиях оно имеет плотность от 915 до 930 кг/м³, кинематическую вязкость при 20 °С от 59 до 72 мм²/с, температуру застывания от -15 до -18 °С, йодное число от 120 до 141. Многие свойства этого масла близки к свойствам нефтяных дизельных топлив, что позволяет использовать его в качестве моторного топлива без внесения существенных изменений в конструкцию двигателя. В качестве топлива для дизелей возможно применение чистого соевого масла или его смесей с нефтяным дизельным топливом (ДТ). Из соевого масла получают метиловый, этиловый или бутиловый эфиры, которые используют в качестве самостоятельных топлив или в смесях с нефтяными топливами [14, 15]. В сельской местности, где отсутствует инфраструктура для производства указанных эфиров, наиболее привлекательным способом применения этого масла в качестве моторного топлива представляется работа дизеля на смесях ДТ и СМ с небольшим содержанием последнего. Эти два компонента хорошо смешиваются в любых пропорциях, образуя стабильные смеси.

Известны зарубежные исследования дизелей, работающих на соевом масле и его смесях с нефтяным дизельным топливом, проведенные некоторыми зарубежными двигателестроительными фирмами [16-21]. Вместе с тем, проблема использования СМ в качестве экологической добавки к нефтяным топливам для отечественных дизелей является недостаточно изученной. При этом использование в качестве моторного топлива смесей ДТ и СМ с небольшим содержанием последнего имеет ряд преимуществ по сравнению с работой дизеля на чистом соевом масле. В частности, подбором состава этих смесей можно обеспечить физико-химические свойства, близкие к свойствам стандартного ДТ.

Для оценки возможности использования соевого масла в качестве экологической добавки к нефтяному дизельному топливу проведены экспериментальные исследования дизеля Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5) (табл. 1) Минского моторного завода, устанавливаемого на малотоннажные грузовые автомобили ЗиЛ-5301 «Бычок».

Дизель исследован на моторном стенде АМО «ЗиЛ» на режимах внешней скоростной характеристики и 13-ступенчатого испытательного цикла Правил 49 ЕЭК ООН с установочным углом опережения впрыскивания топлива (УОВТ) $\theta=13$ °ПКВ до верхней мертвой точки (ВМТ) и неизменным положением упора дозирующей рейки (упор максимальной подачи топлива). Моторный стенд был оборудован комплектом необходимой измерительной аппаратуры. Дымность ОГ измерялась с помощью ручного дымомера МК-3 фирмы Hartridge (Великобритания) с погрешностью измерения $\pm 1\%$. Концентрации NO_x, CO, CH в ОГ определялись газоанализатором SAE-7532 фирмы Yanaco (Япония) с погрешностями измерения указанных компонентов $\pm 1\%$.

Параметры дизеля Д-245.12С (4 ЧН 11/12,5)

Параметры	Значение
Тип двигателя	Четырехтактный, рядный, дизельный
Число цилиндров	4
Диаметр цилиндра d , мм	110
Ход поршня S , мм	125
Общий рабочий объем iV_p , л	4,32
Степень сжатия ϵ	16,0
Система турбонаддува	Турбокомпрессор ТКР-6 Борисовского завода автоагрегатов
Тип камеры сгорания / способ смесеобразования	ЦНИДИ / объемно-плечное
Номинальная частота вращения n , мин ⁻¹	2400
Номинальная мощность N_e , кВт	80
Механизм газораспределения	Клапанного типа с верхним расположением клапанов
Система охлаждения	Водяная, принудительная
Система смазки	Принудительная, с разбрызгиванием
Фильтр масляный	Сетчатый
Насос масляный	Шестеренчатый
Система питания	Разделенного типа
Топливный насос высокого давления (ТНВД)	Рядный типа РР4М10U1f фирмы Motorpal с всережимным центробежным регулятором
Диаметр плунжеров ТНВД $d_{пл}$, мм	10
Ход плунжеров ТНВД $h_{пл}$, мм	10
Длина нагнетательных топливопроводов L_p , мм	540
Форсунки	Типа ФДМ-22 производства ОАО «Куроаппаратура» (г. Вильнюс)
Распылители форсунок	Фирмы Motorpal типа DOP 119S534 с пятью сопловыми отверстиями диаметром $d_p=0,34$ мм и проходным сечением $\mu_{fp}=0,250$ мм ²
Давление начала впрыскивания форсунок p_f , МПа	21,5

Исследовались товарное дизельное топливо и его смеси с соевым маслом, содержащие до 20 % СМ (табл. 2).

На первом этапе исследований проведены испытания дизеля Д-245.12С на чистом дизельном топливе и на смеси 80 % ДТ и 20 % СМ на режимах внешней скоростной характеристики. Это смесевое биотопливо имеет физические свойства, приближающиеся к свойствам ДТ. Но его плотность и вязкость все-таки несколько выше аналогичных свойств ДТ (см. табл. 2). Поэтому при переходе от ДТ к исследуемому смесевому биотопливу отмечено небольшое увеличение часового расхода топлива G_T

и некоторое уменьшение коэффициента избытка воздуха α . Однако, крутящий момент двигателя и его эффективная мощность изменились незначительно (рис. 5 и табл. 3).

Из-за наличия в молекулах СМ атомов кислорода теплотворная способность смесевое биотоплива оказалась несколько ниже теплотворной способности ДТ. Это привело к тому, что на большинстве исследуемых режимов при использовании смеси 80 % ДТ и 20 % СМ удельный эффективный расход топлива g_e оказался несколько выше, чем при работе на ДТ. В частности, при переходе с ДТ на указанное смесевое

биотопливо на режиме максимальной мощности с частотой вращения коленчатого вала $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ удельный эффективный расход топлива g_e увеличился от 248,4 до 253,0 г/(кВт·ч), а на режиме максимального крутящего момента при $n=1500 \text{ мин}^{-1}$ – от 226,2 до 232,2 г/(кВт·ч) (см. рис. 5 и табл. 3). Но при этом эффективный КПД дизеля η_e на этих режимах не уменьшился, а на режиме максимальной мощности при $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ даже несколько возрос (см. табл. 3).

Рис. 5. Зависимость эффективной мощности N_e , крутящего момента M_e , часового расхода топлива G_T , коэффициента избытка воздуха α , дымности ОГ K_x и удельного эффективного расхода топлива g_e от частоты вращения n коленчатого вала дизеля Д-245.12С на режимах внешней скоростной характеристики при использовании различных топлив: 1 – ДТ; 2 – смесь 80 % ДТ и 20 % СМ

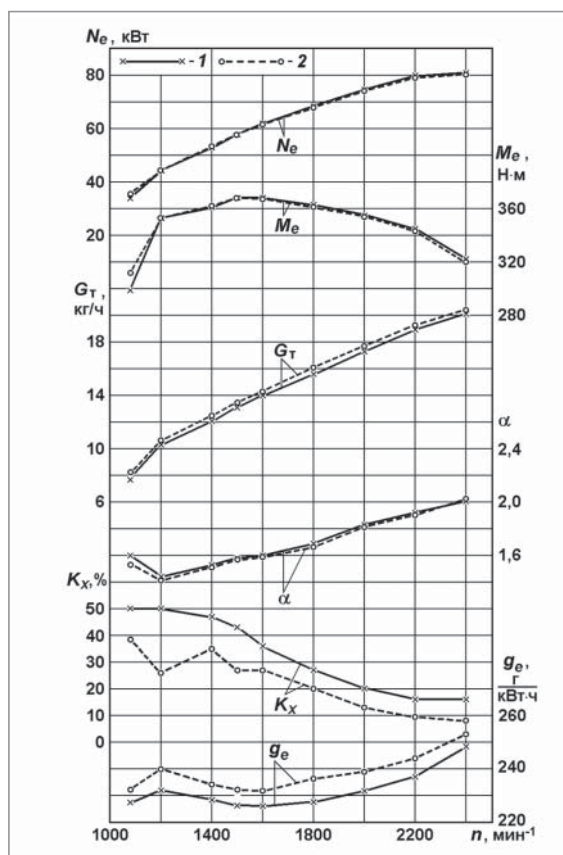


Таблица 2

Физико-химические свойства исследуемых топлив

Свойства	Топливо				
	ДТ	Соевое масло	Смесь 91% ДТ и 9% СМ	Смесь 87% ДТ и 13% СМ	Смесь 80% ДТ и 20% СМ
Плотность при 20 °С, кг/м ³	830	923	838,4	842,1	848,6
Вязкость кинематическая при 20 °С, мм ² /с	3,8	65,0	5,0	6,0	8,0
Коэффициент поверхностного натяжения при 20 °С, мН/м	27,1	33,0	–	–	–
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 300	42 030	41 820	41 460
Цетановое число	45	38	–	–	–
Температура, °С					
самовоспламенения	250	310	–	–	–
потухания	–25	–10	–	–	–
застывания	–35	–18	–	–	–
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг	14,16	12,38	14,13	14,04	13,93
Содержание, % по массе					
С	87,0	77,5	86,1	85,8	85,1
Н	12,6	11,5	12,5	12,4	12,4
О	0,4	11,0	1,4	1,8	2,5
Общее содержание серы, % по массе	0,20	0,005	0,182	0,175	0,161

Примечание: «–» – свойства не определялись; для смесей указано объемное процентное содержание компонентов.

Таблица 3

Показатели дизеля Д-245.12С, работающего на нефтяном ДТ и его смесях с СМ

Показатели дизеля	Топливо			
	ДТ	Смесь 91% ДТ и 9% СМ	Смесь 87% ДТ и 13% СМ	Смесь 80% ДТ и 20% СМ
Часовой расход топлива G_T , кг/ч				
на режиме максимальной мощности	20,10	20,40	20,19	20,39
на режиме максимального крутящего момента	13,10	13,01	13,09	13,47
Крутящий момент дизеля M_e , Н·м				
на режиме максимальной мощности	322	320	318	320
на режиме максимального крутящего момента	368	361	362	368
Удельный эффективный расход топлива g_e , г/(кВт·ч)				
на режиме максимальной мощности	248,4	253,6	253,1	253,0
на режиме максимального крутящего момента	226,2	229,1	230,9	232,2
Эффективный КПД дизеля η_e				
на режиме максимальной мощности	0,341	0,338	0,340	0,343
на режиме максимального крутящего момента	0,374	0,374	0,373	0,374
Дымность ОГ K_x				
на режиме максимальной мощности	16	10	9	8
на режиме максимального крутящего момента	43	31	28	27
Интегральные на режимах 13-ступенчатого цикла эффективные показатели двигателя				
эффективный расход топлива $g_{e_{усл}}$, г/(кВт·ч)	247,97	251,42	252,30	255,15
эффективный КПД $\eta_{e_{усл}}$	0,342	0,341	0,341	0,340
Интегральные на режимах 13-ступенчатого цикла удельные массовые выбросы, г/(кВт·ч)				
оксидов азота e_{NO_x}	7,018	5,896	5,815	5,683
монооксида углерода e_{CO}	1,723	1,548	1,492	1,535
несгоревших углеводородов $e_{сн}$	0,788	0,762	0,730	0,715

Наличие в молекулах СМ атомов кислорода привело к заметному уменьшению дымности ОГ при работе дизеля на исследуемом смесевом биотопливе. Так, на режиме максимальной мощности при $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ переход с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % СМ сопровождался снижением дымности ОГ K_x от 16 до 8 % по шкале Хартриджа, а на режиме максимального крутящего момента при $n=1500 \text{ мин}^{-1}$ – от 43 до 27 % по шкале Хартриджа (см. рис. 5 и табл. 3).

Результаты экспериментальных исследований Д-245.12С на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла Правил 49 ЕЭК ООН представлены на рис. 6. Как отмечено выше, использование рассматриваемого смесевого биотоплива привело к незначительному увеличению часового расхода топлива G_T . Так, при переводе дизеля с ДТ на смесь

80 % ДТ и 20 % СМ на режиме максимальной мощности при $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ величина G_T возросла от 19,84 до 20,15 кг/ч, а на режиме максимального крутящего момента при $n=1500 \text{ мин}^{-1}$ – от 13,20 до 13,47 кг/ч (рис. 6а).

При использовании смесевого биотоплива отмечено значительное снижение концентрации в ОГ оксидов азота C_{NO_x} (рис. 6б). Так, перевод дизеля с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % СМ на режиме холостого хода при $n=880 \text{ мин}^{-1}$ сопровождался уменьшением концентрации C_{NO_x} от 0,0100 до 0,0080 %, на режиме максимального крутящего момента при $n=1500 \text{ мин}^{-1}$ – от 0,0700 до 0,0590 %, на режиме максимальной мощности при $n=2400 \text{ мин}^{-1}$ – от 0,0605 до 0,0515 %.

При использовании смесевого биотоплива на большинстве исследованных режимов отмечена тенденция снижения

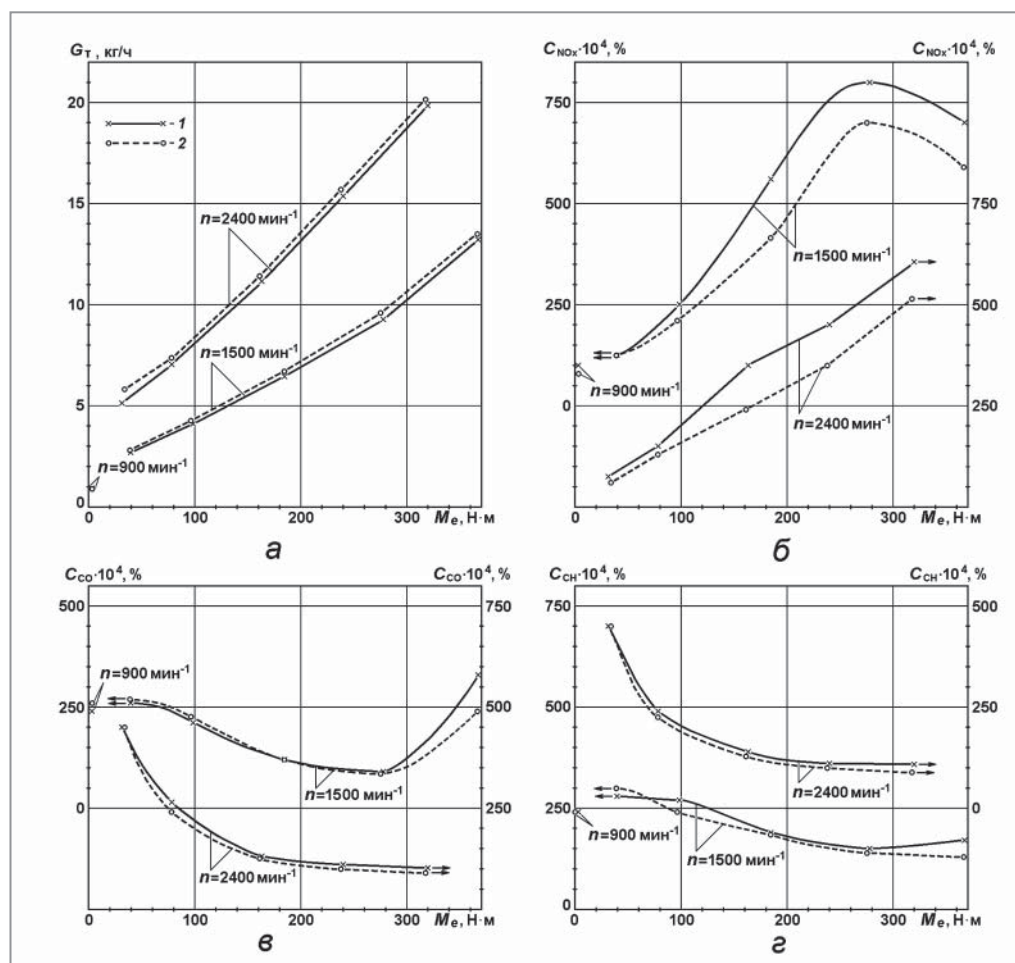


Рис. 6. Зависимость часового расхода топлива G_T (а), объемных концентраций в ОГ оксидов азота C_{NOx} (б), монооксида углерода C_{CO} (в) и газообразных углеводородов C_{CH} (г) от частоты вращения n и крутящего момента M_e дизеля Д-245.12С при использовании различных топлив:

1 – ДТ; 2 – смесь 80 % ДТ и 20 % СМ

содержания в ОГ монооксида углерода C_{CO} (рис. 6в). Если на режиме холостого хода при $n=880$ мин⁻¹ перевод дизеля с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % СМ сопровождался увеличением значения C_{CO} от 0,0240 до 0,0260 %, то на режиме максимального крутящего момента при $n=1500$ мин⁻¹ концентрация монооксида углерода в ОГ снизилась от 0,0330 до 0,0240 %, а на режиме максимальной мощности при $n=2400$ мин⁻¹ – от 0,0102 до 0,0090 %.

Применение исследуемого биотоплива оказывает положительное влияние и на концентрацию в ОГ

несгоревших углеводородов C_{CH} (рис. 6г). Наиболее заметно оно на режимах со средними и большими нагрузками. Так, на режиме максимального крутящего момента при $n=1500$ мин⁻¹ перевод дизеля с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % СМ сопровождался снижением C_{CH} от 0,0170 до 0,0130 %, а на режиме максимальной мощности при $n=2400$ мин⁻¹ – от 0,0108 до 0,0090 %. Лишь на режиме холостого хода при $n=880$ мин⁻¹ и на режимах с малыми нагрузками содержание несгоревших углеводородов в ОГ оказалось примерно одинаковым при работе на этих двух видах топлива.

По приведенным на рис. 6 б,в,г характеристикам содержания в ОГ газообразных нормируемых токсичных компонентов (NO_x , CO, CH) с использованием общепринятых методик рассчитаны их интегральные удельные массовые выбросы на режимах 13-ступенчатого цикла (соответственно e_{NO_x} , e_{CO} , e_{CH}). Оценка эксплуатационного расхода топлива на режимах 13-ступенчатого цикла проведена по среднему (условный) удельному эффективному расходу топлива, который определялся с использованием рис. 6а и зависимости [6]

$$g_{e\text{ усл}} = \frac{\sum_{i=1}^{13} G_{Ti} K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{ei} K_i},$$

где G_{Ti} и N_{ei} – часовой расход топлива и эффективная мощность двигателя на i -м режиме; K_i – доля времени работы двигателя на этом режиме.

Поскольку исследуемые смесевые биотоплива имеют меньшую теплотворную способность, топливная экономичность дизеля при работе на этих топливах оценивалась не только удельным эффективным расходом топлива g_e , но и эффективным КПД дизеля η_e . Причем, для интегральной оценки работы дизеля на режимах 13-ступенчатого цикла использован условный эффективный КПД, определяемый из соотношения

$$\eta_{e\text{ усл}} = \frac{3600}{H_U g_{e\text{ усл}}},$$

где H_U – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Результаты расчетов указанных параметров представлены в табл. 3. Они подтверждают возможность улучшения экологических показателей дизеля Д-245.12С при его переводе с ДТ на смесь 80 % ДТ и 20 % СМ. Так, на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента при подаче в КС дизеля смеси 80 % ДТ и 20 % СМ дымность ОГ снизилась на 37...50 % по сравнению с использованием стандартного ДТ.

При исследованиях дизеля на указанной смеси отмечено снижение интегральных на режимах 13-ступенчатого цикла удельных массовых выбросов всех трех газообразных нормируемых токсичных компонентов ОГ (NO_x , CO, CH). Выброс оксидов азота e_{NO_x} уменьшился с 7,018 до 5,683 г/(кВт·ч) – на 19,0 %, выброс монооксида углерода e_{CO} снизился с 1,723 до 1,535 г/(кВт·ч) – на 10,9 %, выброс несгоревших углеводородов e_{CH} сократился с 0,788 до 0,715 г/(кВт·ч) – на 9,3 %. При этом условный эффективный КПД дизеля $\eta_{e\text{ усл}}$ остался практически неизменным – он уменьшился от 0,342 до 0,340, что соизмеримо с точностью его определения (см. табл. 3).

Представленные на рис. 5 и 6 характеристики получены при испытаниях дизеля Д-245.12С на ДТ и смеси 80 % ДТ и 20 % СМ. Аналогичные характеристики определены и при испытаниях этого дизеля на смесях 91 % ДТ с 9 % СМ и 87 % ДТ с 13 % СМ. По результатам этих исследований определены интегральные на режимах 13-ступенчатого цикла показатели топливной экономичности и удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ. Результаты проведенных расчетов приведены на рис. 7 и в табл. 3.

В диапазоне изменения содержания СМ в смесевом биотопливе $C_{СМ}$ от 0 до 20 % отмечено увеличение удельного эффективного расхода топлива g_e , составившее на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента $\Delta g_e = 4...6$ г/(кВт·ч) (рис. 7а). Это вызвано меньшей теплотворной способностью исследуемых смесевых биотоплив по сравнению с ДТ. Однако при этом эффективный КПД дизеля η_e изменялся очень незначительно.

В рассматриваемом диапазоне изменения содержания СМ в смесевом биотопливе $C_{СМ}$ отмечено значительное снижение дымности ОГ K_x , составившее на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента соответственно 8 и 16 % по шкале Хартриджа (см. рис. 7а).

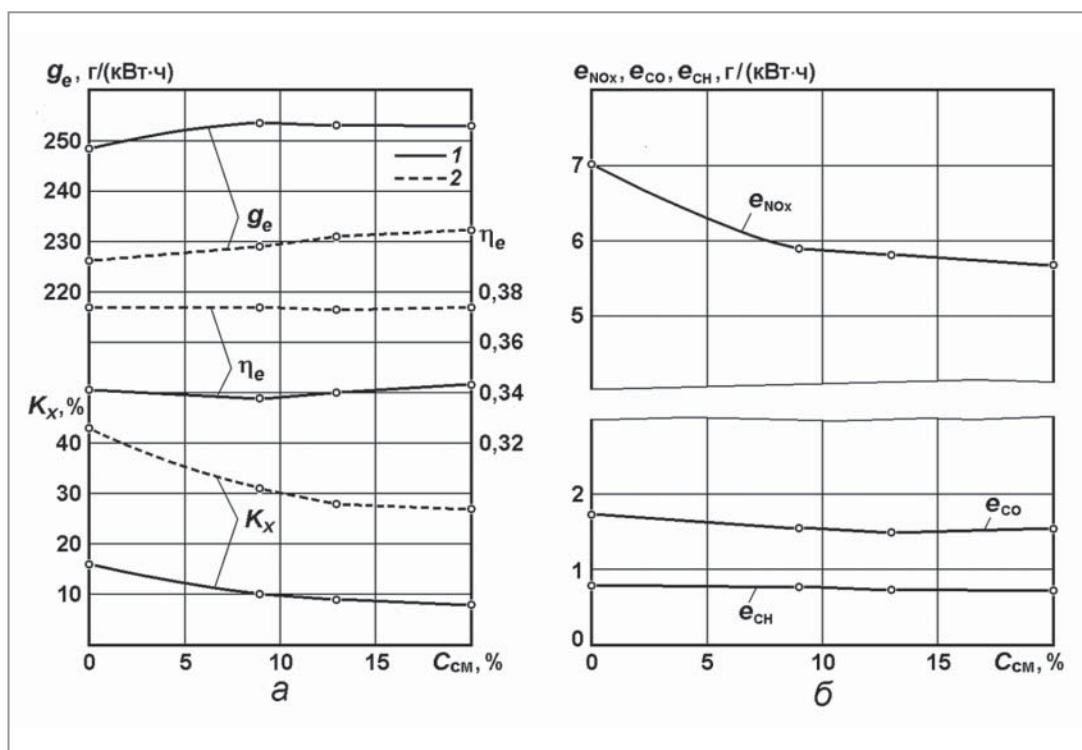


Рис. 7. Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e , эффективного КПД η_e дизеля Д-245.12С и дымности ОГ K_x от содержания СМ в смесевом биотопливе C_{SM} на режимах внешней скоростной характеристики (а) и зависимость удельных массовых выбросов оксидов азота e_{NOx} , монооксида углерода e_{CO} и несгоревших углеводородов e_{CH} с ОГ дизеля Д-245.12С от содержания СМ в смесевом биотопливе C_{SM} на режимах 13-ступенчатого цикла (б):

1 – на режиме максимальной мощности при $n=2400$ мин⁻¹; 2 – на режиме максимального крутящего момента при $n=1500$ мин⁻¹

Значения удельных массовых выбросов токсичных компонентов e_{NOx} , e_{CO} , e_{CH} (см. рис. 7б и табл. 3) подтверждают их зависимость от концентрации СМ в смеси C_{SM} . При этом отмечено монотонное снижение этих выбросов во всем диапазоне увеличения C_{SM} . Лишь в диапазоне изменения C_{SM} от 13 до 20 % отмечено небольшое увеличение удельного массового выброса монооксида углерода C_{CO} от 1,492 до 1,535 г/(кВт·ч).

В заключение необходимо отметить, что указанное улучшение экологических показателей при использовании смесей ДТ и СМ получено без изменения конструктивных и регулировочных параметров дизеля Д-245.12С. Для достижения еще большего снижения выбросов

токсичных компонентов ОГ и улучшения показателей топливной экономичности двигателя при его адаптации к работе на биотопливах необходимо совершенствование конструкции. В частности целесообразно совершенствование проточной части распылителей форсунок для уменьшения длины струй топлива и их согласование с формой КС, а также уточнение регулировочных параметров дизеля (в первую очередь уточнение значений УОВТ и организация его регулирования при изменении свойств применяемого топлива).

В целом, проведенные исследования подтвердили возможность эффективно-го использования смесей дизельного топлива и соевого масла в качестве топлива для отечественных дизелей.

1. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А.А. Александров, И.А. Архаров, В.А. Марков и др. Под ред. А.А. Александрова, В.А. Маркова. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2012. – 791 с.
2. **Васильев И.П.** Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. – Луганск: Изд-во Восточноукраинского ун-та им. В. Даля, 2009. – 240 с.
3. **Семёнов В.Г.** Биодизель. Физико-химические показатели и эколого-экономические характеристики работы дизельного двигателя. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – 186 с.
4. Биоэнергетика: Мировой опыт и прогнозы развития / Л.С. Орстик, Н.Т. Сорочкин, В.Ф. Федоренко и др. Под ред. В.Ф. Федоренко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
5. **Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
6. Использование растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В.А. Марков, С.Н. Девянин, В.Г. Семенов и др. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико-М», 2011. – 536 с.
7. **Ивашура С.В.** Рынок масличных в новом столетии // Масла и жиры. – 2011. – № 2. – С. 4-7.
8. **Морозов Ю.Н.** Анализ масложирового рынка России и возможные перспективы развития // Масла и жиры. – 2012. – № 7. – С. 4-6.
9. **Смирнов А.Ф.** Переработка соевых бобов // Масла и жиры. – 2011. – № 3. – С. 12-13.
10. **Кулиев Р.Ш., Ширинов Ф.Р., Кулиев Ф.А.** Физико-химические свойства некоторых растительных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1999. – № 4. – С. 36-37.
11. **Малашенков К.** Альтернативный рапс // Сельский механизатор. – 2007. – № 1. – С. 26-27.
12. **Горбачев М.** Альтернативные источники энергии для АПК // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 6-7.
13. **Goering C.E.** Fuel Properties of Eleven Oil Fuels // SAE Technical Paper Series. – 1981. – № 813579. – 7 p.
14. **Wagner L.E., Clark S.J., Schrock M.D.** Effects of Soybean Oil Esters on the Performance, Lubricating Oil, and Water of Diesel Engine // SAE Technical Paper Series. – 1984. – № 841385. – P. 57-72.
15. **Clark S.J., Wagner L., Schrock M.D., Piennaar P.G.** Methyl and Ethyl Soybean Esters as Renewable Fuels for Diesel Engines // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1984. – Vol. 61. – № 10. – P. 1632-1638.
16. **Zaher F.A.** Vegetable Oil as Alternative Fuel for Diesel Engines: a Review // Grasas y Aceites. – 1990. – Vol. 41. – № 1. – P. 82-91.
17. **Fishing M.K.C., Engelman H.W., Guenther D.A.** Service Trial of Waste Vegetable Oil as a Diesel Fuel Supplement // SAE Technical Paper Series. – 1981. – № 811215. – 6 p.
18. **Ziemke M.C., Peters J.F., Schroer B.** Long-Term Operator of a Turbocharged Diesel Engine on Soybean Oil Fuel Blends // SAE Technical Paper Series. – 1983. – № 831222. – P. 93-103.
19. **Varde K.S.** Soy Oil Sprays and Effects on Engine Performance // Transactions of the ASAE. – 1984. – Vol. 27. – № 2. – P. 326-330, 336.
20. **Mazed M.A., Summers J.D., Batchelder D.G.** Peanut, Soybean and Cottonseed Oil as Diesel Fuels // Transactions of the ASAE. – 1985. – Vol. 28. – № 5. – P. 1375-1377.
21. **Schlautman N.J., Schinstock J.L., Hanna M.A.** Unrefined Expelled Soybean Oil Performance in a Diesel Engine // Transactions of the ASAE. – 1986. – Vol. 29. – № 1. – P. 70-73, 80.

Анализ возможности снижения расхода топлива и токсичности выбросов дизеля на режимах малых нагрузок

Н.Н. Патрахальцев, профессор РУДН, д.т.н.,
 А.А. Савастенко, доцент РУДН, к.т.н.,
 Т.С. Аношина, аспирант РУДН,
 Р.О. Камышников, аспирант РУДН

Приводятся результаты анализа возможности снижения расхода топлива и токсичности выбросов дизеля на режимах малых нагрузок путем отключения части цилиндров или циклов. Анализ проводился с использованием методики оценки показателей дизеля на основе экспериментальных универсальных характеристик по показателям экономичности и токсичности.

Ключевые слова:

дизель, режимы малых нагрузок и холостых ходов, повышение экономичности, снижение токсичности, регулирование отключением цилиндров, изменение рабочего объема дизеля.

Транспортные двигатели в современных условиях эксплуатации работают с низкими коэффициентами загрузки, достигающими уровней 0,4...0,3 и даже ниже, доля режимов малых нагрузок и холостых ходов во всем времени эксплуатации значительно возросла. Показатели экономичности таких режимов существенно хуже аналогичных показателей работы дизеля на средних и полных нагрузках. В результате часовые и путевые расходы топлива транспортным средством возрастают [1]. При этом возрастают и удельные выбросы CO_2 , влияющего на усиление парникового эффекта. Отмечается также, что на режимах малых нагрузок и холостых ходов повышается токсичность выбросов с отработавшими газами (ОГ), увеличивается расход масла и т.д.

Одним из методов повышения экономичности и воздействия на показатели токсичности дизеля на режимах малых нагрузок является отключение части цилиндров [2]. При этом возникает вопрос о степени влияния отключения цилиндров на токсичность ОГ.

Основными токсичными компонентами ОГ дизеля являются оксиды азота (NO_x). Доля вредности, вносимая ими в ОГ, достигает 90 % и более [3]. Условия их образования в цилиндре дизеля таковы, что объемные концентрации NO_x в ОГ на малых нагрузках сравнительно малы, а с ростом нагрузки они возрастают. Существо метода отключения цилиндров заключается в том, что оставшиеся в работе (активные)

цилиндры выполняют ту же исходную работу, благодаря повышению развиваемой ими нагрузки. В результате объемные концентрации NO_x в ОГ этих цилиндров также возрастают. Возникает вопрос, как изменяются удельные и суммарные выбросы оксидов азота дизелем, регулируемым методом отключения цилиндров при сохранении исходной малой нагрузки? (Что же касается выбросов CO и CH , то условия их образования в цилиндрах таковы, что с ростом нагрузки концентрации этих компонентов в ОГ снижаются, а следовательно заведомо снижаются и удельные выбросы. Вопрос об удельных выбросах сажи требует такого же анализа, как и для NO_x , несмотря на то, что доля их вредности в ОГ сравнительно мала).

Существо применяемой для решения этой задачи методики заключается в следующем. Для ее реализации используются универсальные многопараметровые характеристики (МПХ) дизеля, содержащие параметрические кривые постоянных удельных эффективных расходов топлива ($g_e=f(p_e, n)$), а также постоянных объемных концентраций оксидов азота ($W_{\text{NO}_x}=f(p_e, n)$). При этом ордината p_e заменяется показателем удельной эффективной работы двигателя ($L_{\text{уд}}$) с использованием приведенных далее уравнений. Работа дизеля при всех работающих (активные) цилиндрах (то есть полноразмерный дизель) характеризуется показателями эффективного крутящего момента (M_e) и среднего эффективного давления (p_e). При этом M_e отражает эффективность работы всего двигателя, а p_e – как эффективность работы всего двигателя, так и одного цилиндра. Если часть цилиндров выключена (деактивирована), то применить p_e для характеристики всего двигателя нельзя, теряется физический смысл этого понятия. Зато можно оценить работу всего двигателя, функционирующего на некотором количестве z активных цилиндров, выполняемой им удельной работой ($L_{\text{уд}}$), то есть полной выполняемой им работой, отнесенной к рабочему объему активных (не выключенные) цилиндров [2].

Методика применима для оценки экономичности и токсичности выбросов дизеля с отключением цилиндров при условии, что абсолютные значения механических потерь в нем зависят только от частоты вращения вала.

Допустим, что режим полноразмерного дизеля задан через среднее эффективное давление p_e , МПа. Тогда

$$L_{\text{полн}} = 500 p_e i V_h, \text{ Дж}, \quad (1)$$

где V_h – литраж одного цилиндра двигателя.

Для полноразмерного дизеля удельная работа равна

$$L_{\text{уд}} = 500 p_e, \text{ Дж}/(\text{дм}^3). \quad (2)$$

Для дизеля с отключением части цилиндров (ОЦ) или циклов, то есть с числом активных цилиндров z получаем

$$L_{\text{уд}}^{\text{оц}} = 500 p_e i V_h / (z V_h) = 500 p_e i / z, \text{ Дж}/(\text{дм}^3). \quad (3)$$

В качестве объекта исследования примем дизель КАМАЗ-7406 (8 ЧН 12/12) ($V_h=1,36 \text{ дм}^3$, $iV_h=10,85 \text{ дм}^3$). Его универсальная характеристика (рис. 1) заимствована из работы [4] и адаптирована к условиям проведения расчетов по предлагаемой методике. Адаптация выполнена как частичным интерполированием и экстраполированием параметров, так и прежде всего заменой шкалы среднего эффективного давления (p_e) на удельную работу ($L_{\text{уд}}$) в соответствии с уравнением (2) и схемой на рис.1.

Пусть дизель работает с малой нагрузкой при $M_{e8}=80 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Полная работа полноразмерного дизеля (число активных цилиндров $z=8$) составляет

$$L_{\text{полн}} = 502 \text{ Дж}. \quad (4)$$

Допустим, что эту же работу дизель выполняет (а следовательно развивает ту же мощность и тот же крутящий момент) при числе активных цилиндров $z=1$,

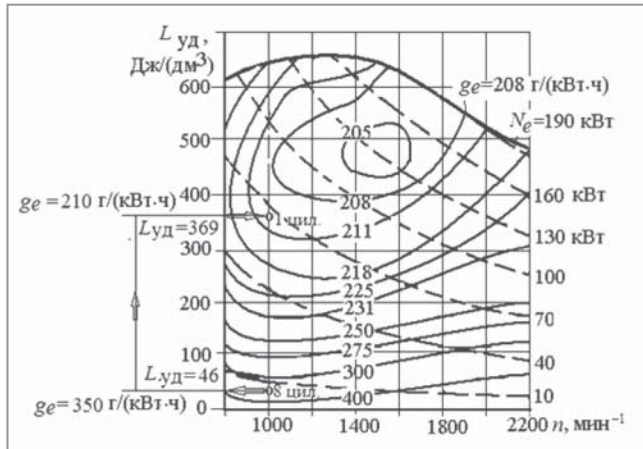


Рис. 1. Универсальная характеристика дизеля КАМАЗ-7406 (8 ЧН 12/12), перестроенная в координаты $L_{уд} - n$:
 ○ – режимы работы дизеля с числом активных цилиндров $z=8$ и $z=1$ при одинаковой малой нагрузке (менее 10 % от полной) и $n=1000$ мин⁻¹

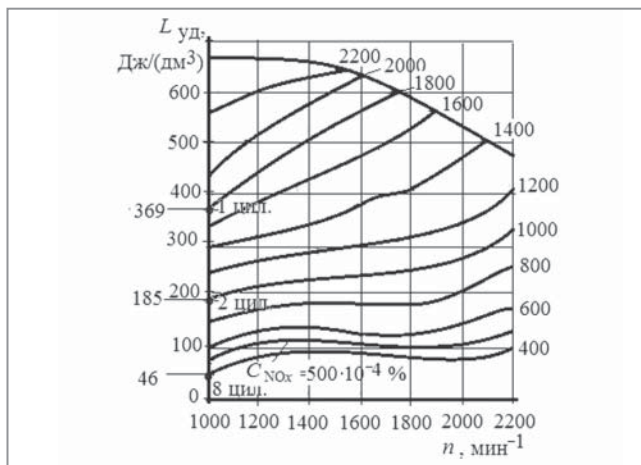


Рис. 2. Универсальная характеристика дизеля КАМАЗ-7406 по концентрации оксидов азота в ОГ [4] (в качестве примера режимы выбраны режимы, показанные на рис. 1, которые разъясняют возможность повышения экономичности дизеля при отключении цилиндров):
 G_{NOx} – часовой выброс оксидов азота, г/ч

то есть когда рабочий объем двигателя уменьшен в соответствии с числом активных цилиндров и составляет: $z V_h = 1,36$ дм³.

Следовательно удельные работы дизеля с разным числом активных цилиндров составят:

$$\text{при } z=8: L_{уд8} = 502/8 \cdot 1,36 = 46 \text{ Дж}/(\text{дм}^3); \quad (5)$$

$$\text{при } z=1: L_{уд1} = 502/1,36 = 369 \text{ Дж}/(\text{дм}^3). \quad (6)$$

Тогда с использованием универсальной характеристики (см. рис. 1) получаем удельные эффективные расходы топлива полноразмерного дизеля $g_{e8} = 350$ г/(кВт·ч) и дизеля с одним активным цилиндром $g_{e1} = 210$ г/(кВт·ч). Относительный выигрыш в расходе топлива (Δg_e) определяем по соотношению

$$\Delta g_e = [(g_{e8} - g_{e1}) / g_{e8}] 100\%. \quad (7)$$

То есть он составляет $\Delta g_e \approx 40\%$.

Для анализа выбросов токсичного компонента ОГ (NO_x) используем универсальную характеристику (рис. 2), также перестроенную в координаты удельной работы.

В последующих формулах концентрации оксидов азота (W_{NO_x}) переведены в ppm (1 ppm = 10^{-4} %, то есть $500 \cdot 10^{-4}$ % = 500 ppm). Поэтому расчеты ведутся по соотношению [5]

$$G_{NO_x} = 0,001587 \cdot W_{NO_x} G_{OG}, \text{ г/ч}, \quad (8)$$

где W_{NO_x} – измеренные на каждом режиме объемные концентрации оксидов азота (при отключении части цилиндров концентрации и массовые выбросы NO_x относятся только к активным цилиндрам); G_{OG} – часовой расход отработавших

газов, определяемый как сумма часовых расходов топлива G_t и воздуха G_b , кг/ч (при отключении части цилиндров расход ОГ определяется для активных цилиндров).

Для полноразмерного дизеля на данном режиме

$$G_t = g_e N_e 10^{-3} = 350 \cdot 8,4 \cdot 10^{-3} = 1,94 \text{ кг/ч}, \quad (9)$$

где N_e – эффективная мощность; g_e – определяется из рис. 1.

$$G_{OG} = G_b + G_t = i V_h \eta_v \rho_b n 10^{-3} \cdot 30 + G_t = 8 \cdot 1,36 \cdot 0,73 \cdot 1,24 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} \cdot 30 + 1,94 = 297 \text{ кг/ч}, \quad (10)$$

где η_v и ρ_b – соответственно коэффициент наполнения и плотность воздуха.

$$G_{NO_x} = 0,001587 W_{NO_x} G_{OG} = 0,001587 \cdot 400 \cdot 297 = 188 \text{ г/ч}; \quad (11)$$

$$g_{NO_x} = G_{NO_x} / N_e = 188 / 8,4 \approx 22 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}, \quad (12)$$

где g_{NO_x} – удельный выброс оксидов азота.

При работе с одним активным цилиндром получаем следующее:

$$G_t = g_e N_e 10^{-3} = 210 \cdot 8,4 \cdot 10^{-3} = 1,76 \text{ кг/ч}; \quad (13)$$

$$G_{OG} = G_b + G_t = i V_h \eta_v \rho_b n 10^{-3} \cdot 30 + G_t [\text{кг/ч}] = 1 \cdot 1,36 \cdot 0,73 \cdot 1,24 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} \cdot 30 + 1,76 = 38,7 \text{ кг/ч}; \quad (14)$$

$$G_{NO_x} = 0,001587 W_{NO_x} G_{OG} = 0,001587 \cdot 1800 \cdot 38,7 = 111 \text{ г/ч}; \quad (15)$$

$$g_{NO_x} = G_{NO_x} / N_e = 111 / 8,4 \approx 13 \text{ г/(кВт}\cdot\text{ч)}. \quad (16)$$

То есть в случае реализации того же режима малой нагрузки одним цилиндром удельные выбросы оксидов азота снижаются на ~40 %.

Проведем анализ для случаев работы дизеля при $n=1000 \text{ мин}^{-1}$ с малыми нагрузками следующих уровней: ~7 %, ~14 %, ~21 %, ~28 % мощности на внешней скоростной характеристике при данной частоте вращения. Уровни нагрузок получены пересчетом от исходного значения $M_e=80 \text{ Н}\cdot\text{м}$ при $n=1000 \text{ мин}^{-1}$. При этом для реализации одного и того же режима дизель может работать с разным числом активных цилиндров ($z=8; 6; 4; 2; 1$). На рис. 3 показано, что по мере уменьшения числа активных цилиндров происходит существенное снижение как удельного расхода топлива, так и удельных выбросов NO_x несмотря на то, что объемные концентрации оксидов азота в ОГ работающих цилиндров возрастают.

Очевидно, что по мере возрастания исходной нагрузки пропадает возможность отключения большого числа цилиндров, а также уменьшается эффект повышения экономичности и снижения токсичности (рис. 4). На графиках приведены также уравнения линейной аппроксимации тенденций изменения токсичности выбросов для разных режимов. Аналогичные уравнения получены при анализе возможностей повышения топливной экономичности и снижения токсичности на других скоростных режимах при тех же малых нагрузках.

Хорошее визуальное представление о характере изменения тех или иных показателей дают трехмерные характеристики. Далее с использованием уравнений аппроксимации демонстрируется зависимость снижений удельных выбросов токсичного компонента ОГ от числа активных цилиндров и исходного уровня малой нагрузки для разных частот вращения вала (рис. 5, 6).

Характер изменения возможных выбросов существенно зависит как от нагрузки двигателя, так и от частоты, так как эти же параметры определяют характер параметрических кривых постоянных объемных концентраций оксидов азота (рис. 6). При частоте 1800 мин^{-1} и минимальной нагрузке (~7 %) снижение выброса оксидов азота достигает 50 %. При повышенной нагрузке (~28 %) возможна работа дизеля только на шести или четырех цилиндрах, а эффективность снижения выбросов NO_x падает до 10...15 %. Можно отметить, что длительная работа на режимах малых нагрузок и холостых ходов происходит, как правило, на пониженных частотах. Однако и при номинальных частотах вращения (2200 мин^{-1}) и минимальной нагрузке (~7 %) относительное снижение удельных выбросов оксидов азота может составить 50...60 %.

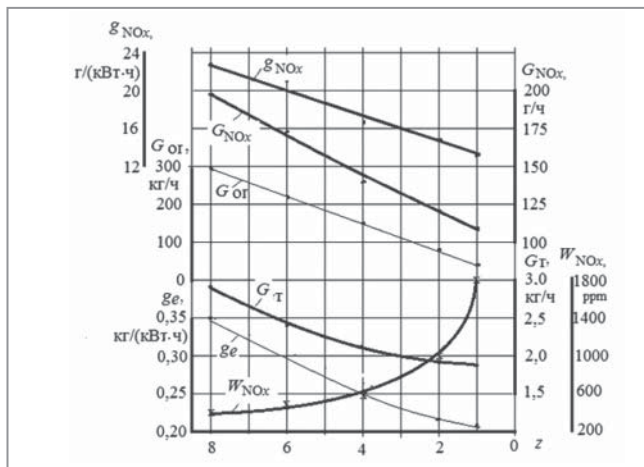


Рис. 3. Влияние отключения цилиндров на экономичность и токсичность по оксидам азота дизеля КАМАЗ–7406 при работе на режиме малой нагрузки $N_e=8,4$ кВт (7 % от значения на ВСХ) при $n=1000$ мин⁻¹

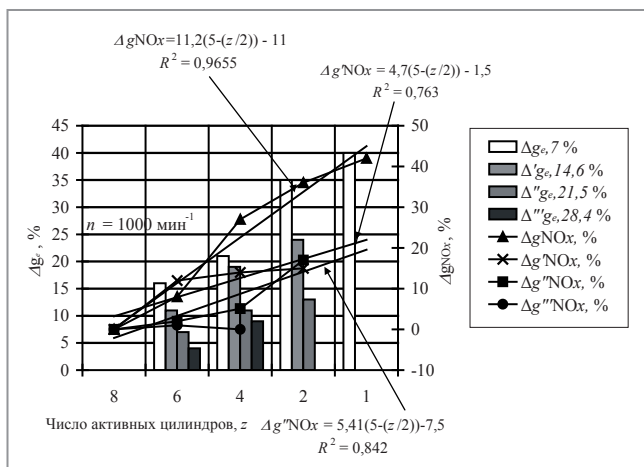


Рис. 4. Относительные выигрыши в удельных расходах топлива (Δg_e) и удельных выбросах оксидов азота (Δg_{NOx}) при реализации исходных режимов малых нагрузок (7 %, 14,6 %, 21,5 %, 28,4 %) при $n=1000$ мин⁻¹ и разным числе (z) активных цилиндров

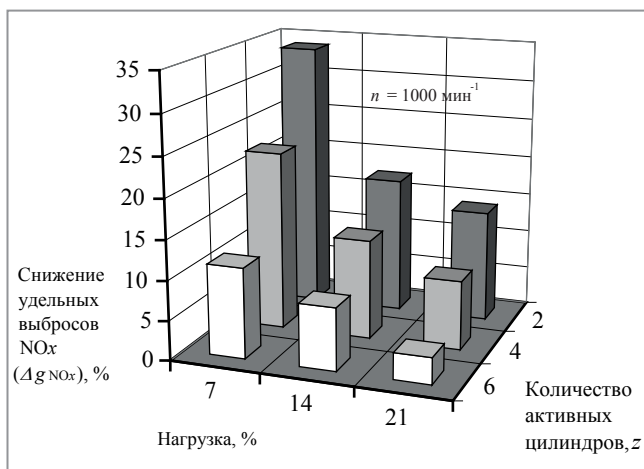


Рис. 5. Относительное снижение удельных выбросов оксидов азота (Δg_{NOx}) в зависимости от числа активных цилиндров (z) при разном уровне нагрузки (%) двигателя КАМАЗ–7406 при частоте вращения вала 1000 мин⁻¹

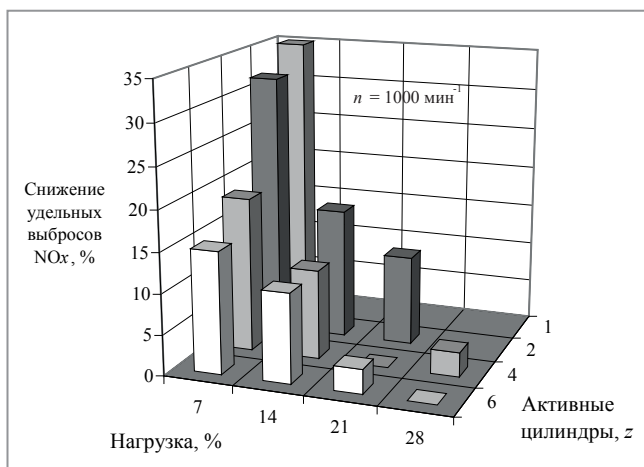


Рис. 6. Относительное снижение удельных выбросов оксидов азота (Δg_{NOx}) в зависимости от числа активных цилиндров (z) при разном уровне нагрузки (%) двигателя КАМАЗ–7406 при частоте вращения вала 1400 мин⁻¹

Таким образом, предложенная методика позволяет оценить возможности снижения токсичности выбросов дизеля на режимах малых нагрузок при применении метода регулирования дизеля отключением цилиндров или циклов (иначе говоря – изменением рабочего объема дизеля). Расчетно-экспериментальный анализ показал, что метод отключения цилиндров может быть достаточно эффективным при решении проблемы не только повышения экономичности, но и снижения токсичности выбросов на режимах малых нагрузок и холостых ходов.

Литература

1. Патрахальцев Н.Н., Петруня И.А., Камышников Р.О., Савастенко Э.А. Оценка возможности повышения экономичности автомобиля с двигателем с регулируемым рабочим объемом // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 6. – С. 10-12.
2. Патрахальцев Н.Н., Петруня И.А., Камышников Р.О., Савастенко Э.А. Возможности повышения экономичности режимов малых нагрузок автомобильного двигателя // Автомобильная промышленность. – 2014. – № 4. – С. 9-10.
3. Патрахальцев Н.Н., Петруня И.А., Камышников Р.О., Скрипник Д.С. Снижение токсичности и дымности выбросов дизеля добавкой СПБТ и изменением рабочего объема // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3 (39). – С. 41-47.
4. Марков В.А., Девянин С.Н., Мальчук В.И. Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 360 с.
5. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие для высшей школы, 2-е изд., испр. и доп. – М.: Академический проект, 2004. – 400 с.

БАЛСИТИ

ООО «Балсити» – ведущий производитель автомобильных баллонов для сжиженного углеводородного газа, занимающий лидирующую позицию на российском рынке. Компания является эксклюзивным поставщиком газовых баллонов на конвейер Горьковского автомобильного завода (ГАЗ).



ПРОДУКЦИЯ:

АВТОМОБИЛЬНЫЕ БАЛЛОНЫ ДЛЯ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА:

Тороидальные и спаренные баллоны – от 42 до 95 л.
Цилиндрические баллоны – от 30 до 220 л.
Газгольдер: 480 л.



г.Москва, 119071, Ленинский проспект 29,
офис № 628 +7 (495) 955-41-95
balcity@balcity.ru www.balcity.ru

Использование газомоторного топлива на автотранспорте в Китае

Цао Бо, аспирант РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина (Китай),
Б.С. Рачевский, профессор РГУ нефти и газа имени И.М.Губкина, д.т.н.

В статье приводятся данные о развитии газомоторного рынка Китая на фоне общемирового применения природного газа в качестве моторного топлива, приводятся исторические данные о становлении этого рынка. Дается характеристика современного состояния проблем использования природного газа на транспорте.

Ключевые слова:

газомоторное топливо, КПП, СПГ, СПБ, мировой уровень, газомоторный рынок Китайской Народной Республики.

Бурное развитие в мире транспортных средств потребовало увеличения добычи и использования нефти, что привело к сокращению ее мировых запасов и, как следствие, к росту цен на нефть и нефтепродукты, ухудшению экологии крупных городов от вредных выбросов автомобилей. С целью решения возникшей проблемы многие страны мира стали переводить автотранспорт на более дешевый и экологичный вид топлива – природный газ (ПГ), запасы которого значительно превосходят запасы нефти. В настоящее время одной из передовых стран в области использования природного газа в качестве моторного топлива является Китайская Народная Республика.

По данным мировой статистики, из всех независимых государств, число которых на сегодня в мире составляет 193, используют природный газ в качестве моторного топлива 86 стран. За последние 15 лет мировой парк газобаллонных автомобилей (ГБА), работающих на компримированном природном газе (КПП), вырос в 20 раз и к середине 2014 г. превысил 20 млн ед. (рис. 1). При этом число

автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС), на которых производится и с которых отпускается КПП, составило более 25 тыс. ед.

Лидерами использования природного газа в качестве моторного топлива на июнь 2014 г. являются шесть стран, на которые приходится основной объем реализации КПП и которые располагают наибольшим числом ГБА [1]: Иран – 3 500 000 ГБА, Китай – 3 000 000, Пакистан – 2 790 000, Аргентина – 2 389 570, Индия – 1 800 000, Бразилия – 1 773 403 ГБА. В Европе первое место принадлежит Италии, где к указанному периоду на КПП работало 823 тыс. автомобилей. В России парк газобаллонных автомобилей на КПП составляет 90 тыс. ед., в США такой парк достиг 142 тыс. ед.

В ближайшее десятилетие можно прогнозировать заметное увеличение числа газобаллонных автомобилей, работающих на природном газе. По оценкам Международного газового союза, мировой парк ГБА к 2020 г. может вырасти до 50 млн ед., а к 2030 г. превысит 100 млн ед. [2]. В этом случае к 2030 г. число автомобилей, работающих на ПГ,

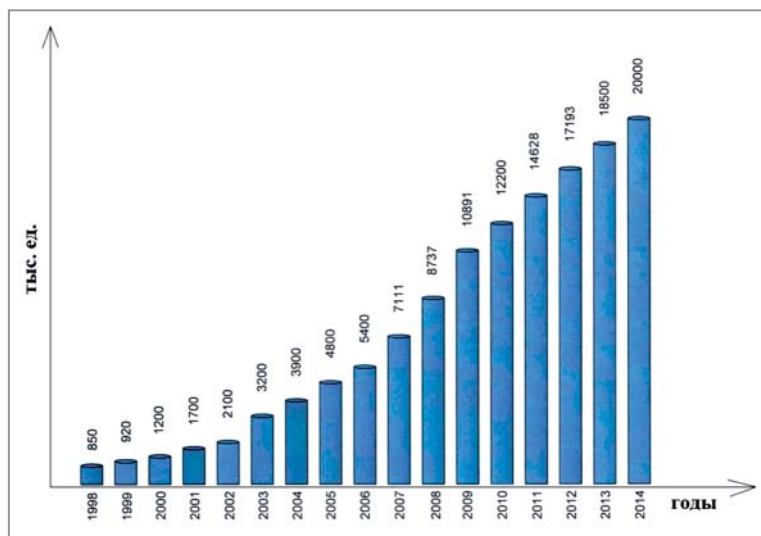


Рис. 1. Мировой парк ГБА на КПГ

составит 10 % всего количества автомобилей в мире.

Следует отметить, что до последнего времени считалось, что сжиженный пропан-бутан (СПБ) является альтернативным газомоторным топливом № 1 для транспортных средств. Анализ последних данных, приводимых журналами *Petroleum Economist*, *Gas Vehicle Report*, Мировой ассоциацией использования СПБ на транспорте (WLGA), Международным газовым союзом и Европейской газомоторной ассоциацией, показал,

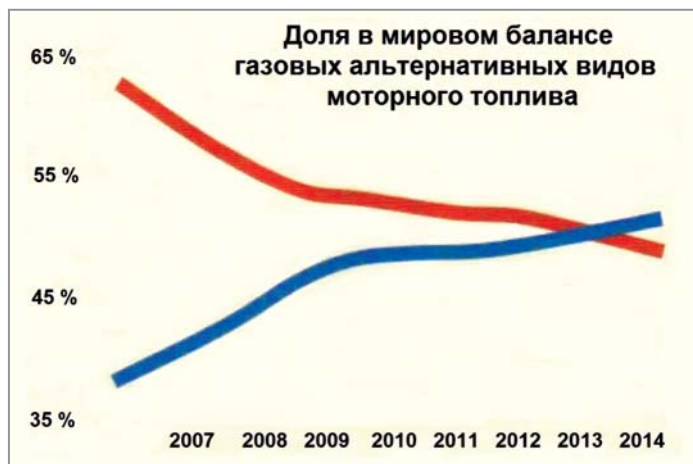


Рис. 2. Изменение числа газобаллонных автомобилей на СПБ (красная кривая) и КПГ (синяя)

что первенство пропан-бутана на рынке альтернативных моторных топлив закончилось. Наступила эпоха природного газа [3]. Еще в 2007 г. мировой парк ГБА, работающих на СПБ, насчитывал 13,7 млн ед., а использующих КПГ почти вдвое меньше – 7,1 млн автомобилей. К исходу 2011 г. мировой парк автомобилей, использующих в качестве моторного топлива природный газ (КПГ и СПГ), увеличился до 15 млн ед. На СПБ к этому времени работало 17 млн. ГБА.

Сжиженный пропан-бутан продолжает оставаться популярным газомоторным топливом, но темпы прироста парка автомобилей на СПБ падают. Численность автомобилей, работающих на природном газе, растет стремительно, опережая темпы роста числа автомобилей, работающих на СПБ. В 2013 г. количество автомобилей, работающих на природном газе (КПГ и СПГ), и автомобилей, работающих на сжиженном пропан-бутане, сравнялось, достигнув 18,5 млн ед. для каждого вида ГБА (рис. 2).

Несмотря на ряд преимуществ СПБ в качестве газомоторного топлива перед природным газом, приведенных в работе [4], опережение в настоящее время природного газа по отношению к пропан-бутану объясняется большими ресурсами ПГ, его экологичностью и наименьшей стоимостью из всех моторных топлив.

Природный газ обладает высокой энергоемкостью и самым маленьким содержанием углерода по отношению к водороду из всех углеводородов, благодаря чему выбросы CO_2 на килограмм топлива у него значительно меньше, чем у всех других топлив. Низкое содержание оксидов азота и твердых частиц в выбросах, бесшумная работа двигателя, работающего на природном газе, самая низкая стоимость из всех топлив делают природный газ наиболее подходящим для тяжелого автотранспорта, автобусов, машин по уборке мусора и улиц городов.

Средняя годовая розничная цена на моторное топливо в настоящее время в Европе сложилась на следующем уровне: дизельное топливо – 1,27 евро/л; бензин – 1,4 евро/л; СПБ – 0,9 евро/л; КППГ – 0,74 евро/л [5].

Несмотря на то, что первый двигатель внутреннего сгорания, работающий на газе (светильном), был изобретен в 1860 г. во Франции механиком Этьеном Ленуаром, практическое применение газа в качестве моторного топлива в мире, в том числе и в Китае, началось в 30-е годы прошлого века. Вначале в Китае газ, получаемый из древесного и каменного угля, использовался в двигателях внутреннего сгорания для получения электроэнергии. В октябре 1935 г. в г. Цзыгун (провинция Сычуань) впервые применили природный газ вместо газа из древесного угля в двигателях для выработки электричества. В 1960 г. в этом же городе, воспользовавшись местными ресурсами ПГ, стали применять природный газ в качестве моторного топлива для автомобилей, используя для его хранения на борту машин резиновые мешки, произведенные из резиновой ткани.

В дальнейшем было налажено производство стальных баллонов на давление 20 МПа и прочего газобаллонного оборудования, позволяющего перевести автомобили на КППГ. Одновременно в 1960 г. начинается массовое строительство автомобильных газонаполнительных компрессорных станций вначале в Сычуане и Шанхае, а затем и в других городах.

В Китае практически каждый житель знает о возможности перевода автомобилей на КППГ и обо всех положительных сторонах использования природного газа как газомоторного топлива вместо бензина и солярки. Перевод автомобилей с бензина на КППГ в настоящее время в КНР в среднем стоит 500 евро. Стоимость автомобильных моторных топлив в стране практически совпадает с их стоимостью в России. Бензин –

0,77 евро/л, дизтопливо – 0,68 евро/л, КППГ – 0,43 евро/м³ [1]. Несмотря на то, что КППГ в Китае на 20 % дороже, чем в России, за один год владелец автомобиля, проехавшего 20 тыс. км с расходом топлива 15 л на 100 км, экономит 1000 евро за счет разницы в стоимости бензина и природного газа. Это значит, что затраты на переоборудование автомобиля окупятся через полгода. При увеличении пробега экономленная сумма будет возрастать, а срок окупаемости – снижаться.

В Китае, как и во всех странах-лидерах по использованию газомоторного топлива, была разработана и развита система организационных, финансовых и технических мер для стимулирования рынка, которая привела к бурному росту парка автомобилей, работающих на КППГ, число которых к середине 2014 г. составило 3 млн ед.

Наряду с КППГ и СПБ, ставшими уже традиционными газами, в качестве моторного топлива на транспортных средствах в Китае, как и в ряде развитых стран, начиная с 50-х годов прошлого века, стали успешно использовать сжиженный природный газ. Основным преимуществом СПГ перед КППГ является то, что при сжижении объем природного газа уменьшается в 600 раз. Это позволяет при одинаковом геометрическом объеме иметь природного газа в три раза больше.

Получение СПГ, его хранение, транспортировка, применение в качестве моторного топлива потребовали разработки и постановки на производство специального криогенного оборудования. Реализация практических проектов за последние 10 лет позволила специалистам Китая решить проблему использования СПГ в качестве моторного топлива для транспортных средств.

В 2004 г. компания CIMC Sanctum успешно спроектировала и построила



Рис. 3. Внешний вид первой автозаправочной станции СПГ (Крио-АЗС) в Китае



Рис. 4. Внешний вид автозаправочной станции с резервуаром СПГ объемом 60 м³, одним насосом и двумя заправочными постами в г. Жоншанге (Китай)

в Китае в г. Урумчи первую заправочную станцию СПГ (рис. 3).

В последующие годы подобные заправочные станции СПГ (Крио-АЗС) были построены в других городах с резервуаром СПГ со следующими объемами: Фучжоу – 30 м³; Тяньцзинь – 59 м³; Жухай, Нинбо, Синьцзян, Жоншанг – по 60 м³ (рис. 4).

Решение проблемы перевода транспортных средств на газовое топливо в Китае определяется быстрым ростом общего числа автомобилей, которое к концу 2013 г. достигло 130 млн. За последние 10 лет средний годовой рост их числа составляет 11 млн. По данным Национального управления статистики Китая, численность транспортной техники по различным видам характеризуется цифрами, приведенными в табл. 1.

Из 3 млн автомобилей, работающих в настоящее время на природном газе, 250 тыс. ездят на сжиженном природном газе. И только 50 тыс. ездят на сжиженном пропан-бутане. Автомобили, работающие на СПБ, будут постепенно заменяться на машины, работающие на природном газе (КПГ и СПГ). В табл. 2 приведена статистика по автомобилям, работающим на используемых в Китае видах газомоторного топлива.

По оценкам экспертов, к 2020 г. Китай будет иметь 8 млн автомобилей, работающих на природном газе.

Успехи Китайской Народной Республики в области использования газа

Таблица 1

Распределение автотехники в Китае по видам

Вид техники	Число, млн
Грузовые автомобили	18,95
Легковые автомобили	89,43
Тракторы	22,82
Такси	1,03
Автобусы	0,43
Итого	132,66

**Распределение автомобилей по видам
используемого газомоторного топлива**

Вид газа	Число автомобилей, тыс.
КПГ	2 750
СПГ	250
СПБ	50

в качестве моторного топлива объясняются, в основном, тремя факторами: исполнением решений правительства Китая о переводе транспортных средств на газовое топливо; наличием достаточных ресурсов природного газа для решения проблемы газомоторного топлива; реализацией мероприятий, направленных на стимулирование перевода автомобилей на газовое топливо [6].

В первую очередь правительства всех регионов и городов Китая озадачены решением проблемы перевода автомобилей на газовое топливо. Юридические и физические лица, применяющие газомоторные автомобили и эксплуа-

тирующие АГНКС и Крио-АЗС, освобождены от уплаты налога на прибыль и налогов, относящихся к транспорту. Предусмотрены льготные финансовые субсидии на приобретение газовых автомобилей или переоборудование традиционных для работы на газе. Введена в действие политика поощрений в части выделения земли при строительстве АГНКС и Крио-АЗС и льготной платы за электроэнергию при их эксплуатации.

Компании, производящие оборудование для АГНКС и Крио-АЗС, а также газобаллонное оборудование, пользуются льготными субсидиями и льготным налогообложением.

Литература

1. Мировой рынок КПГ в качестве моторного топлива по состоянию на июнь 2014 года // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 4 (40). – С. 76-77.
2. Газ в моторах – 2010. III Международная научно-практическая конференция // АГЗК+АТ. – 2010. – № 6 (54). – С. 23-35.
3. Метан – моторное топливо № 1 в мире // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 6 (24). – С. 8-9.
4. **Рачевский Б.С.** Моторное топливо: сжатый природный газ или сжиженный пропан-бутан // Газовая промышленность. – 2001. – Сентябрь. – С. 21-25.
5. Развитие топливных рынков СПГ и КПГ // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 1 (31). – С. 40-45.
6. **Li Yongchang.** Development of China's natural gas vehicles Glimpse – Memorial CNG vehicle ownership in China approaching 1.4 million / 2011 Western Auto Industry Academic Forum Cum Sichuan Province Tenth Annual Conference cars. – 2011. – Pp. 372-379.

Автопробег «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика»

Е.Н. Пронин, главный специалист ООО «Газпром экспорт»,
А.М. Носов, начальник управления внешнеэкономических связей
ООО «Газпром газомоторное топливо»

Автопробеги «Голубой коридор» уже стали традиционными и проводятся регулярно, начиная с 2008 г. Очередной, восьмой по счету автопробег «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика» стартовал 7 октября 2014 г. от нового конгрессно-выставочного центра Санкт-Петербурга «Экспофорум». Организаторами пробега стали компании: «Газпром экспорт», Е.Он и «Газпром газомоторное топливо». Автопробег традиционно поддержала Национальная газомоторная ассоциация (НГА).

Цели автопробега прежние: демонстрация уникальных экологических, экономических и технических свойств природного газа и разнообразия техники заводского изготовления, работающей на этом виде топлива.

Компримированный (КПГ) и сжиженный (СПГ) природный газ по-прежнему остается самым лучшим коммерческим моторным топливом из имеющихся на рынке по всем показателям: экологическая чистота, экономическая привлекательность, безопасность, надежность поставок, обеспеченность ресурсами.

Закономерен вопрос: а нужны ли сегодня такие автопробеги? Как показывает жизнь, пока нужны! Ведь далеко не все еще понимают, что перевод техники на природный газ остается единственным самокупаемым мероприятием по оздоровлению атмосферного воздуха. Нужно продолжать кампанию по разъяснению свойств этого топлива и демонстрации техники, его использующего.

Пробеги дают свои результаты. Статистика показывает, что с 2009 по 2014 г. только в европейских странах, по которым проходили автопробеги и где проводились круглые столы, численность АГНКС увеличилась на 40 % (построено почти 600 новых станций), спрос на природный газ удвоился и достиг почти 1 млрд м³, а парк газовых автомобилей вырос на 20 %.



На брифинге: слева – направо С.А. Сахаров (Газпром экспорт),
И.П. Иванова (Газпром газомоторное топливо), С.Л. Комлев (Газпром экспорт),
Д. Весслинг и А. Шуманн (Е.Он), Е.Н. Пронин (Газпром экспорт)

А накануне 6 октября 2014 г. в ООО «Газпром экспорт» для журналистов прошел брифинг с участием экипажей машин, участвующих в восьмом автопробеге. Представители «Газпром экспорт», Е.Оп и «Газпром газомоторное топливо» рассказали работникам СМИ об автопробеге, его маршруте, программе, участниках и ответили на вопросы. К сожалению, некоторые журналисты продолжают считать природный газ опасным видом моторного топлива. Происходит это из-за незнания предмета и определенной ангажированности. Поэтому такие личные встречи с ними позволяют доносить правду о природном газе до широких кругов специалистов и руководителей.

Перед стартом автопробега председатель правления ОАО «Газпром» Алексей Миллер совершил уже становящийся традиционным ритуал: наклеил логотип автопробега на капот головной машины, в которой едет совместный экипаж представителей Газпрома и Е.Оп.

На старт автопробега в Санкт-Петербурге вышли пять автомобилей: три Фольксвагена Пассат (российские команды из «Газпром экспорт», «Газпром газомоторное топливо» и «Титан северо-запад»), один Фольксваген Кэджи (команда из словенской компании Comita) и один спортивный КАМАЗ («Пари-Тэк», Набережные Челны, Россия).

На первых же километрах пути стало понятно: спортивный метановый КАМАЗ – гвоздь пробега. Впервые такая машина пришла на северо-запад нашей страны. КАМАЗ узнавали и с удивлением спрашивали, как его заправляют на гонке «Париж – Дакар»? Приходилось объяснять, что там пока «бегают» дизельные КАМАЗы.

Переход границы Иван-город/Нарва прошел достаточно быстро: на все ушло не более двух часов. На АГНКС в Нарве нас встретил Александр – сотрудник компании Eesti Gaas. С ним мы знакомы по прошлому пробегу «Ганза». Только тогда эстонский участок был завершающим, а сейчас первым.

Компания Eesti Gaas дозаправила нас природным газом в Нарве, а потом и в Тарту, за что мы ее сердечно поблагодарили. Цена КПП равна 0,77 евро/кг (0,59 евро/м³), бензина марки 95 – 1,28 евро/л, дизельного топлива – 1,26 евро/л. СУГ стоит 0,67 евро/л (то есть 0,87 евро за эквивалентный объем).

Газификация автомобильного транспорта для Эстонии тема не новая. В 1987-1988 гг. тут были построены две АГНКС: в Таллинне и Кохтла-Ярве. Однако в 2003 г. они были закрыты и разукомплектованы. Метановая пауза на транспорте продолжалась лет пять. В 2008 г. началось возрождение интереса к природному газу, и первая станция нового поколения была введена в эксплуатацию в 2009 г.

Сейчас компания Eesti Gaas эксплуатирует в Эстонии пять АГНКС общего доступа: две в Таллинне и по одной в Нарве, Тарту и Пярну. Станции строятся по типовому проекту: компрессорно-аккумуляторный блок с встроенным шкафом автоматики и колонка с двумя пистолетами NGV-1 (для легковых) и NGV-2 (для грузовиков и автобусов) под легким навесом. Встроенный терминал принимает кредитные карты различного образца и умеет «общаться» с водителем на четырех языках, включая русский. Обслуживание АГНКС



Алексей Миллер наклеивает логотип на головной автомобиль



К старту готовы

осуществляется по графику выездным инженером. Постоянного персонала на АГНКС нет.

На КПГ в Эстонии работают около 300 легковых автомобилей и 17 автобусов. Потребление природного газа постоянно растет: в 2009 г. было реализовано 10,5 т, а в 2013-м – уже 737. Текущий прогноз на 2014 г. составляет 2000 т (2,7 млн м³).

Компания Gaasivogrud – газораспределительная «дочка» Eesti Gaas – эксплуатирует 28 машин на КПГ из общего парка в 68 ед.: 22 Opel Combo, три Fiat Doblo, две VW Caddy и одна VW Passat. Средний расход природного газа составляет 5,4 кг (7,4 м³) на 100 км; средняя стоимость пробега – 0,043 евро/км. За пять лет с начала использования КПГ в качестве моторного топлива компания сэкономила 85 тыс. евро.

В Тарту, где 9 октября проходил круглый стол, первые пять автобусов Scania на КПГ приобрели в 2011 г. К неудобствам специалисты относят повышенную стоимость газовой модели (на 20-25 %) и ее технического обслуживания (на 10 %), а также меньший пробег на одной заправке (750 км на дизельном топливе и 450 км на КПГ). В то же время при расходе газа на 1 % меньше чем дизельного топлива затраты на топливо сокращаются на 41 %! С учетом всех факторов общие эксплуатационные затраты сократились на 11 %. При годовом пробеге 80 тыс. км на каждый автобус сэкономлено 8 тыс. евро.

Начальник департамента городского хозяйства мэрии Тарту Рейн Хаак сообщил, что опыт эксплуатации первых пяти автобусов на КПГ послужил основанием для муниципалитета начать планирование закупки значительно большей партии. Сколько точно будет куплено метановых автобусов, пока сказать нельзя. Однако речь может идти о 25-50 машинах. Это говорит о благоприятных перспективах развития рынка природного газа в Эстонии.

Вечером 9 октября автопробег прибыл в столицу Латвии Ригу. Представительство Газпрома в Риге помогло членам экипажей разместиться в гостинице, организовало ужин и ночную стоянку машин. А 10 октября участники автопробега прибыли на предприятие «АМО Бас» для проведения круглого стола. Здесь собрались представители министерства транспорта Латвии, газовой компании Latvijas Gaze AS, муниципальных и коммерческих автоперевозчиков, производителей газозаправочного оборудования, посольства России в Латвии.

Во вступительном слове генеральный директор компании «АМО Бас» отметил, что газификация транспорта Латвии находится в начальной стадии. В Риге и пригородах на КПГ работают несколько легковых автомобилей и автобусов. Сегодня не приходится говорить о какой-либо газозаправочной инфраструктуре в стране, поскольку вся она состоит из двух гаражных моноблочных АГНКС (заправочный узел NGV1). Они обеспечивают заправку 29 автомобилей компании Latvijas Gaze AS (в основ-

ном VW Caddy и Opel Combo) и одного компрессорного ПАГЗа GasLiner, управляющего 10 переоборудованных автобусов в Юрмале.

Ранее созданная газозаправочная инфраструктура была полностью демонтирована. Органы государственного управления пока еще не сформировали свою позицию. Отсутствуют какие-либо меры стимулирования транспортников и производителей оборудования. При полном отсутствии газомоторного рынка в Латвии достаточно сложно выйти за рамки пилотного проекта.

Компания «АМО Бас» вместе со своими голландскими партнерами из VDL подготовила техническую



Юрмальский автобус на КПГ

концепцию пассажирского автобуса на сжиженном природном газе. Подобран двигатель, криогенная система хранения СПГ. Проработана компоновка. Компания могла бы уже в ближайшее время приступить к сборке опытного образца.

Пока в Европе опыт массовой эксплуатации и заправки техники на СПГ есть только в автобусном парке польского города Ольштын. 11 автобусов для города построены компанией Solbus, а обеспечение сжиженным метаном осуществляет компания Gazprom Germania (дочернее предприятие ООО «Газпром экспорт»). В январе 2015 г. еще 35 автобусов начнут работать в Варшаве.

Директор компании GasLiner Алексей Сафронов подчеркнул, что муниципальные пассажирские перевозки – тотально субсидируемая сфера. При этом желания транспортников и возможности поставщиков газозаправочного оборудования противоположны: предлагаемая в настоящее время техника сложна, дорога и неэффективна.

Финансирование пилотного проекта в Юрмале идет полностью за счет компании GasLiner. Автобусы переоборудованы для работы по газодизельному циклу. Запальная доза дизельного топлива составляет 30 %. ПАГЗ заправляется от газопровода с давлением 1,6 МПа. Автобусы заправляются ночью параллельным способом от коллективной ramпы, к которой подключают ПАГЗ. Данная схема, по словам Алексея Сафронова, позволяет ускорить процесс. На заправку автобусов уходит 1,5 часа. Общая экономия эксплуатационных затрат на автобусы при переходе на КПГ составляет 15-20 %.



ПАГЗ GasLiner

Вечером 10 октября участники автопробега перегнали газовые автомобили к центральному входу ледового дворца Arena Riga, а 11 октября газовые машины были выставлены ни где-нибудь, а на Ратушной площади Риги – между временной резиденцией Президента Латвии Андриса Берзиньша и рижской Думой. Необычность акции заключалась в том, что это – закрытая площадь, сюда, кроме электрических паровозиков для туристов, никакой другой транспорт не пускают.

Появление газовых машин вызвало общий интерес и даже некоторый ажиотаж. Так, группа итальянских туристов с интересом выслушала рассказ о применении метана на транспорте и автопробеге «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика».

КАМАЗ, естественно, привлекал всеобщее внимание. А когда разрешили забраться в кабину (что само по себе не очень просто) и посидеть в ней, то от желающих – и старых, и малых – не было отбоя. Хоть билеты продавай! Молодежь делала селфи на фоне газового чуда из России. Эффективность такой пропаганды невозможно переоценить.

После выставки на Ратушной площади Риги газовые машины перебрались на территорию компании Latvijas Gaze AS для дозаправки КПГ. Компания уже второй год подряд активно поддерживает автопробег «Голубой коридор», за что мы ей очень благодарны.

12 октября автопробег «Голубой коридор 2014» выехал из Риги и продолжил свой путь в Вильнюс. Перед отъездом экипажи провели традиционный организационный сбор, проверили и заправили машины на Latvijas Gaze и стройной колонной выехали в столицу Литвы. Хочется отметить отличную работу представительства



Итальянцы интересуются метаном

ОАО «Газпром» в Латвии по организации пребывания автопробега на территории страны.

К 16:00 колонна благополучно прибыла в Вильнюс. Протяженность пробега Рига–Вильнюс составила около 280 км. По прибытии машины сразу направились на заправку. КПП-колонка, доступ к которой открыт частным клиентам, находится на территории многотопливной АЗС Baltic Petroleum, расположенной рядом с городским автобусным парком. Компрессорное оборудование АГНКС (три компрессора CUBOGAS) расположено непосредственно на территории автобусного парка. Кроме того, на ней размещены три газораздаточные колонки, предназначенные для заправки автобусов и закрытые для доступа частных потребителей.

Городской автобусный парк Вильнюса насчитывает примерно 280 автобусов, из них около 150 работают на КПП, в числе которых 70 новых автобусов различных марок, закупленных в Польше на средства, выделенные ЕС.

Цена 1 м³ для городских автобусов составляет 2,4 лита, для частных автомобилей – 3,31 лита/м³. Разница в цене возникает из-за того, что к цене КПП для городских автобусов не добавляется акцизный сбор. Для сравнения цена 1 л бензина марки 95 составляет 4,53 лита, 1 л дизельного топлива – 4,33 лита. Обменный курс 1 евро = 3,45 лита (середина октября).

В настоящее время в Литве действует четыре АГНКС. Станция, расположенная в Вильнюсе, принадлежит компании Autoidea. Тремя другими, расположенными в Шяуляе, Клайпеде и Каунасе, владеет компания SGdujos, выступившая координатором автопробега на территории этой страны.

На АГНКС в Вильнюсе, Шяуляе и Клайпеде могут заправляться как городские автобусы, так и частные автомобили, тогда как станция в Каунасе снабжает топливом только городские автобусы. До конца 2014 г. планируется ввести в эксплуатацию еще три АГНКС – по одной в Мариамполе, Укмерге и Тельшяе, которыми также будет владеть SGdujos. Эти АГНКС будут находиться на территории городских автобусных парков и предназначаться исключительно для заправки автобусов. В перечисленных городах в каждом автобусном парке работает по 10 автобусов на КПП. В Литве все новые метановые автобусы были закуплены на средства, также выделенные ЕС.

На следующий день, 13 октября все машины и их экипажи выстроились на смотровой площадке перед гостиницей для демонстрации и популяризации автомобилей, работающих на КПП, чем вызвали неподдельный интерес у окружающих и представителей заинтересованных литовских транспортных организаций, Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса, журналистов и других гостей круглого стола.

Основным организатором и координатором показа автомашин и проведения круглого стола выступила компания SGdujos Auto и лично ее директор Видас Корсакас. SGdujos Auto – дочерняя компания SGdujos, ведущая научные исследования в сфере использования природного газа в качестве моторного топлива.

После показа машин начался круглый стол, на котором присутствовало около 20 человек приглашенных с литовской стороны. После окончания круглого стола все машины направились на дозаправку и примерно в 14.00 выехали из Вильнюса, продолжив автопробег в сторону Варшавы.

14 октября колонна прошла по территории Польши. Утром в соответствии с планом автопробега машины собрались на АГНКС в Варшаве, где их встретили польские координаторы – представители информационного портала cng.auto.pl. На АГНКС расположены три газораздаточные колонки. К ним одна за другой подъезжали как городские коммунальные машины, так и частные легковые, таким образом демонстрируя постоянный спрос на газомоторное топливо, цена которого

за 1 м³ составляет 3,27 злотаго. Цена 1 л дизельного топлива была на тот момент 5,10 злотаго, бензина марки 95 – 5,21, СУГ – 2,50. Обменный курс 1 евро = 4,13 злотаго.

После дозаправки и короткого инструктажа колонна из шести машин, включая машину сопровождения с польской стороны, стартовала из Варшавы в Познань, где было запланировано проведение конференции «Метан для автотранспорта». Вечером того же дня участники автопробега благополучно въехали в Познань и сразу направились на дозаправку. Цена на АГНКС в Познани такая же, как и в Варшаве.

Утром на следующий день газовые автомобили, пришедшие из России в составе колонны, вместе с польскими автомобилями были выставлены в Познаньском международном выставочном центре в рамках выставки POLEKO (Польская экология). Там же состоялась конференция, посвященная использованию КПП и СПГ в качестве моторного топлива. На ней присутствовали польские газомоторщики и организаторы пробега, официальные лица, представители научно-исследовательских организаций, занимающихся изучением вопросов использования газомоторного топлива, участники пробега, автолюбители.

С приветственным словом к участникам конференции и автопробега обратился директор проекта POLEKO Михаил Хемкович, отметив важность вопросов экологии в современном мире. После окончания конференции участники обменивались мнениями и активно обсуждали тему использования КПП и СПГ на транспорте. В этот же день к автопробегу присоединился экипаж компании «Газпром Германия» (дочернее предприятие ООО «Газпром экспорт»). Особенность его в том, что впервые в автопробеге «Голубой коридор» участвовал полностью женский экипаж: Майя Шнайдер и Людмила Татарчук. Девушки по достоинству оценили новый газовый Audi и очень профессионально им управляли.

Справедливости ради нужно отметить, что Майя и Людмила – не единственные представительницы прекрасного пола в автопробеге. С нами по всему маршруту ехала Анна Травкина на VW Passat из компании «Титан северо-запад» (Анна даже проехала штурманом на КАМАЗе от Вильнюса до Познани) и Татьяна Бондарчук на ФИАТе из компании Vemex.

Утром 16 октября экипажи выстроились на демонстрационной площадке POLEKO для инструктажа перед следующим участком автопробега по маршруту Познань – Пльзень. После этого автомобили вышли на маршрут.

По хорошим дорогам колонна достаточно быстро добралась до Вроцлава. Там нам не удалось заправить КАМАЗ метаном, поскольку на АГНКС компании PGNIG



Майя Шнайдер



Людмила Татарчук



Перед стартом в Познани





АГНКС PGNIG во Вроцлаве



Александр Трушков поднимает кабину, чтобы осмотреть двигатель



Автомобиль команды VEMEX (пилот Лукас Ледвина)



Круглый стол в Пльзене

мы столкнулись с тем же, с чем и в Вильнюсе. Газораздаточная колонка оборудована двумя пистолетами: для легковых и грузовых автомобилей. Однако в режиме общего коммерческого доступа работает только легковой пистолет NGV1. Грузовой NGV2 используют исключительно для заправки тяжелого корпоративного транспорта по договору, а лицензия на розничную заправку отсутствует.

В такой ситуации может помочь только переходник NGV1:NGV2, которого в странах с развивающимся газомоторным рынком, как правило, на АГНКС нет. В Вильнюсе Видас Корсакас сам привез нам такой переходник. А во Вроцлаве проблему решить не удалось. Хорошо, что запас природного газа в КАМАЗе обеспечивает пробег в 1000 км.

Утром 16 октября еще никто не предполагал, что в пробеге 2014 г. этот день станет самым сложным и неудачным за всю историю проекта с 2008 г. На границе Польши и Чехии раскинулись живописные Исполиновы горы, массив Крконоше. Здесь – альпийский пейзаж, серпантин с двусторонним однополосным движением, чистейший воздух. В Исполиновых горах сломался КАМАЗ. Без тщательной и квалифицированной диагностики установить причину поломки автомобиля невозможно. Не было ни инструмента, ни времени. Опускалась туманная ночь.

В аварийном режиме КАМАЗ добрался до ближайшего городка, где можно было разместить водителя в гостинице. После телефонных консультаций с Набережными Челнами мы с грустью оставили Александра Трушкова и КАМАЗ в Танвальде и по трассе E65 пошли на Прагу и далее в Пльзень.

Коллеги из компании VEMEX провели нас через заправки и проводили до гостиницы. Несмотря на то, что приехали мы во втором часу ночи, в отеле нас встретили шампанским. Отдохнув, утром 17 октября члены экипажей приняли участие в работе круглого стола, на котором выступили представители компаний «Газпром экспорт», «Газпром Германия», VEMEX, E.On, а также Чешской газовой ассоциации.

После круглого стола колонна машин проехала в город Мост, где прошла церемония открытия третьей по счету АГНКС на площадке местного отделения Чешской почты. Станция общего доступа имеет стандартную конфигурацию с одной колонкой на два пистолета NGV1, входное давление природного газа 2,1 МПа и четырехступенчатый компрессор Becker (Германия) производительностью 150 м³. Отделение почты в городе Мост на первом этапе планирует купить 20 газовых

фургонов для доставки корреспонденции и грузов. Это обеспечит гарантированную загрузку станции.

18 октября колонна из четырех машин покинула Пльзень в направлении Нюрнберга (Германия). Путь был недолгим – всего 220 км. А утром 19 октября автопробег взял курс на Бамберг. Здесь состоялось открытие АГНКС после реконструкции и ребрендинга. Gazprom Germania выкупила эту станцию у прежних владельцев. АГНКС оснащена гидравлическим компрессором Hydromeccanica (Италия) производительностью 1500 м³/час. Несмотря на то, что оборудование работает уже много лет, оно находится в отличном состоянии и, скорее всего, будет работать еще долго.

Эта АГНКС уже имеет постоянного корпоративного клиента: автобусную колонну Немецких железных дорог (Deutsche Bahn), обслуживающую городской вокзал. Потребление газа одним автобусом составляет около 100 кг/сут. С учетом автобусов и частных потребителей суточный отпуск КПП превышает 1,4 тыс. м³.

Ситуацию в определенной степени омрачает то, что газовые автобусы MAN постепенно приближаются к сроку замены. Владелец Deutsche Bahn не выражает намерения тратить дополнительные средства на покупку новых машин в газовом исполнении. В связи с этим придется искать взаимоприемлемое решение, отвечающее интересам продавца газа, не желающего потерять покупателя, и автоперевозчика, стремящегося полностью исключить затраты на покупку газовых автобусов.

С другой стороны, владелец автобусной колонны в Бамберге должен осознавать, что сейчас он платит за 1 м³ природного газа на 32 % меньше, чем за 1 л дизельного топлива. Розничные цены за литр горючего таковы: бензин Super – 1,449 евро; дизельное топливо – 1,269 евро; СУГ – 0,699 евро; КПП – 1,129 евро/кг. Нет оснований предполагать, что цены на топливо снизятся. Скорее, наоборот. И разрыв цен на газ и дизельное топливо будет увеличиваться.

На круглом столе, организованном компанией Gazprom Germania, участники обсудили пути сокращения нефтяной зависимости транспорта, составляющей сегодня почти 100 %. В поисках альтернативы Немецкое энергетическое агентство DENA выполнило исследование «СПГ в Германии: сжиженный природный газ и метан из возобновляемых источников для автомобильного транспорта большой грузоподъемности». Согласно полученным данным, в 1990-2012 гг. объем выбросов от автомобильного транспорта вырос на 40 % и продолжает расти. Широкое использование СПГ будет способствовать сдерживанию этого роста и снижению загрязнения воздуха. Газовая смесь, в которую входят 80 % СПГ и 20 % биометана, может предотвратить выбросы примерно 240 тыс. т CO₂ в год. В целом переход на использование СПГ позволит сократить эти выбросы на 10 % в год.



АГНКС, как и корабли, открывают шампанским



АГНКС Gazprom Germania в Бамберге



Газовые автобусы MAN в Бамберге

Вечером 19 октября участники автопробега прибыли в Инсбрук (Австрия) и дождливым утром следующего дня покинули город. Практически сразу за Инсбруком начался горный этап пробега. По серпантинам и тоннелям машины доехали до столицы Лихтенштейна Вадуца. Этот участок был непродолжительным, но очень ответственным. Вслед за нами шел грозовой фронт, и дорогу могли закрыть в любую минуту. В Альпах в грозу очень неуютно. Кто бывал, знает.



Газобаллонный автобус в Лихтенштейне

К своему удивлению мы увидели на дорогах княжества автобусы MAN особо большой вместимости на КПГ. Еще большее удивление вызвала АГНКС в Вадуце. Все основное технологическое оборудование станции (три компрессора, два блока воздушного охлаждения, аккумулятор газа) смонтировано над заправочной галереей. Это позволяет сократить площадь станции. АГНКС в Вадуце оборудована двумя двухпостовыми колонками с одним пистолетом для заправки легковых и двумя – для заправки автобусов/грузовиков. Станция полностью автоматическая. Режим круглосуточный.



АГНКС в Вадуце

Поздним вечером 20 октября караван газовых автомобилей прибыл в Милан. Оказалось, что заправить или помыть автомобиль после 7 часов вечера в Италии не так-то просто. Многие станции, кроме тех, что на автострадах, на ночь закрываются. Мы попали как раз на такую миланскую АГНКС. Все заперто, света нет, спросить некого. Отложив процедуры на утро, экипажи отправились по гостиницам. А ночью в город ворвался ураган, от которого мы все-таки смогли оторваться накануне в Альпах. Рано утром 21 октября газовые машины перегнали на крытую площадь комплекса зданий правительства провинции Ломбардия.

Там для показа участникам конференции были выставлены 20 различных автомобилей, использующих КПГ и СПГ в качестве моторного топлива.

Миланская конференция проходила под патронатом правительства Ломбардии и Итальянской газомоторной ассоциации (NGV Italy). В ее работе приняли участие более 100 чиновников из национальных и региональных органов управления, специалисты различных отраслей промышленности и секторов бизнеса, представители СМИ. По окончании конференции ООО «Газпром газомоторное топливо» провело встречу с представителями итальянских компаний, производящих оборудование.

Италия является лидером внедрения природного газа на автомобильном



Выставка газовых автомобилей в Милане

транспорте Европы. В настоящее время в стране работают 1026 АГНКС, еще 200 находятся в стадии строительства. Парк метановых автомобилей приблизился к 1 млн, а потребление природного газа на транспорте перевалило за 1 млрд м³/год.

Ломбардия, где проходила деловая программа автопробега, находится на первом месте в стране по развитию регионального рынка. Руководство области занимает активную позицию и всячески содействует всем участникам газификации транспорта. Развитию локального газомоторного рынка способствует сбалансированная система ограничений и стимулов. Так, в исторический центр Милана не пускают грузовые машины экологических классов Евро 1-3. С другой стороны, владельцы автомобилей на природном газе освобождены от уплаты налога на транспортные средства.

На площади административного комплекса области в присутствии гостей конференции и представителей СМИ президент Газомоторной ассоциации Италии Марироза Барони, управляющий компании Promgas S.p.a. Ростислав Казанцев и национальный координатор автопробега в Италии Сергей Колин вручили экипажам автомобилей, участвовавших в пробеге, а также компаниям, демонстрировавшим газовые автомобили, памятные знаки «Голубой коридор – 2014».

Миланская конференция стала самым крупным и представительным мероприятием деловой программы автопробега «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика».

Утром 23 октября по солнечной трассе четыре газовых автомобиля отправились из Милана в Люблян (Словения). Впереди снова горы. Общая протяженность суточного перехода составила 550 км.



Памятный знак получает пилот автомобиля компании Comita Лука Драшак (слева)

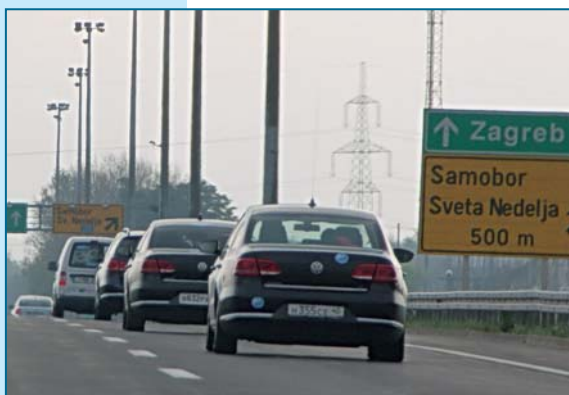


Участники круглого стола в Любляне



Газовый автобус MAN в Любляне





Газовые автомобили едут в Загреб

Характерной особенностью автопробега «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика» стало то, что к окончанию практически каждого перегона нас догоняет дождь. Четверг 23 октября не стал исключением. После Триеста трассу накрыло дождем.

В Люблянну приехали уже затемно и сразу проследовали на АГНКС. Станция построена вплотную к территории городского автобусного парка, который сегодня эксплуатирует 20 газовых автобусов MAN. Машины закуплены в рамках программы «Любляна – зеленая столица Европы». Станция общего доступа оборудована газозаправочной техникой компании Aspro (Аргентина) – два компрессорных блока и две двухпостовые колонки с тремя пистолетами NGV2 (для автобусов) и одним NGV1 (для легковых). Коммерческий учет газа осуществляется в килограммах. Расчет можно осуществить по кредитной карте.

Организатором круглого стола стала компания Comita, а ее генеральный директор Данило Дуракович лично вел мероприятие. В нем приняли участие около ста управленцев, специалистов, ученых, журналистов.

Сейчас в Словении зарегистрировано всего 48 автомобилей на КПП, включая 20 пассажирских автобусов. Работают две АГНКС (в Любляне и Мариборе). Есть информация о том, что заправку осуществляют также от шести АГНКУ индивидуального пользования. Руководство Группы Газпром уже обсуждало возможность создания совместного предприятия с компанией Comita, которое займется развитием газомоторного рынка Словении.

Предпосылки для активного развития рынка природного газа для транспорта Словении существуют. Метан в условиях словенского топливного рынка на четверть дешевле бензина и дизельного топлива, и на 15 % – СУГ. Выбросы газовых двигателей чище на 40 % дизельных, 50 % бензиновых, 25 % работающих на пропан-бутановых смесях. Однако газовые автомобили заводского изготовления по сравнению с переоборудованными позволяют более полно использовать преимущества природного газа.

25 октября колонна взяла курс на Белград, столицу Сербии. Предстояло проехать 540 км. Путь, естественно, лежал через столицу Хорватии Загреб, где сейчас работают две АГНКС: одна – гаражная для заправки пассажирских автобусов, вторая – общего доступа. Определенная сложность заключалась в том, что автобусный парк не имеет права продавать КПП сторонним клиентам, а публичная АГНКС не работает по выходным. Решить эту проблему позволили многолетние связи с хорватскими коллегами в рамках Международного газового союза.

К прибытию машин автопробега персонал был на месте, аккумуляторы заполнены газом, и в соседнем рабочем ресторанчике для нас варили кофе и шоколад. На заправку машин ушло совсем немного времени. На АГНКС, одной из первой на Балканах и построенной двадцать лет назад, до сих пор работает родное итальянское оборудование.

Ценовая конъюнктура рынка моторного топлива в стране в целом благоприятна по отношению к компримированному природному газу. КПП в пересчете на евро стоит примерно 1 евро/м³, что на 25 % дешевле бензина марки Е-95 и на 20 % – дизельного топлива. А вот пропан-бутановым смесям (СУГ) метан проигрывает

безнадежно: СУГ в пересчете на эквивалентный объем на 30 % дешевле КПП. Следовательно, в самых развитых сегментах автомобильного транспорта (легковые, пассажирские и грузовые автомобили) КПП пока не конкурентоспособен. И все же перспективы у природного газа в Хорватии есть. Вероятно, в ближайшее время начнет формироваться сегмент использования СПГ на транспорте.

В тот же день участники автопробега прибыли на границу Хорватии и Сербии. Что привлекло внимание, так это многокилометровые очереди фур, ожидающих перехода границы. Подобные колонны «дальнотранспортников» можно увидеть не только на границах, но и в морских портах. Невольно подумалось, почему бы им всем не использовать в качестве моторного топлива природный газ. Насколько чище стал бы воздух и дешевле товары!

Найти газовую заправку в Белграде оказалось не просто. Но так или иначе мы добрались до нее. Это – многотопливный заправочный комплекс, реализующий дизельное топливо (1,30 евро/л), бензин марки 95 (1,27 евро/л), СУГ (0,74 евро/л) и КПП (0,61/м³).

Здесь же на заправке мы встретили такси, имеющее три топливных системы: для бензина, СУГ и КПП. Машина стояла у колонки КПП, и не подойти к ней было нельзя. Хозяин такси рассказал, что давно перешел на использование газа. В последнее время он работает исключительно на КПП, потому что это – самое дешевое топливо. Цифры на пилоне АЗС его не вводят в заблуждение, поскольку он знает реальную стоимость различных видов топлива. Подобные автомобили можно встретить и в России, и в других странах.

По данным NGV Communications Group, в конце 2012 г. в Сербии числились чуть более 800 автомобилей на КПП, девять заправочных станций, включая автомобильные газонаполнительные компрессорные установки (АГНКУ) индивидуального пользования. Спрос на КПП пока незначительный: 3,7 млн м³. Тем не менее сербская нефтегазовая компания NIS выражает намерение принять участие в развитии национального газомоторного рынка.

26 октября по окончании круглого стола автопробег продолжил свой путь. В тот же день вечером мы прибыли на границу Сербии и Венгрии.

На этапе планирования автопробега мы нашли координаты венгерских АГНКУ, расположенных на нашем маршруте: в Шегаде и Будапеште. Станция в Шегаде принадлежит французской компании GDF Suez. Она оборудована гидравлическим компрессором Idromecchanica (Italia) и двумя двухпостовыми колонками NGV1 и NGV2 с массовым (в килограммах) учетом газа. На станции ведутся работы по увеличению производительности: установлены и в стадии пусконаладки находятся компрессорный блок Galileo Microbox,



Трехтопливный автомобиль



Оборудование Galileo Microbox на АГНКУ в Шегаде



Заправка ПАГЗ на АГНКУ в Шегаде

аккумулятор газа и дополнительная газораздаточная колонка на два пистолета. Решение о наращивании производительности АГНКС в Шегаде основано на том, что локальный рынок уже достаточно развит.

Пока машины, участвующие в автопробеге, заправлялись газом, на станцию при-



МАЗС в Будапеште



Газовый КАМАЗ в центре Будапешта



Алексей Зайцев:

«Вот на чем нужно ездить!»

езжали все новые и новые клиенты. В основном легковые автомобили и грузовики до 3,5 т. Собралась очередь в 2-3 машины на каждую колонку. Скорее всего это был не первый случай. А очередь, даже если перед вами всего две машины, – плохая реклама для метана. Вот и выходит: нужно увеличивать производительность станции и ее пропускную способность.

На этой же АГНКС мы увидели грузовик Iveco Daily, корый заправлял баллонную кассету, смонтированную на колесном прицепе. Кассета предназначена для заправки природным газом автомобилей Iveco на автопредприятии. Запаса газа в ней хватает на заправку пяти машин в сутки. Такой вот вариант ПАГЗ для малого и среднего бизнеса.

Перегон протяженностью почти в 400 км завершился в Будапеште почти глубокой ночью. Однако перед тем, как отправиться в гостиницу, машины пошли на АГНКС.

Многотопливная АЗС Agip, на которую мы приехали, – станция общего доступа. Газовая колонка встроена в общую рампу, хотя стоит отдельно и не интегрирована в раздаточный модуль. На АГНКС в Будапеште, как и в Шегаде, автомобили заправляют только штатные наполнители. Допускается использование только промышленных переходников, принадлежащих станции.

Утро 27 октября выдалось на славу: тепло, солнце, красивый город и наша гордость – догнавший нас после ремонта КАМАЗ, припаркованный в центре города прямо около гостиницы с разрешения ее администрации. Можно только догадываться, сколько раз его сфотографировали проходившие и проезжавшие мимо.

Мы перегнали машины на место проведения выставки и круглого стола. Там состоялся обмен мнениями по вопросам расширения газомоторного рынка Венгрии и возможного входа Группы Газпром в этот сегмент топливного рынка. Мероприятие посетили Леонид Чугунов, начальник департамента по управлению проектами ОАО «Газпром» и Алексей Зайцев, генеральный директор компании PanRusGas.

Алексей Зайцев не мог отказать себе в удовольствии почувствовать себя пилотом спортивного газового КАМАЗа. Наверное, когда-нибудь кресла из этой кабины можно выставить в музее или продать на аукционе: какие люди тут только не сидели!

В Венгрии не обошлось без курьеза. Перед отъездом из Будапешта нужно было заправить КАМАЗ, и мы заехали еще на одну публичную АГНКС

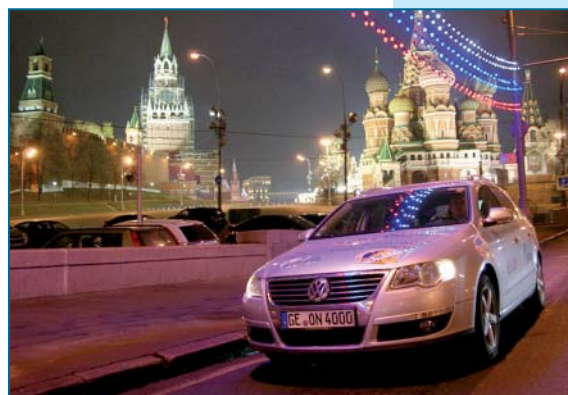
венгерской столицы. Это была станция сети MOL с оборудованием компании BRC Fuel Maker 2011 г. Производительность компрессора 370 м³/час, одна двухпостовая колонка с пистолетами NGV1.

КАМАЗ встал на заправку. Ему было нужно всего-то килограммов... 200 газа, которые он забирал в течение 40 минут. Тем временем на заправку метаном подъезжали разномастные легковые фольксвагены, опели, мерседесы. Простояв в очереди минут двадцать и не понимая, когда же КАМАЗ насытится, местные водители, поначалу восхищавшиеся русским гоночным гигантом, стали его, кажется, тихо ненавидеть. Наиболее слабонервные (главным образом таксисты: время – деньги) уезжали совсем или нехотя переползали к бензиновым кормушкам.

Хорошее настроение вернулось в очередь, когда КАМАЗ, изрядно опустошив аккумуляторы, взревел, выпустил два белых столба водяного пара и чуть ли не в прыжке покинул заправку. Ему, как и другим участникам газомоторного ралли, предстояло преодолеть 630 км до польского Люблина и далее в Белоруссию и Россию.

31 октября 2014 г. в 23:59 головная машина автопробега «Голубой коридор 2014: Балтика – Адриатика» проследовала по Васильевскому Спуску мимо Кремля на Большой Москворецкий Мост. Вопреки погоде, поломкам техники, приключениям на границе автопробег своевременно и успешно завершён. Ещё не раз мы обратимся к урокам этого мероприятия.

А сегодня – это уже история!



Финиш автопробега «Голубой коридор 2014» в Москве

Итоги автопробега

- Маршрут автопробега прошел по территории 17 стран Европы: Россия, Эстония, Латвия, Литва, Польша, Чехия, Германия, Австрия, Лихтенштейн, Швейцария, Италия, Словения, Хорватия, Сербия, Венгрия, Словакия, Белоруссия.
- За 23 дня караван газовых автомобилей прошел 6600 километров.
- В общей сложности в пробеге участвовали 22 газовых автомобиля.
- Торжественно введены в эксплуатацию две АГНКС в Германии и Чехии.
- Организаторы автопробега: «Газпром экспорт», E.On, «Газпром газомоторное топливо», при участии Национальной газомоторной ассоциации.
- Активные участники и национальные координаторы: Comita, Promgas, Gazprom Germania, Vemex, Titan North-West, Raritek.
- Спонсоры, организаторы мероприятий деловой программы: BRC, Cavagna Group, CNG Portal Auto, Esti Gas, NGV Italy, NIS, Nordeka, SG Dujos Auto.
- Коммуникационное обеспечение: G Plus.



Рынок СУГ: внесем ясность?

76

Российский рынок СУГ, отличающийся существенной степенью монополизации, постепенно становится все более цивилизованным и открытым. Этому способствует отказ от государственного регулирования, появление новых форм торговли, в частности, вывод СУГ на биржу. Основной задачей отрасли остается развитие внутренней переработки и, соответственно, уменьшение объемов экспорта.

20 октября компания CREON Energy провела Четвертую международную конференцию «СУГ 2014», которая прошла при поддержке Общероссийской общественной организации «Деловая Россия» и НП «Национальная газомоторная ассоциация». Генеральными информационными партнерами мероприятия стали журнал «Нефть и Капитал» и «Российская Газета Бизнес».



Фарес Кильзие

Приветствуя участников конференции, глава группы CREON **Фарес Кильзие** обозначил проблемы, предлагаемые к обсуждению на мероприятии. Прежде всего, это вопрос таможенно-тарифного регулирования экспорта СУГ. Ранее вывоз сжиженных газов пошлиной не облагался. Однако Минфин подсчитал, что введение экспортной пошлины на СУГ повысит доходы бюджета на 8 млрд руб. в год. Внесенное предложение вызвало противостояние крупных игроков рынка и профильных министерств. Путем долгих переговоров участники отрасли пришли к консенсусу, договорившись о поэтапном увеличении пошлин с 2015 по 2019 г. с возможным ростом и до 2022 г. Данный шаг направлен на увеличение переработки СУГ внутри страны. Также Ф. Кильзие предложил обсудить вопрос вывода СУГ на биржу и готовящийся налоговый маневр в нефтегазовой отрасли.

Обзор рынка СУГ представил заместитель директора по маркетингу компании «Импэкснефтехим» **Леонид Кручинин**. Он отметил, что главным итогом 2013 г. стал значительный рост производства СУГ, при этом основной объем направлялся на экспорт. Ресурсная база ШФЛУ+СУГ увеличилась по сравнению с прошлым годом на 8 % и составила 17,5 млн т. Общий объем потребления СУГ незначительно увеличился: в основном за счет южных регионов страны, однако большинство из них так и не достигло уровня 2007 г.

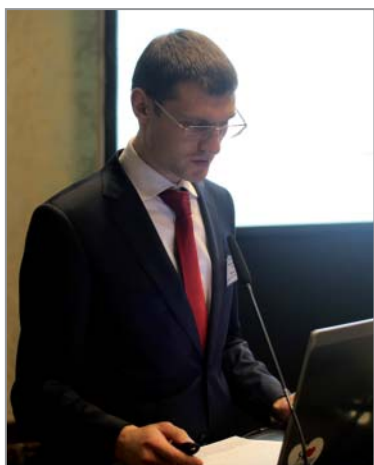
Резюмируя, эксперт подчеркнул, что многолетние усилия государства и основных игроков рынка по регулированию рынка СУГ носили несоординированный характер и усугубили ситуацию в отрасли, поэтому сейчас необходимо пересмотреть основные направления государственной политики в данной сфере.

Антон Жаринов, начальник отдела департамента координации, развития и регулирования внешнеэкономической деятельности Минэкономразвития РФ, сообщил, что по итогам восьми месяцев 2014 г. экспорт СУГ из России составил около 4 млн т. Из них 42 % пришлось на насыщенные ациклические углеводороды (бутан, изобутан, пентан и т.д.), 40 % – на сжиженный пропан, 13 % – на ШФЛУ и 5 % – на сжиженные бутаны. В географической структуре экспорта наибольшую долю занимают европейские страны (около 58 %), существенные объемы (19 %) поставляются в Турцию.

С целью обеспечения сохранения стабильных ценовых условий внутри рынка Минфином придуман механизм налоговых вычетов для российских потребителей нефтехимического сырья. Одновременно с налоговым маневром согласована подготовка проекта постановления, предусматривающего поэтапное повышение вывозных таможенных пошлин на этан, бутан и изобутан.

Начальник управления контроля топливно-энергетического комплекса ФАС России **Дмитрий Махонин** отметил такие факторы, как ограниченное количество мощностей по переработке нефти, природного газа и ПНГ и ярко выраженную сезонность спроса на СУГ, используемый для коммунально-бытового потребления и в качестве газомоторного топлива.

Д. Махонин уточнил, что в совместный приказ ФАС России и Минэнерго «Об установлении минимальной величины продаваемых на биржевых торгах нефти и нефтепродуктов» вносятся изменения в части установления минимальной величины продаваемых на бирже СУГ. Сжиженные углеводородные газы для нефтехимии к торговле на бирже пока не допущены, по этому вопросу еще предстоит провести дополнительные консультации с ведущими игроками рынка и заинтересованными ведомствами. До конца 2014 г. приказ будет подписан и зарегистрирован в качестве нормативно-правового акта.



Антон Жаринов

Подводя итоги, эксперт отметил, что «ценовой арбитраж между индексами цен сопоставимых зарубежных рынков, внебиржевых сделок и биржевых цен позволит сформировать внутренний индикатор цен на СУГ».

На ценообразование российского рынка СУГ оказывает влияние множество факторов, отметил в своем докладе заместитель генерального директора по реализации компании «Газпром газэнергосеть» **Дмитрий Миронов**. Это цены на смежных рынках, на товары-заменители, сезонность спроса, а также экспортная альтернатива и ремонт заводов. Отсутствие общепринятых ценовых индикаторов не дает возможности заключать долгосрочные контракты между производителями и потребителями и завершить либерализацию рынка. В связи с этим компания «Газпром газэнергосеть» как крупный игрок внутреннего рынка СУГ приняла решение создать индикатор цены (ранее ориентиром служила котировка DAF Brest). Для решения поставленной задачи с марта 2014 г. были начаты торги СУГ на электронной торговой площадке eOil.ru. Ежедневно на аукцион выставляется 280 т продукта, торги проводятся в режиме закрытого аукциона с понижением и повышением цен. Все участники рынка допускаются к аукциону на равных недискриминационных условиях. Базис определения цены – станция Сургут. Цена устанавливается участниками аукциона самостоятельно без возможности воздействия на нее продавцом.

Таким образом, компания «Газпром газэнергосеть» начала реализацию СУГ на электронной площадке и осуществила формирование ценового индекса, который в настоящий момент публикуется на сайте gazpromlrp.ru. В планах – запуск фьючерсного контракта, заключение долгосрочных договоров с привязкой к ценовому индексу и, соответственно, хеджирование ценовых рисков с помощью производных финансовых инструментов.

О роли Центрального банка РФ в развитии биржевой торговли СУГ рассказал **Павел Иванов**, начальник отдела департамента рынка ценных бумаг и товарных рынков ЦБ РФ. Российский товарный рынок отличается уже построенной инфраструктурой, обеспечивающей прозрачные биржевые торги нефтепродуктами. Есть биржи, находящиеся в сфере регулирования ЦБ РФ, обеспечивающие равный доступ к торгам производителям и потребителям, а также клиринговые организации, обеспечивающие проведение расчетов по заключенным на бирже договорам. В компетенцию Банка России входит регулирование и надзор за элементами этой инфраструктуры.

У российских компаний уже есть опыт реализации сжиженных газов через биржевые площадки. Так, с начала 2014 г. объем торгов СУГ на бирже «Санкт-Петербург» составил 380 тыс. т, сообщил **Виктор Беляков**, заместитель генерального директора биржи по развитию и торговле энергоносителями. Торги осуществляются продукцией компании «Сургутнефтегаз». Также биржа развивает направление торговли ароматическими углеводородами и природным газом.

По словам В. Белякова, важной мотивацией производителей для вывода СУГ на биржу является получение дополнительной прибыли. То есть вместо традиционной сбытовой сети и посредников компания на бирже имеет возможность найти конечных потребителей и заключить с ними контракты напрямую, при этом цена на товар формируется в зависимости от спроса.

Однако потребители, для блага которых биржевая торговля СУГ и задумана, относятся к ней весьма настороженно. Волгоградский «Каустик» – не исключение. Как сообщил директор по закупкам углеводородного сырья **Антон Подлитов**, предприятие потребляет 300 т СУГ в сутки, соответственно приоритетом является, прежде всего, порядок и сроки поставок, которые сейчас составляют от 30 до 40 дней с момента заключения сделки. Насколько поставки в необходимом объеме и сроке будут гарантированы при закупке сырья на бирже – остается вопросом. Определяющим моментом является и то, что сейчас на биржевых площадках отсутствует необходимый ассортимент марок и объемов СУГ, используемых в нефтехимии, которыми можно загрузить пиролиз хотя бы на 20-30 %.

Что касается статистики, объемы биржевой торговли СУГ в России в январе-мае 2014 г. составили 1,91 % к производству, рассказал заместитель председателя совета секции «Нефтепродукты» «Санкт-Петербургской международной товарно-сырьевой биржи» **Дмитрий Гусев**. Другими словами, ликвидной биржевой торговли СУГ в нашей стране сейчас нет. Это связано с целым рядом



Участники конференции



Вопрос от Сергея Колесникова, президента корпорации «ТехноНИКОЛЬ»

проблем. Производителю не хватает объемов для текущих клиентов, невозможно организовать продажи в связи с производственными планами, неясны покупатели биржевых объемов СУГ, есть опасения роста цены из-за появления биржевых посредников. Немаловажным фактором является нежелание некоторых производителей и потребителей заниматься куплей-продажей СУГ с использованием биржевых инструментов.

Вопросам производства и потребления СУГ в России был посвящен совместный доклад главного специалиста «СТГ Инжиниринг» **Валерия Плотникова** и советника генерального директора «Газпром ВНИИГАЗ» **Александра Гриценко**. Пока рынок остается профицитным, то есть имеет место отставание потребления от роста производства, что приводит к росту экспортных поставок (особенно чистого пропана, слабо востребованного на внутреннем рынке). Рост производства СУГ стимулировался, в частности, государственной политикой, требующей от нефтедобывающих компаний снижения объемов сжигания ПНГ с целью повышения уровня его утилизации.

Докладчики представили прогноз с учетом текущей непростой геополитической ситуации, согласно которому по итогам 2015 г. в России будет произведено около 15 млн т СУГ. К 2030 г. в результате реализации программ по утилизации ПНГ и освоения месторождений этаносодержащего газа объем производства СУГ в РФ может составить 30 млн т (рост в 2,5 раза). Что касается нефтегазохимической продукции, то к 2030 г. ожидается рост производства полиэтилена в 3,5 раза, полипропилена в 4 раза. Выпуск азотных удобрений увеличится в 1,6 раза, этилена в 4 раза, метанола в 1,4 раза. В докладе была особо отмечена необходимость развития отечественной газопереработки и газонефтехимии. В связи с этим ООО «Газпром ВНИИГАЗ» выразило готовность приступить к созданию генеральных схем развития газовой отрасли в России, а также проектирования объектов газонефтепереработки.

Текущее состояние и прогноз развития рынка подвижного состава для перевозок СУГ обрисовал в своем выступлении генеральной директор компании «Инфолайн-аналитика» **Михаил Бурмистров**. Перевозки СУГ – одно из немногих направлений железнодорожных транспортировок нефтяных грузов, которые показали рост в первом полугодии на фоне общего сокращения. В перспективе они также будут расти, что обусловлено ростом спроса на продукцию нефтехимии и запуском новых производственных мощностей. По словам докладчика, рынок достаточно консолидирован – на долю пяти крупнейших операторов приходится около 90 % парка цистерн для СУГ в управлении. В эту пятерку входит компания «Сибур-транс».

В то же время компания «СГ-транс», обладающая крупнейшим собственным (с учетом лизинга) парком цистерн для СУГ, намерена развиваться в новых сегментах перевозок СУГ. В частности, с конца 2013 г. она вышла на рынок перевозок в танк-контейнерах. Планируется, что к концу 2014 г. на данном направлении увеличит парк танк-контейнеров более чем до тысячи единиц.

Между тем компания «Газпромтранс» полагает, что в текущей рыночной ситуации условия для покупки новых цистерн крайне неблагоприятные. Как заявил начальник управления перспективного планирования и развития компании **Андрей Ващенко**, владельцы цистерн для перевозки СУГ находятся под воздействием долгосрочных негативных факторов. Среди них: избыток парка при увеличении участковой скорости; рост требований к подготовке тары под налив со стороны грузовладельцев; вывоз дорогостоящих продуктов альтернативными видами транспорта. Помимо этого, усиливается конкуренция со стороны автомобильного транспорта в краткосрочной и трубопроводного транспорта в долгосрочной перспективах. Появляется финансовое давление со стороны заводов-производителей цистерн и лизинговых компаний. Растут расходы на ремонт, отстой и обслуживание парка цистерн, а также процентные ставки и девальвационные ожидания. Существующая ставка суточной доходности до 1,2 тыс. руб. имеет тенденцию к уменьшению и в 2015 г. продолжит снижение. Совокупность этих факторов, подытожил А. Ващенко, позволяет сделать вывод, что до 2017 г. нецелесообразно вкладывать деньги в покупку цистерн для СУГ.

Подводя итоги прошедшей конференции, глава группы CREON Energy Фарес Кильзие отметил, что «международные санкции и их последствия ставят рынок экспорта сжиженных углеводородных газов перед дилеммой. С одной стороны СУГ становятся важнейшим источником валютного дохода для финансирования операционной деятельности и будущих инвестиций в их переработку, с другой – внутрироссийский рынок окончательно перестал расти. Сейчас наступает период осторожных действий. Отрасли необходим очередной раунд переговоров между производителями, потребителями и ведомствами».

Abstracts of articles

P. 8

Effectiveness analysis of CNG usage on bush car run

Maxim Potapenko, Ivan Koklin, Irina Malenkina, Lubov Kugrisheva

The article investigates the technical and economic parameters and methods for evaluating the effectiveness of the fuel as compressed natural gas (CNG) car in the city and route conditions of motion.

Keywords: economic efficiency, the gas supply system of CNG vehicles, CNG bush car run.

P. 14

The 21st century's petrol

Maxim Belov, Maxim Varankin, Yan Novitskiy

The article describes the application of natural gas, including as motor fuel. The global market data on the development of natural gas as a motor fuel is given. Comparative characteristics of the natural gas with other types of motor fuels are included. The problems of transport "gasification" in the Russian Federation are evaluated. The formed state of matters of Russian gas-vehicle market, potentially contributing to the solution of the problems is identified.

Keywords: natural gas, gas fuel, gas station, CNG, LNG.

P. 23

Ecological-economic analysis of the gas fuel usage prospects for highway transportation

Gretta Akopova, Nadejda Vlasenko, Daria Davydova

The state and prospects for the gas fuel usage for vehicles and the environmental aspects of their impact on the environment are examined. The data on the environmental performance of the life cycle and environmental-economic analysis of motor fuels, and the environmental benefits of the motor fuel usage for highway transportation is given.

Keywords: motor fuel, highway transportation, hazardous substances, natural gas, ecological and economic benefits.

P. 28

Formation of the experimental and theoretical models of toxic emissions from the exhaust gases of the engine with spark ignition using fuel gas

Leonid Kovalchuk, Ilya Mishachkov

The article presents a theoretical framework and algorithm of formation models describing patterns of change in toxic emissions from the exhaust gases of spark ignition engines at work on the fuel gas in a wide range of speed and load conditions. The example of calculation of parameters specific model is given.

Keywords: propane-butane, exhaust gases, toxic emissions.

P. 34

Teaching situation of a guidance and control equipment simulator of a petrol engine for gas run

Yury Panov

The article deals with efficiency of the educational process improving through the introduction and adaptation of the simulator engine management system to run on gas when training in disciplines related to the use of alternative fuels in road transport.

Keywords: training, educational process, gas fuel, the engine management system.

P. 40

Using mixed biofuels with soybean oil additions in diesel engines

Vladimir Markov, Sergey Devyanin, Vsevolod Neverov

Characteristic features of using mixed biofuels with soybean oil in diesel engines have been considered. Results of experimental research of a vehicle diesel engine of the type D-245.12S running on diesel fuel and soybean oil mixtures have been shown. Dependence of fuel efficiency and exhaust gases emissions characteristics on mixed biofuels components has been shown.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, soybean oil, mixed biofuel.

P. 51

Analysis of reducing fuel consumption and toxicity of diesel emissions possibilities on the modes of small loads

Nikolay Patrakhalcev, Andrey Savastenko, Tatiana Anoshina, Roman Kamyshnikov

The analysis' results of reducing fuel consumption and the emissions of a diesel engine at low load mode by disabling part of the cylinder or cycles possibilities are presented. The analysis was performed with the use of assessment indicators of diesel on the basis of experimental universal characteristics in terms of efficiency and toxicity.

Keywords: diesel, modes of small loads and rapid moves, increased efficiency, reduced toxicity, regulation by disconnecting cylinders, change of diesel's displacement.

P. 57

Gas-vehicle fuel usage in China

Tsao Bo, Boris Rachevsky

The article presents data on the development of NGV market in China against the background of the global use of natural gas as a motor fuel, the historical data about the formation of this market is given. The characteristic of the present state of using natural gas in transportation problems is defined.

Keywords: gas fuel, CNG, LNG, LPG, international standard, NGV market of China.

Авторы статей в журнале № 6 (42) 2014 г.

Акопова Гретта Семеновна, к.т.н., начальник лаборатории охраны окружающей среды и ресурсосбережения ОАО «Газпром ВНИИГАЗ», Тел.: (498) 657 94-54, 23-36, 44-54, 40-62, 42-18, 40-43, 43-44, доб. 21-97 или 21-98, E-mail: G_Akopova@vniigaz.gazprom.ru

Аношина Татьяна Сергеевна, магистр техники и технологий, аспирантка РУДН, Тел.: (499)781-34-16, м.т.: 916 530-33-50

Белов Максим Борисович, аспирант Института экономики Уральского отделения РАН, Тел.: 919-37-222-46, E-mail: mbbelov@mail.ru

Варанкин Максим Викторович, аспирант Уральского энергетического института Уральского федерального университета, Тел.: +7-912-206-57, E-mail: max_varankin@mail.ru

Власенко Надежда Львовна, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории охраны окружающей среды и ресурсосбережения ОАО «Газпром ВНИИГАЗ», Тел.: (498) 657 94-54, м.т. 910 421-28-95, E-mail: N_Vlasenko@vniigaz.gazprom.ru

Давыдова Дарья Олеговна, инженер 1 категории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Тел.: (498) 657-40-62, доб. 2197,2198, E-mail: D_Davydova@vniigaz.gazprom.ru

Девянин Сергей Николаевич, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Тракторы и автомобили» Московского государственного агроинженерного университета им. В.П. Горякина (МГАУ им. В.П. Горякина), Тел.: 8-917-519-63-94

Камышников Роман Олегович, аспирант РУДН, Тел.: (495) 438-79-15, м.т. 8 915 068-74-31, E-mail: rkam88@gmail.com

Ковальчук Леонид Игнатьевич, д.т.н., профессор кафедры «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей», г. Калининград, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота (БГА РФ), Тел.: 8 962 254 91 90

Коклин Иван Максимович, д.т.н., доцент, заведующий Невинномысским филиалом кафедр РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Тел.: +7 928 633-84-52, E-mail: koklin@admin.ktg.gazprom.ru

Кутрышева Любовь Ивановна, инженер Невинномысского отделения Центра подготовки кадров ООО «Газпром трансгаз Ставрополь», к.т.н., Тел.: 928-314-56-26

Малёнкина Ирина Фёдоровна, начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н., Тел.: +7 (498) 657-49-59, 4255, 4231, 4779, м.т.: 910-425-44-40, E-mail: I_Malenkina@vniigaz.gazprom.ru

Марков Владимир Анатольевич, д.т.н., профессор кафедры «Теплофизика» МГТУ им. Н.Э. Баумана, м.т. 8 917 584-49-54, р.т. (499) 263-69-18, E-mail: markov@power.bmstu.ru

Мишачков Илья Викторович, аспирант, кафедры «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей», г. Калининград, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота (БГА РФ), Тел.: 8 911 459 31 36

Неверов Всеволод Анатольевич, студент кафедры «Гусеничные машины» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Новицкий Ян Юрьевич, магистрант Уральского института Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Тел.: 912 047-58-18, E-mail: yan_novitski@mail.ru

Носов Александр Михайлович, начальник управления внешнеэкономических связей ООО «Газпром газомоторное топливо», тел.: (812) 455-02-03

Панов Юрий Владимирович, профессор МАДИ, к.т.н., м.т. 8 916-149-60-11, E-mail: panovyur@mail.ru

Патрахальцев Николай Николаевич, д.т.н., профессор РУДН, Заслуженный работник высшей школы РФ, м.т. 8 915-278-54-06, E-mail: nikpatrah@mail.ru

Потапенко Максим Сергеевич, механик ЗАО «Осколцемент», магистр, Тел.: (4725) 419-610, м.т. 8 926 961-03-57

Пронин Евгений Николаевич, главный специалист ООО «Газпром экспорт», руководитель PK5 Международного газового союза, Тел.: (499) 503 62 52, E-mail: e.pronin@mail.ru

Рачевский Борис Семенович, профессор Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, Тел.: (499) 782-31-95, 782-34-27; E-mail: info@neftegaztop.ru

Савастенко Андрей Александрович, к.т.н., доцент РУДН, м.т. 8 903-128-25-13

Цао Бо, аспирант Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, Китай, Тел.: (963) 694-12-29; (968) 475-32-80; E-mail: wscb87@mail.ru

Contributors to journal issue No 6 (42) 2014

Akopova Gretta, Candidate of Technical Sciences, Head of Laboratory of Environmental protection and resource saving (Gazprom VNIIGAZ), E-mail: G_Akopova@vniigaz.gazprom.ru, phone: +7 (498) 657 94-54

Anoshina Tatiana, graduate student of Russian Peoples' Friendship University (RPFU), phone: +7 916 530-33-50

Belov Maxim, Postgraduate Institute of Economics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, phone: +7 919-37-222-46, E-mail: mbbelov@mail.ru

Davydova Daria, engineer, Gazprom VNIIGAZ, E-mail: D_Davydova@vniigaz.gazprom.ru

Devyanin Sergey N., D. Sc. (Eng.), professor, head of «Tractors and Automobiles» department of the Moscow State University for Agriculture and Engineering n.a. V.P. Goryachkin, m.t. +7 917 519-63-94

Kamyshnikov Roman, graduate student of Russian Peoples' Friendship University, phone: +7 (495) 438-79-15, +7 915 068-74-31, E-mail: rkam88@gmail.com

Koklin Ivan, Governor of branches of Gubkin Russian state university of oil and Gas, associate professor, Doctor of Engineering, phone: +7 (743) 32-310, E-mail: koklin@admin.ktg.gazprom.ru

Kovalchuk Leonid, Doctor of Engineering, Professor of the «Highway Transportation and Automobile Service» chair in the Baltic Fishing Fleet State Academy (BFFSA) Kaliningrad, phone: +7 962 254 91 90

Kugrisheva Lubov, Engineer Nevinnomysk Branch of LLC «Gazprom Transgaz Stavropol», Ph.D., phone: +7 928-314-56-26

Malenkina Irina, Head of the laboratory of forecasting gas motor fuel use and economics, Gazprom VNIIGAZ, cand. sc., mobile phone: +7 916 593-94-78, E-mail: I_Malenkina@vniigaz.gazprom.ru

Markov Vladimir, PhD, Engng, professor of «Heat Physics» department of the Bauman Moscow State Technical University, phone: +7 917 584-49-54

Mishachkov Ilya, PG student of the «Highway Transportation and Automobile Service» chair in the Baltic Fishing Fleet State Academy (BFFSA) Kaliningrad, phone: +7 911 459 31 36

Vsevolod Neverov, student of the Bauman Moscow State Technical University

Nosov Alexander, Head of Department, Gazprom Gas-Engine Fuel, LLC, phone: +7 (812) 455-02-03

Novitskiy Yan, undergraduate Ural Institute of Russian Presidential Academy, phone: +7 912 047-58-18, e-mail: yan_novitski@mail.ru

Maxim Potapenko, Mechanical JSC «Oskolcement», phone: +926 961-03-57

Panov Yuriy, cand. sc., professor MADI, mobile phone: +916-149-60-11, E-mail: panovyur@mail.ru

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

Pronin Eugene, Chief Specialist, Gazprom Export, IGU WOC5 Chairman, phone: +7 499 503 62 52, E-mail: e.pronin@mail.ru

Rachevsky Boris, professor of Gubkin Russian state university of oil and Gas, phone: +7 (499) 782-31-95, 782-34-27; E-mail: info@neftegaztop.ru

Savastenko Andrey, cand. sc., docent of Russian Peoples' Friendship University (RPFU), phone: +7 903-128-25-13

Tsao Bo, postgraduate of Gubkin Russian state university of oil and Gas, China, phone: +7 (963) 694-12-29; (968) 475-32-80; E-mail: wscb87@mail.ru

Varankin Maxim, postgraduate Urals Energy Institute of the Ural Federal University, phone: +7 912 206-57, E-mail: max_varankin@mail.ru

Vlasenko Nadezhda, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of Laboratory of Environmental protection and resource saving (OAO «Gazprom VNIIGAZ»), phone: +7 (498) 657 94-54, E-mail: N_Vlasenko@vniigaz.gazprom.ru