



ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



№ 3 (63) 2018



Реклама

ECO GAS

К 70-летию ВНИИГАЗа

КАМАЗ на гонке «Золото Кагана»

Природный газ потеснил бензин и дизтопливо



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

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114

Включен в Перечень ВАК

Учредитель и издатель

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

Периодичность

6 номеров в год

Главный редактор

Д.В. Люгай

генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

Члены редакционной коллегии

Б.В. Будзуляк

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

С.П. Горбачев

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

В.И. Ерохов

профессор «МАМИ», д.т.н.

Р.З. Кавтарадзе

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

Т.В. Климова

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

С.И. Козлов

д.т.н.

С.В. Люгай

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

В.А. Марков

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

А.В. Николаенко

ректор «МАМИ», профессор, д.э.н.

Ю.В. Панов

профессор МАДИ, к.т.н.

Н.Н. Патрахальцев

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

Е.Н. Пронин

координатор проекта «Голубой коридор»

В.С. Сафонов

советник генерального директора ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
д.т.н., профессор

В.Н. Фатеев

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

В.С. Хахалкин

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

Редактор

О.А. Ершова

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

Тел.: +7 (498) 657 29 76

Отдел подписки и рекламы

E-mail: transport.2@ngvrus.ru

Тел.: +7 (498) 657 29 77

Перевод

А.И. Хлыстова

Компьютерная верстка

И.В. Шерстюк

Адрес редакции:

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

Отпечатано с представленного электронного оригинал-макета

в типографии «ТалерПринт»

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

Номер заказа

Сдано на верстку 15.04.2018 г.

Подписано в печать 15.05.2018 г.

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

Печать офсетная, печ. л. 10,5

При перепечатке материалов ссылка на журнал

«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации,

опубликованной в рекламных материалах

На обложке: газовый КАМАЗ на ралли «Золото Кагана»



Перечень поручений по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива	3
Обновленный газовый КАМАЗ дебютировал на гонке «Золото Кагана»	4
VIII Международный научно-практический семинар «Газомоторное топливо. Безопасная эксплуатация ТС»	5
«Газпром» обеспечит технику фермерских хозяйств природным газом	10
Центр использования газа	11
Евстифеев А.А., Никорук И.Ф. Математическое моделирование режимов работы и производственных процессов АГНКС	25
Сазонов С.Л., Чэнь Сяо Опыт Китая по развитию технологий производства аккумуляторов и инфраструктуры заправочных станций для электромобилей	39
Лиханов В.А., Скрыбин М.Л. Исследование влияния природного газа на характеристики процесса сгорания и жаропрочность поршневых алюминиевых сплавов дизеля Д-245.7	52
Овсянников Е.М., Гайтова Т.М., Корюшкин С.А., Фомин А.П. Система управления турбоэлектрокомпрессором гибридного автомобиля	59
Природный газ потеснил бензин и дизельное топливо	64
Владельцам авто на СПГ могут снизить налоги и плату за систему «Платон»	67
1,3 миллиарда рублей на закупку газомоторных автобусов	69
Пронин Е.Н. В США изменились нормы и правила	71
Международная морская организация предлагает ввести запрет на использование мазута в Арктике	72
В Алма-Ате протестируют автобус на газе Iveco	75
Газомоторная мозаика	76
Abstracts of articles	78
Авторы статей в журнале № 3 (63) 2018 г.	80



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 (NGVA), is affiliated with IGU

Published

6 issues a year

Editor-in-Chief

Lyugai, D.V.

Director General of Gazprom VNIIGAZ,
Doctor of Engineering

Editorial board members

Budzulyak, B.V.

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

Erokhov, V.I.

MAMI Professor, Doctor of Engineering

Fateev, V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute,
Doctor of Chemistry

Gorbachev, S.P.

Professor, Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering

Kavtaradze, R.Z.

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

Khakhalkin, V.S.

Chief technology officer,
deputy director general LLC «Gazprom Gas-Engine Fuel»

Klimova, T.V.

Head of Information support department, Engineering
and Technical center, Gazprom Transgaz Moskva LLC,
deputy chief editor

Kozlov, S.I.

Doctor of Engineering

Lyugai, S.V.

PhD, Director of the Centre «Gas Use»,

JSC «Gazprom VNIIGAZ»,

executive director, NGVRUS

Markov, V.A.

Professor of N.E. Bauman's MGTU,

Doctor of Engineering

Nikolaenko, A.V.

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

Doctor of Science

Panov, Yu.V.

Professor of MADI (GTU), PhD

Patrakhaltsev, N.N.

Professor of People's Friendship University of Russia,

Doctor of Engineering

Pronin, E.N.

Coordinator of the «Blue Corridor» project

Safonov, V.S.

Adviser to director general Gazprom VNIIGAZ,
doctor of engineering, professor

Editor

Ershova, O.A.

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

Phone.: +7 (498) 657 29 76

Subscription and Distribution Department

E-mail: transport.2@ngvrus.ru

Phone.: +7 (498) 657 29 77

Translation by

Khlystova A.I.

Computer imposition

Sherstyuk, I.V.

Editorial office address:

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

Moskovskaya obl, 142717

www.ngvrus.ru

Order number

Passed for press on 15.04.2018

Endorsed to be printed on 15.05.2018

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

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

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

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

CONTENTS

List of instructions following the results of the meeting on expanding the usage of natural gas as a motor fuel	3
VIII International Scientific and Practical Seminar «NGV fuel. Safe operation of the vehicle»	5
For the 70th anniversary of VNIIGAZ Gas Utilization Center	11
Andrey Evstifeev, Irina Nikoruk Mathematic simulation of operational conditions and workflow of a CNG Filling Station	25
Sazonov Segrey, Chen Xiao China's experience in the development of battery production and the infrastructure of fuel stations for electric vehicles	39
Vitaliy Likhonov, Maxim Skryabin Study of natural gas effects on the combustion characteristics and heat resistance of aluminum alloy piston diesel D–245.7	52
Ovsyannikov Evgeniy, Gaitova Tamara, Koryushkin Sergej, Fomiv Alexander Control System of Turbo-electric compressor of a hybrid car	59
Natural gas unseated gasoline and diesel fuel	64
Car owners on CNG can lower taxes and fees due to the system «Platon»	67
1.3 billion rubles for the purchase of gasoline-powered buses	69
Eugene Pronin The rules and regulations have changed in the US	71
The International Maritime Organization proposes to ban the usage of fuel oil in the Arctic	72
A bus on Iveco gas to be tested in Almaty	75
NGV mosaic	76
Abstracts of articles	78
Contributors to journal issue № 3 (63) 2018	80

Перечень поручений по итогам совещания по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива

Президент РФ Владимир Путин утвердил Перечень поручений по итогам прошедшего 18 апреля 2018 года совещания с членами правительства по вопросу расширения использования газа в качестве моторного топлива.

Пр-743, п. 1

Правительству Российской Федерации:

1. Определить федеральный орган исполнительной власти, ответственный за развитие рынка газомоторного топлива, включая создание сети газозаправочных станций и увеличение парка автотранспортных средств, использующих газ в качестве моторного топлива.

Доклад – до 1 июля 2018 г.

Организация
Ответственный
Тематика
Срок исполнения

Правительство Российской Федерации
Медведев Дмитрий Анатольевич
Транспорт
1 июля 2018 года

Пр-743, п. 2

2. С учетом ранее данных поручений обеспечить разработку и внедрение программы развития рынка газомоторного топлива, обратив особое внимание на необходимость:

а) разработки схем территориального размещения заправочных станций и газопроводной инфраструктуры по каждому субъекту Российской Федерации;

б) развития газозаправочной сети и обеспечения ее загрузки до коммерчески эффективного уровня;

в) увеличения парка транспортных средств, использующих газ в качестве моторного топлива, с учетом существующих программ обновления муниципального пассажирского и грузового транспорта, транспорта, используемого в качестве такси, школьных автобусов и транспорта экстренных и оперативных служб, в том числе машин скорой помощи и пожарных машин;

г) стимулирования роста парка частных транспортных средств, использующих газ в качестве моторного топлива.

Доклад – до 1 октября 2018 г., далее – раз в полгода.

Организация
Ответственный
Тематика
Срок исполнения

Правительство Российской Федерации
Медведев Дмитрий Анатольевич
Транспорт
1 октября 2018 года

Пр-743, п. 3

3. Представить предложения по механизмам определения персональной ответственности руководителей субъектов Российской Федерации по развитию рынка газомоторного топлива.

Доклад – до 1 октября 2018 г.

Организация
Ответственный
Тематика
Срок исполнения

Правительство Российской Федерации
Медведев Дмитрий Анатольевич
Транспорт
1 октября 2018 года

Обновленный газовый КАМАЗ дебютировал на гонке «Золото Кагана»

В Астраханской области состоялся второй этап чемпионата России по ралли-рейдам «Золото Кагана-2018», в котором принял участие обновленный газовый КАМАЗ.

Маршрут ралли состоял из двух этапов и проходил по скоростным степным и сложным песчаным участкам Астраханской области. Общая протяженность пути составила более 770 км. Соревнование завершилось триумфом команды «КАМАЗ-мастер», экипажи которой заняли весь пьедестал почета.



В рамках гонки был впервые представлен общественности и испытан газовый автомобиль нового поколения. Тесты провел пилот команды «КАМАЗ-мастер» Сергей Куприянов.

Газовый КАМАЗ является уникальным спортивным грузовиком, использующим в качестве топлива смесь дизеля и природного газа EcoGas. Именно на этом автомобиле экипаж Сергея Куприянова примет участие в трансконтинентальном ралли-марафоне «Шелковый

путь-2018», который состоится с 15 по 29 июля 2018 года по маршруту «Сиань – Москва».

«Новая машина оставила исключительно положительные впечатления. Хороший и надежный автомобиль. Использование смеси дизельного топлива и газа дает отличную разгонную динамику. Это особенно важно при движении в песках, где при выборе траектории движения в дюнах после замедлений необходимо быстро набирать скорость», – рассказал Сергей Куприянов.

Газовый КАМАЗ – специальная модель спортивного грузового автомобиля, в котором в качестве моторного топлива используется природный газ – EcoGas. Первый спортивный газодизельный грузовик создан в 2013 году командой «КАМАЗ-мастер» при поддержке ПАО «Газпром» и банка ВТБ. Цель проекта: демонстрация возможностей природного газа в качестве моторного топлива.

В 2018 году представлена новая модификация газового КАМАЗа с двигателем 16,16 л и газовым оборудованием третьего поколения.

«Золото Кагана» – традиционная гонка Астраханской области. В 2018 году гонка «Золото Кагана» прошла в память пилота Евгения Фирсова, победителя Чемпионата России по ралли-рейдам. Трасса спецучастка в 2018 году на 80 % проходила по дорогам, а также через традиционные барханы «Африка» и «Большой Брат». Общая дистанция соревнования составила свыше 770 км.

<http://gazprom-gmt.ru/press-center/news>

VIII Международный научно-практический семинар «Газомоторное топливо. Безопасная эксплуатация ТС»

12 апреля 2018 года в ООО «Газпром трансгаз Томск» состоялся VIII Международный научно-практический семинар «Газомоторное топливо. Безопасная эксплуатация ТС». Организаторами мероприятия выступили Ассоциация организаций в области газомоторного топлива Национальная газомоторная ассоциация (АОГМТ «НГА»), ООО «Газпром газомоторное топливо» и ООО «Газпром трансгаз Томск», при участии Консорциума NGV Italy, соорганизаторы: ООО «БАУЭР Компрессоры», ООО «Челябинский компрессорный завод» (ООО «ЧКЗ») и АО «Агентство Прямых Инвестиций» (АО «АПИ»).

С приветствиями к участникам семинара обратились А.И. Титов, генеральный директор ООО «Газпром трансгаз Томск», Д.Д. Гайдт, председатель совета АОГМТ «НГА», В.С. Хахалкин, главный инженер – заместитель генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо», заместитель председателя Ассоциации, и М. Барони, президент Консорциума NGV Italy.

Работой семинара руководил С.В. Люгай, директор Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ», исполнительный директор Ассоциации.



Безопасность – один из основных приоритетов и показателей для успешного развития использования природного газа в качестве моторного топлива на транспорте. Энергетический потенциал больших объемов сжатого до давлений 20-30 МПа природного газа очень высок, даже если говорить только о запасах механической энергии. Ясно, что разрушение баллона или несанкционированный выброс сжатого природного газа могут привести к последствиям разной степени тяжести. Следует также учитывать, что потенциально опасный объект – баллон со сжатым природным газом – может эксплуатироваться неподготовленным владельцем индивидуального транспорта. Поэтому формирование общих технических требований к баллонам, материалам, технологиям и конструктивным решениям, методам испытаний и переосвидетельствования, маркировке, упаковке и эксплуатации емкостей для хранения КПП должно проводиться при первоочередном

учете требований безопасности. При этом необходимо минимизировать временные и финансовые затраты владельцев транспорта на КПП с целью недопущения возникновения новых административных барьеров.

Докладчики, выступившие на семинаре, остановились на главных проблемах, связанных с безопасной эксплуатацией транспортных средств на газомоторном топливе.

Так, В.В. Чебоксаров, директор филиала «Томскавтогаз» ООО «Газпром трансгаз Томск», рассказал о деятельности филиала по расширению использования КПП в качестве моторного топлива. Компания продолжает строительство новых и реконструкцию уже существующих автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Пристальное внимание уделяется качеству оборудования, которым оснащаются станции. Отдельно Вячеслав Викторович остановился на программном комплексе «АйТи-Ойл», функциональные характеристики которого позволяют:

- управлять оборудованием (газонаполнительные или бензиновые колонки, кассовый аппарат, считыватель смарт-карт);
- реализовывать КПП по безналичному расчету с использованием бесконтактных карт или без них; сбор информации с АГНКС в центральной базе данных;
- проводить расчет скидок на основании месячного потребления контрагентов;
- формировать отчеты как на АГНКС, так и на центральной базе данных;
- вести децентрализованный справочник автомобилей.

Это новшество является одним из примеров применения современных автоматизированных систем управления корпоративного уровня на объектах реализации природного газа потребителям и может стимулировать автовладельцев к переходу на КПП.

В.С. Хахалкин в своей презентации представил концепцию, идеологию и основные направления деятельности ООО «Газпром газомоторное топливо» в области создания Единого центра по учету баллонов в РФ. Он рассказал об основных проблемах, возникающих на этапах жизненного цикла газовых баллонов в РФ, а также о предпосылках создания единого центра по контролю за обращением газовых баллонов на автотранспорте. Затем Вячеслав Сергеевич рассказал о том, какими могут быть функции и услуги единого центра по контролю за обращением газовых баллонов для хранения КПП. По его мнению, это могут быть следующие функции:

- формирование единой зоны ответственности в РФ по контролю за обращением газовых баллонов на протяжении всего жизненного цикла;
- оказание информационно-справочных услуг на интернет-портале центра с целью максимального упрощения и повышения информированности собственников ТС о процедурах установки ГБО на автомобиль и его регистрации в ГИБДД;
- содействие совершенствованию и гармонизации нормативно-правовой базы;
- усиление контроля за безопасностью эксплуатации ГБО, в том числе на заправочных станциях;
- усиление контроля за сервисными центрами по установке, освидетельствованию и обслуживанию ГБО в части соответствия установленным требованиям для обеспечения необходимого качества выполняемых работ.

Участники семинара ознакомились и с мировым опытом безопасной эксплуатации газобаллонного оборудования. На семинаре выступили иностранные докладчики: Марияроза Барони, президент Консорциума NGV Italy (Италия) и Ю Чул Ким, генеральный директор КОА, Ltd (Республика Корея), которые поделились европейским и азиатским опытом по организации системы управления безопасностью автомобильных баллонов для природного газа.

В докладе Ю Чул Ким привел факты о газомоторной индустрии в мире и данные о лидерах мирового газомоторного рынка. Корея в этом списке занимает 25-е место. Докладчик показал ретроспективную информацию о ходе развития рынка ГМТ в Республике Корея. По данным за 2016 г., в стране насчитывается около 40 тыс. единиц техники, которая работает на природном газе. В стране существует система управления безопасностью баллонов высокого давления для автомобилей, в рамках которой осуществляется инспекция установки и эксплуатации баллонов согласно закону об управлении автомобильным транспортом. Докладчик рассказал, какие для этого приняты в Корее методы и стандарты.



Докладчики Марияроза Барони и Ю Чул Ким

П.Г. Вишняков, руководитель испытательной лаборатории ООО «ЭТК «ТЭДЭКС», эксперт Ассоциации, проинформировал участников семинара об особенностях эксплуатации газобаллонного оборудования для транспортных средств на территории Российской Федерации в соответствии с требованиями ФНИП по промышленной безопасности. Он рассказал о действующих на сегодня нормативных документах, регулирующих использование газовых баллонов для автомобилей и действия в отношении ГБО. Павел Георгиевич также представил информацию о сроках технического освидетельствования и службы газовых баллонов. Отдельно он остановился на требованиях к сосудам для криогенных жидкостей, в частности, для сжиженного природного газа.

Профессор МАДИ, эксперт Ассоциации, Ю.В. Панов посвятил доклад вопросам безопасности при эксплуатации ТС, работающих на газомоторном топливе. В течение 1995-2018 гг. МАДИ выполнил комплекс разработок для повышения эффективности эксплуатации и безопасности газовых автобусов, заказчиком которых выступил ГУП «Мосгортранс». Специалисты университета разработали меры по совершенствованию учета и нормирования расхода КПП для автобусов, руководство по электронной диагностике газового оборудования и руководство по эксплуатации газовых автобусов ЛиАЗ расширенного модельного ряда (с ДВС CUMMINS и MAN), технологию ТО газового оборудования сочлененных автобусов, методику нормирования расхода КПП с помощью компьютерных средств диагностирования для газовых автобусов ЛиАЗ, технологический

процесс дегазации газовых баллонов, аккумулярования КПП на посту аккумулярования и заправки и многое другое.

Юрий Владимирович представил этапы внедрения ГБА. Отдельное внимание было уделено вопросам эксплуатационной безопасности, которые включают: безопасность подвижного состава; подготовку водителей, ремонтников и ИТР; правовую базу.



В перерыве: слева направо – В.В. Чебоксаров, В.С. Хахалкин и С.В. Люгай

Т.В. Плиева, начальник управления по развитию ООО «Региональная Газовая Компания», выступила с докладом о проблемах применения существующего законодательства РФ в области пожарной безопасности для предприятий, эксплуатирующих автотранспортные средства на компримированном природном газе. Татьяна Валерьевна рассказала, как компания совместно с ООО «Газпром газомоторное топливо» ведет целенаправленную работу по развитию внутреннего рынка газомоторного топлива на территории Белгородской и Курской областей. Она обратила внимание участников семинара на ключевые причины неполной загрузки производственных мощностей АГНКС, среди которых выделила следующие:

- низкие темпы строительства АГНКС в регионах;
- перевод техники на газомоторное топливо осуществляется преимущественно за счет легкового и коммерческого (пассажи́рский) транспорта;
- отсутствие заинтересованности крупных промышленных предприятий в переводе транспорта на ГМТ, в первую очередь, из-за пробелов в законодательной базе.

А.В. Литвяков, генеральный директор ООО «Испытательная лаборатория-16», рассказал об опыте Республики Татарстан в организации безопасности ТС, переоборудованных на природный газ. В частности, речь шла о механизме взаимодействия участников государственной программы субсидирования Республики Татарстан, составной частью которого стали субсидии из бюджета Республики, выделяемые только аккредитованным в ООО «Газпром газомоторное топливо город Казань» ППТО, и техническая экспертиза переоборудованных ТС, которую в рамках программы осуществляет «ИЛ-16». Александр Валерьевич привел

итоги мониторинга качества установки ГБО на ТС, в результате которого было установлено следующее:

- ППТО при установке ГБО не руководствуются нормативной документацией – правилами ЕЭК ООН №№ 67, 110, 115 и ГОСТ 31972–2013;
- лаборатории, выдавшие протоколы технической экспертизы, не проводят техническую экспертизу должным образом;
- усложненный порядок регистрации установленного ГБО с набором дублирующих процедур не гарантирует качество выполненных работ и безопасность транспортного средства.

А.А. Рябов (ООО «БАУЭР Компрессоры») и К.Б. Хабиров (ООО «ЧКЗ») выступили с докладом «Локализация производства компрессорного оборудования мирового класса в РФ». Коротко представив направления деятельности и линейку производимого оборудования своих компаний, авторы продемонстрировали положительные результаты совместного сотрудничества отечественных и иностранных компаний, привели аспекты безопасности технического решения ЧКЗ с компрессором BAUER при строительстве АГНКС. Показали перспективные разработки для станций заправки, направленные на противодействие террористическим элементам и группам. К этим разработкам относятся применение пуленепробиваемых стекол и барьеров безопасности, создание защищенных модулей хранения сжатого природного газа и автоматической системы контроля периметра и доступа персонала в производственные помещения и т.д.

Выступления всех, без исключения, докладчиков вызвали неподдельный интерес у присутствовавших. Участники семинара поддержали актуальность и необходимость дальнейшей организации системы по контролю технического состояния и обращения баллонов для хранения газообразного топлива на автомобильном транспорте.

Кроме этого, участники семинара отметили, что подобные мероприятия, ставшие уже в деятельности НГА традиционными, являются важной составляющей в деле развития газомоторного рынка России и способствуют активизации работы в этой области. Состоявшийся семинар в очередной раз продемонстрировал высокий уровень заинтересованности профессионального сообщества и частных лиц в получении актуальной и достоверной информации об основных тенденциях и направлениях развития использования природного газа в качестве газомоторного топлива. Участники высоко оценили профессионализм специалистов и экспертов, участвующих в мероприятиях Национальной газомоторной ассоциации.



Общая фотография участников семинара

«Газпром» обеспечит технику фермерских хозяйств природным газом

На днях в станице Новопетровской Павловского района Краснодарского края председатель совета директоров ПАО «Газпром» Виктор Зубков принял участие в тожественном открытии площадки для передвижного автомобильного газового заправщика (ПАГЗ). Здесь состоялась первая заправка техники крестьянского фермерского хозяйства «Барсук Т.Л.» природным газом.

В мероприятии участвовали генеральный директор ООО «Газпром газомоторное топливо» Михаил Лихачев, руководители профильных подразделений «Газпрома» и дочерних обществ компании, представители администрации Краснодарского края.

«Газпром» ведет масштабную работу по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива. Среди перспективных направлений – сотрудничество с отечественными аграрными предприятиями по размещению заправочных объектов в местах эксплуатации сельскохозяйственной техники на условиях совместного финансирования.

Первый из таких проектов в настоящее время реализуется с фермерским хозяйством «Барсук Т.Л.», которое построило специальную площадку для размещения ПАГЗ. Заправщик «Газпрома», который будет здесь работать, рассчитан на обслуживание 40-50 единиц техники в день, продолжительность одной заправки составляет всего 10-15 минут. В перспективе ПАГЗ будет заменен блоком компримирования природного газа (КПГ), который позволяет заправлять большее количество техники по сравнению с ПАГЗом. Сооружение подводящего газопровода к нему возьмет на себя фермерское хозяйство, установку блока КПГ и заправку техники – «Газпром».

Первый этап реализации проекта – перевод всего автопарка фермерского хозяйства «Барсук Т.Л.» на природный газ. На втором этапе планируется обеспечение природным газом автотранспорта 10 близлежащих сельскохозяйственных предприятий.

«Предприятия Краснодарского края стали первыми в России, которые совместно с «Газпромом» приступили к реализации проекта по использованию природного газа на сельскохозяйственной технике на условиях совместного финансирования. «Газпром» видит большой потенциал в сотрудничестве с российскими аграрными предприятиями по переводу транспорта на газ. Сегодня стоимость одного кубометра природного газа на автозаправке в среднем составляет 13,4 руб., что в разы дешевле бензина и дизельного топлива. В рамках данного пилотного проекта при переводе 100 единиц сельхозтехники на газ суммарная ежегодная экономия может составить 186 млн руб. Кроме того, газ в моторах заметно увеличивает срок работы техники, снижает стоимость ее эксплуатации.

Широкое использование газомоторного топлива в сельском хозяйстве – обязательно, если мы хотим сделать доступнее продукты питания на внутреннем рынке», – сказал Виктор Зубков.

Управление информации ПАО «Газпром»

Центр использования газа

Научные исследования по применению газового моторного топлива в поршневых двигателях были начаты в нашей стране в первый послевоенный год – 1946-й, в лаборатории газовых двигателей Академии наук СССР. Во второй половине 1950-х годов, в соответствии с Постановлением Совмина Союза СССР от 02.08.1956 г. № 1038 и Приказом министра нефтяной промышленности от 09.08.1956 г. № 518, лаборатория газовых компрессоров переместилась во ВНИИГАЗ из ВНИИнефти, и тогда научные исследования были продолжены с учетом потребностей и возможностей газовой промышленности.

История создания Центра

Фактически именно во ВНИИГАЗе в этот период было положено начало созданию научной школы по исследованиям рабочих процессов поршневых газовых двигателей с различными способами воспламенения газоздушнoй смеси. Под руководством профессора К.И. Генкина учеными института совместно со специалистами завода им. В.А. Малышева (1963 г.) были созданы две модификации газовых двигателей ГД-100 мощностью 850 и 1000 кВт. Эти двигатели стали силовым агрегатом мотор-генераторов для электростанций, предназначенных для собственных нужд, газопроводов Бухара – Урал и Средняя Азия – Центр. Такая мощная система, как газопровод Бухара – Урал, немыслима без стабильного энергоснабжения.

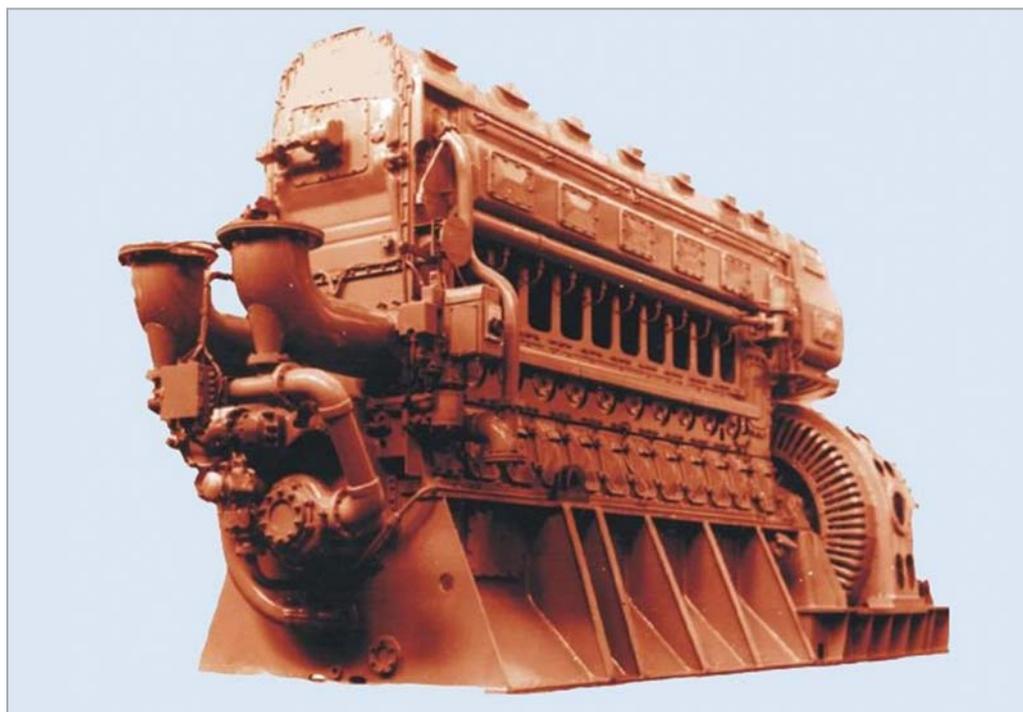
К тому времени (1968 г.) в районных управлениях находились в эксплуатации 150 электростанций с общей мощностью 301 тыс. кВт и 12 электростанций для собственных нужд с общей мощностью 16,4 кВт, которые были оснащены двигателями 6Г4 и 11ГД100. Большую работу по их освоению на газообразном топливе проделали сотрудники ВНИИГАЗа д.т.н. К.И. Генкин, И.А. Трегубов, А.А. Дмитриев, С.Д. Зинкевич, Д.Т. Аксенов.

Начиная с 1964 г. заводом им. В.А. Малышева было выпущено около 150 таких агрегатов, а коллектив авторов научно-технической разработки удостоен Государственной премии СССР.



Карп Исаакович Генкин (род. 24.10.1911 г.) – выпускник МАДИ 1938 года по специальности «инженер-механик», доктор технических наук, известный отечественный специалист в области двигателей внутреннего сгорания. Работал в лаборатории газовых двигателей АН СССР. С 1961 года – руководитель лаборатории газовых компрессоров и двигателей ВНИИГАЗа Главгаза СССР. Под его руководством и при непосредственном участии во ВНИИГАЗе проведен ряд серьезных научно-исследовательских работ. Автор 105 печатных трудов, в том числе шести монографий, 15 изобретений, на часть из которых были получены иностранные патенты. Награжден Почетной грамотой и значком «Строителю газопровода Бухара – Урал» (1963 г.). Ученое звание – профессор по специальности «тепловые двигатели».

В этот период во ВНИИГАЗе активно проводились исследования по изучению процессов сгорания газового топлива в цилиндрах двигателей. На одноцилиндровой установке с переменным ходом была определена оптимальная степень сжатия для газовых машин, обеспечивающая бездетонационное сгорание газового топлива. Также проведены исследования по применению форкамерно-факельного зажигания в двигателях большой мощности, выполнены съемки распространения пламени в камере сгорания, подготовлено большое количество высококвалифицированных кадров для газовой промышленности – кандидатов и докторов наук по поршневым газовым двигателям.



Общий вид газового двигателя 11ГД100

С 1972 г. ВНИИГАЗ успешно работал над созданием газовых мотор-генераторов 61ГА и 11ГД100М. Впервые в отечественной практике на компрессорных станциях газопроводов Бухара – Урал и Средняя Азия – Центр была внедрена схема комплексной утилизации вторичных энергоресурсов.

Лабораторию поршневых газоперекачивающих агрегатов в период 1972-1996 гг. возглавлял профессор Ю.Н. Васильев. В начале 1980-х годов по прямому поручению заместителя Председателя Совета Министров СССР Б.Е. Щербины специалисты ВНИИГАЗа разработали проект Постановления Совмина о переводе транспорта на газовое моторное топливо взамен бензина и нефтяных топлив. Причиной тому было заметное снижение добычи нефти в целом ряде регионов страны. Правительственным постановлением было запланировано перевести на газовое топливо 1 млн автомобилей: 500 тыс. – на пропан-бутан, еще столько же – на природный газ (метан). Ученым института в течение пяти лет (до 1980 г.) фактически удалось спроектировать и всячески способствовать созданию мощнейшей системы газовых заправок. В этот период более 120 тыс. грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ было переведено на газомоторные виды топлива и построено свыше 200 автогазозаправочных станций.



Юрий Николаевич Васильев (род. 25.05.1926 г.) – выпускник Ленинградского высшего инженерного морского училища им. адмирала С.О. Макарова (ныне – ГМА им. адмирала С.О. Макарова) 1954 года по специальности «инженер-механик по двигателям». Доктор технических наук, профессор, крупнейший специалист в области энергетических установок и компрессорного оборудования, а также в области решения теоретических и прикладных проблем создания двигателей, работающих на газовом топливе. Лауреат Премии Совета Министров СССР, Премии Правительства РФ в области науки и техники за разработку научных основ и новых технологий обеспечения надежности, экономичности и безопасности нагнетательных установок на компрессорных станциях газовой и нефтяной промышленности и станциях обеспечения транспорта газомоторным топливом. Ю.Н. Васильев

– дважды лауреат премии им. академика И.М. Губкина, Почетный работник нефтяной и газовой промышленности РСФСР. Работал во ВНИИГАЗе в 1966-1996 гг. С 1981 года в лаборатории под руководством Ю.Н. Васильева было выполнено 55 научных разработок, обеспечивающих строительство первых 100 отечественных автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. Ю.Н. Васильев активно работал в межведомственном научно-техническом совете по двигателестроению при ГКНТ СССР, был членом научного совета Академии наук СССР по комплексным проблемам перспективных транспортных средств и транспортной энергетики, членом Комитета по промышленному использованию газа Международного газового союза.

В эти годы лаборатория газовых двигателей в связи с расширением спектра изучаемых тем преобразовалась в отдел газотранспортного оборудования. Под руководством Ю.Н. Васильева учеными отдела были заложены основы конструирования и расчета газодизельных двигателей, проведены комплексные расчеты по использованию природного газа в качестве моторного топлива на автомобильном, железнодорожном и водном транспорте и даже разрабатывались системы воздушно-водяного охлаждения газоперекачивающих агрегатов (ГПА) на компрессорных станциях магистральных газопроводов.

Расширилось сотрудничество института с целым рядом крупнейших производственных предприятий. Совместно с ПО «Коломенский тепловозостроительный завод им. В.В. Куйбышева» в отделе проводились научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию первого в мире тепловозного газодизеля 16ЧН26/26 мощностью 2250 кВт, а также газового двигателя 8ЧН26/26 мощностью 1000 кВт с искровым и форкамерно-факельным зажиганием. Совместно с Первомайским машиностроительным заводом им. 25 Октября (Украина) был разработан и создан образец газового двигателя с форкамерно-факельным зажиганием и газодизель мощностью 320 кВт, рассчитанный на использование в качестве топлива биогаза и попутного нефтяного газа.

Совместно с заводом «Русский дизель» (г. Ленинград) разработаны и выпущены две модификации газового двухтактного двигателя мощностью 3500 кВт для привода компрессоров (ГПА-5000) и генератора (МГ-3500). Впоследствии было произведено 24 таких агрегата.



На базе двигателей Рижского дизелестроительного завода было создано семейство газовых мотор-генераторов мощностью 3; 5; 8 и 16 кВт, а также налажен выпуск модульных передвижных электростанций для станций катодной защиты газопроводов и радиорелейной связи, использующих в качестве топлива природный и шахтный газ, а также биогаз. До 1995 г. опытным заводом ВНИИГАЗа было выпущено почти 200 модульных станций.

Совместно с двигателестроительным заводом (г. Б. Токмак) разработан и изготовлялся газовый мотор-генератор ГДГА-48 мощностью 48 кВт на базе дизеля 4Ч12/14. Таких агрегатов было выпущено около 300 шт.

В 1994-1995 гг. учеными отдела газотранспортного оборудования (С.И. Ксенофоновым, В.Н. Федоткиным и др.) совместно с АО «Дизельпром» (г. Чебоксары) был создан опытный образец газового двигателя с форкамерно-факельным воспламенением мощностью 500 кВт на базе дизеля 8ЧН16,5/18,5. Газовый двигатель разрабатывался в двух модификациях. Параллельно с этим для промышленного трактора разрабатывался форкамерный двигатель 6ГЧН16,5/18,5 с использованием в качестве топлива пропан-бутана.

В 2006-2013 гг. учеными института под руководством заместителя директора по науке доктора технических наук С.И. Козлова проводились исследования перспективных энергетических установок на топливных элементах совместно с Федеральным ядерным центром «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (Арзамас-16) и Российским научным центром «Курчатовский институт». Проведен анализ современного состояния водородной энергетики, проблем и перспектив развития практически всех ее аспектов: получения, хранения, транспортировки и использования водорода. Проанализированы возможности энергоустановок со всеми типами топливных элементов и определены наиболее перспективные типы энергоустановок для газовой промышленности. Результаты исследований оформлены в виде монографий:

• С.И. Козлов, В.Н. Фатеев. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы / Под ред. Е.П. Велихова. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 520 с.;

• С.И. Козлов, С.В. Люгай. Альтернативные моторные топлива XXI века / С.И. Козлов, С.В. Люгай – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014. – 170 с.

Современное состояние и направления исследований Центра

В рамках Центра использования газа в настоящее время сформировались три основных направления научных исследований:

- разработка двигателей и станций заправки КПП;
- малотоннажное сжижение природного газа и применения СПГ на транспорте;
- перспективно-прогнозные, технико-экономические и экспертно-аналитические работы.

В области разработки двигателей

В течение 12 лет, начиная с 1996 года, по заданию ПАО «Газпром» институт вел целенаправленные разработки по созданию газовых модификаций базовых дизелей для автобусов и большегрузных автомобилей, тракторов и другой транспортной техники, а также для установок генерации электрической и тепловой энергии, использующих в качестве топлива компримированный (КПП) и сжиженный (СПГ)

природный газ. Результатом этого научного поиска стала разработка газовых модификации двигателей типа Д6 и В2 с использованием серийных дизель-электрических агрегатов Уральского турбомоторного завода (г. Екатеринбург), а затем – выпуск опытных образцов газовых электростанций, размещенных в энерговагоне, мощностью 100 и 200 кВт. Двигатель 6ГЧ15/18 по предложению ВНИИГАЗа впервые в отечественной практике был использован в качестве привода газового компрессора для опытного образца АГНКС-75.

Для двигателей и энергоустановок учеными были разработаны теоретические основы применения газового топлива в высокофорсированных транспортных двигателях и определены принципы организации процессов топливоподачи в них, обеспечивающие получение запальной дозы дизельного топлива не более 20 % от номинальной подачи дизеля-прототипа. Созданы системы управления газодизельными двигателями, обеспечивающие ресурс их работы больший, чем у дизеля-прототипа, и исключающие прогорание поршней и клапанов на всех эксплуатационных режимах работы. Выполнены работы по термометрированию поршней мощных транспортных газовых и газодизельных двигателей, что впоследствии позволило определить реальное распределение температур по огневой поверхности поршня и в районе расположения поршневых колец.

С учетом роста требований к токсичным выбросам двигателей транспортных средств во ВНИИГАЗе были проведены работы по применению альтернативных топлив – диметилового эфира, биогаза, шахтного метана. Создан опытный образец двигателя ЯМЗ-236, использующий диметилвый эфир в качестве запального топлива для воспламенения газозвушной смеси. Разработаны газовые электростанции мощностью 100 и 200 кВт на базе двигателей 6Ч15/18 и 12Ч15/18, использующие биогаз и шахтный метан.

Большое внимание было уделено разработке теоретического обоснования и практической реализации рабочих процессов новых типов: впрыскивания газа непосредственно в цилиндр под высоким давлением, обеспечения сгорания сильно обедненных газозвушных смесей для уменьшения токсичных выбросов. Тогда же разрабатывались модификации газовых и газодизельных двигателей с микропроцессорным управлением системами топливоподачи.

Имеющаяся теоретическая база и накопленный опыт по созданию газовых и газодизельных двигателей позволили решать проблемы экономии дизельного топлива не только на транспорте, но и в сельском хозяйстве, где это особенно актуально для тракторов К-701, МТЗ-80/82, Т-45Т и др.

Вместе с этим в период 2000-2017 гг. были продолжены работы по одному из основных направлений деятельности Центра использования газа – повышению эффективности использования газомоторного топлива и расширению его применения на транспорте. В рамках данного направления проводились следующие работы:

- совершенствование рабочего процесса в газовых двигателях, включая вопросы организации процессов воспламенения природного газа, снижения токсичности продуктов сгорания;
- разработка конструкции систем подачи природного газа для газотранспортных средств;
- разработка требований к газомоторному топливу.

Совершенствование современных транспортных двигателей, увеличение их уровня форсирования, ужесточение экологических характеристик, организованное движение воздушного заряда и согласованная с ним форма камеры сгорания





Газобаллонные тракторы на АТП ООО ВНИИГАЗ

привели к необходимости организации и проведения теоретических и экспериментальных исследований в лабораториях Центра использования газа по применению газового моторного топлива. В тепловозных двигателях с большим диаметром цилиндра традиционный подход к организации рабочего процесса с чисто искровым воспламенением газозвушной смеси за счет размещения одной свечи зажигания вместо форсунки не может быть реализован.

В лаборатории газовых двигателей (начальник лаборатории А.М. Савенков) в период с 2000 по 2010 г. проводились широкомасштабные исследования процессов воспламенения природного газа. Рассматривались различные способы: искровое зажигание, форкамерно-факельный процесс, газодизельный процесс, воспламенение газозвушной смеси от сжатия. Для улучшения сгорания применялись различные добавки: метанол, диметиловый эфир, синтез-газ. Определялись факторы, влияющие на токсичность выпускных газов: организация рабочего процесса, фазы газораспределения, особенности подачи газового топлива (во впускной коллектор, во впускные каналы, непосредственно в цилиндр в конце наполнения); организация воспламенения и сгорания газозвушной смеси в цилиндре (начало воспламенения, продолжительность и интенсивности сгорания топлива).

Существующая концепция применения газодизельного процесса связана с сохранением штатной топливной аппаратуры, но при этом дополнена системой ограничения цикловой подачи запальной дозы дизельного топлива. Она обеспечивает возможность работы как по газодизельному циклу, так и на одном только дизельном топливе. К настоящему времени эта концепция уже не может удовлетворять современным требованиям по экономичности и, главным образом, по токсичности выбросов. Регулировка системы топливоподачи и переход на газодизельный режим начинается с 30%-й номинальной мощности и выше, а на низких нагрузках и холостом ходу двигатель работает только на дизельном топливе, так как из-за сильного обеднения газозвушной смеси скорость и полнота ее сгорания уменьшаются, что приводит к нерациональному расходу газа и повышению содержания метана в выпускных газах.

Во ВНИИГАЗе также разработана технология использования газового топлива на газодизельных транспортных силовых установках с воспламенением газозвушной смеси в цилиндрах минимальной запальной дозой дизельного топлива, составляющей 7...10 % от номинальной цикловой подачи во всем диапазоне режимов работы двигателя.

Одним из серьезных научных решений стало создание системы управления топливopодачей газодизеля, испытанной на двигателе ЯМЗ-236НЕ. Газ в системе подавался в смеситель, установленный во впускном трубопроводе перед турбокомпрессором. В дизельном режиме система обеспечивала сохранение паспортных характеристик двигателя, в газодизельном – осуществляла всережимное регулирование частоты вращения и обеспечивала улучшение экологических показателей при сохранении мощностных характеристик базового двигателя. Для автобусных двигателей ЯМЗ-236 разработана конструкция и схема системы топливopодачи с подсистемами создания и регулирования начального давления в нагнетательной магистрали, питания и дозирования, а также микропроцессорная система управления основными параметрами силовой установки.

Предложена и обоснована концепция создания макетного образца двигателя Раба модели Д-10 на природном газе с воспламенением от минимальной дозы запального жидкого топлива (до 10 %).

Рассматриваются перспективные способы воспламенения газозудушной смеси в цилиндре двигателя, обеспечивающие возможности самовоспламенения газового топлива и стабилизации процесса горения: применение двигателя с высокой степенью сжатия в цилиндре до 23...24; воспламенение газового топлива синтез-газом.

Начиная с 2010 г. Центром использования газа проводятся работы по улучшению качества газового моторного топлива, которое влияет как на работоспособность современных форсированных двигателей, так и на выбросы токсичных веществ с выпускными газами.

Для разных месторождений природного газа выполнен анализ компонентного состава газа, поступающего на АГНКС, а также содержание серы и ртути. Разработаны предложения по совершенствованию получения газового моторного топлива в компримированном и сжиженном виде. Определены требования, предъявляемые к газовому моторному топливу автотранспортных средств. Установлены основные характеристики ГМТ:

- низшая теплота сгорания не менее 39 МДж/кг;
- метановое число не менее 70;
- содержание метана не менее 80 % по объему;
- содержание высших углеводородов не более 10 % по объему;
- влажность КПП регламентируется температурой точки росы при 20 МПа, которая должна быть ниже на 100 °С самой холодной десятидневной температуры текущего месяца данного региона.

Современные экологические требования к токсичности отработавших газов автотранспортных средств и снижению выбросов парниковых газов могут быть выполнены при применении газомоторного топлива с улучшенными экологическими характеристиками – содержанием серы на уровне 10 мг/кг, вводом добавок водорода, биометана и синтез-газа.

Наряду с разработкой мероприятий по улучшению качества газомоторного топлива (ГМТ) большое внимание уделяется созданию опытных образцов автотракторной техники и автобусов, работающих на ГМТ. Учеными лаборатории «Автотракторная техника на газовом топливе» (начальник лаборатории Г.С. Савельев) на ГМТ был переведен парк тракторов, используемых для уборки территории. Созданы опытные образцы тракторов на ГМТ производства основных тракторостроительных заводов Российской Федерации и Белоруссии: Липецкого тракторного завода, Владимирского тракторного завода, Омского тракторного завода,

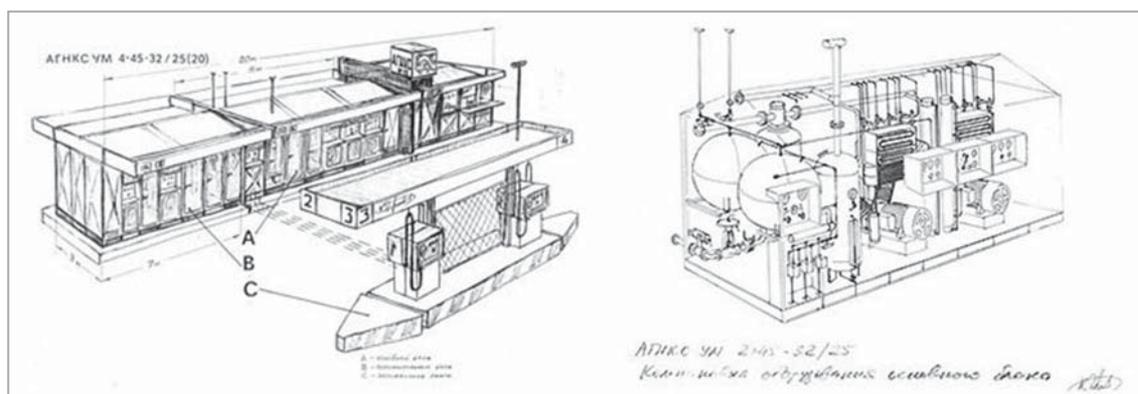
Кировского завода, Волгоградского тракторного завода, Минского тракторного завода. Кроме тракторов, на ГМТ переводились следующие транспортные средства: «Газель» и «Волга» производства Горьковского автомобильного завода, «Бычок» производства завода имени А.И. Лихачева, автобусы Павловского автобусного завода, фирмы «Икарус» и Минского автомобильного завода. Причем техника создавалась как с двигателями с искровым зажиганием, так и с газодизельными. На каждый опытный образец двигателя и транспортного средства была разработана конструкторская и техническая документация и выпущены технические условия, что позволяло начать производство техники на профильных заводах.

В области станций заправки природным газом

Для применения природного газа на автомобильном транспорте начиная с 1983 г. отдел привлекается к разработке программы строительства автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Определено пять типов АГНКС производительностью 5...6 тыс. и 11...12 тыс. м³ в сутки. Станции комплектовались компрессорными установками на базе заводов «Борец» (г. Москва), «СМНПО им. Н.В. Фрунзе» (г. Сумы), VEB «Maschinenfabrik und Eisengieberei Wurzen» (г. Цвиккау), Nuovo Pignone (г. Флоренция). С учетом предложений и рекомендаций ВНИИГАЗа в СССР создана сеть из более чем 400 АГНКС.

Начиная с 1994 г. лабораторией АГНКС (начальник лаборатории К.Ю. Чириков) разрабатываются требования к перспективным автомобильным газонаполнительным компрессорным станциям. Проведена техническая экспертиза проектов перспективных АГНКС, определившая облик разрабатываемых АГНКС. Реализована технологическая схема АГНКС, оборудование которой размещено в одном контейнере. Определены требования к компрессорным установкам АГНКС и составлен их ряд по производительности. Впервые создана АГНКС с приводом от газового двигателя на базе дизеля Д-6. АГНКС установлена в г. Борисоглебск. Определены технические требования к оборудованию станций заправки: холодильникам, сепараторам, установкам осушки, аккумуляторам, газозаправочным колонкам.

С учетом требований к газовым двигателям разработан межгосударственный стандарт ГОСТ 27577-2000 «Газ природный топливный компримированный для двигателей внутреннего сгорания. Технические условия». Лабораторией проведены работы по выбору мест размещения АГНКС с учетом развития транспорта на КПП. Определена их техническая и экономическая эффективность.



а

б

Чертеж АГНКС УМ (а); компоновка основного блока (б)

В области сжижения природного газа и применения СПГ на транспорте

Работы по использованию СПГ на транспорте начались в Центре использования газа в 2000 году и проводятся по следующим направлениям:

- разработка и испытания криогенных бортовых систем (КБТС) транспортных средств, использующих СПГ в качестве моторного топлива;
- отработка технологии сливноналивных операций в криогенном емкостном неизолированном оборудовании (хранение СПГ при повышенном давлении);
- малотоннажное производство СПГ на АГНКС, ГРС, магистральных газопроводах;
- вопросы безопасности при малотоннажном производстве и использовании СПГ.

В 2004 году в Центре были проведены автономные испытания отечественных КБТС двух типов, изготовленных ОАО «Гелиймаш» и НПФ «ЭКИП» совместно с ЗАО «Криомаш БЗКМ» при участии ООО «ВНИИГАЗ». При испытаниях время повышения давления в баке с 0,1 до 0,4 МПа составило около 300 ч, что соответствовало лучшим зарубежным образцам. Испытания также показали, что длительность бездренажного хранения СПГ в криогенном топливном баке можно рассчитывать по термодинамической равновесной модели без учета стратификации.



Стенд испытания криогенного бака

На базе исследований характеристик сжиженного природного газа учеными предложены эффективные технологии получения СПГ на ГРС и АГНКС, а также заправки баков автомобилей СПГ и КПГ после сжатия в насосе до 20 МПа. Начаты работы по использованию СПГ в поршневых двигателях с наддувом тепловозов, карьерных самосвалов, речных и морских судов, для нужд сельского хозяйства. Тогда же научными лабораториями ВНИИГАЗа были разработаны

нормативные документы и регламенты по безопасному применению СПГ на транспорте, а практические испытания по особенностям использования СПГ проводились непосредственно на стендах лаборатории газовых двигателей.

При испытаниях КБТС совместно с двигателем ЯМЗ-242, проведенных в ООО «ВНИИГАЗ», были обнаружены автоколебания расхода в системе подачи газа, аналогичные колебаниям при теплогидравлической неустойчивости парогенерирующих каналов. Исследования показали, что эти колебания расхода компенсируются регулятором давления на входе в двигатель и практически не влияют на работу двигателя. Чтобы исключить колебания расхода при отсутствии регулятора давления, было предложено установить на входе в испаритель местное гидравлическое сопротивление или на выходе из испарителя разместить газовый баллон, объемом до 10 л. Наличие газового баллона позволило также повысить приемистость двигателя (уменьшить время разгона). Аналогичные решения в это время были приняты и зарубежными производителями криогенных бортовых топливных систем.

Во время испытаний было также установлено, что имеет место саморегулирование температуры газа, поступающего в двигатель после испарителя. Это позволило упростить систему управления криогенной бортовой топливной системы.

По результатам испытаний было рекомендовано начать опытную эксплуатацию КБТС на автотранспорте. С этой целью, в частности, во ВНИИГАЗе была разработана техническая документация по переводу трактора К-700 на СПГ, и опытный образец трактора успешно прошел апробацию на испытательной станции Минсельхоза.



Опытный образец трактора К-700 на СПГ

Опытная эксплуатация транспорта на СПГ показала, что длительность заправки автотранспорта сжиженным природным газом в отдельных случаях достигает 20 мин, что значительно превышает длительность заправки традиционным топливом (3...5 мин). В связи с этим в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» была дополнительно отработана технология заправки КБТС сжиженным природным газом. Было установлено, что на длительность заправки влияют такие факторы, как вскипание (парообразование при снижении давления насыщенной жидкости), гидравлическое сопротивление дренажных коммуникаций и, особенно, кристаллизация диоксида углерода в коммуникациях в процессе их заполнения. Впервые была отработана бездренажная технология заправки криогенных систем (без сброса паров из заправляемого резервуара), определены пути снижения времени заправки (увеличение недогрева жидкости на входе в сосуд, уменьшение диаметра отверстий в коллекторе для разбрызгивания жидкости), показана возможность бездренажной заправки не только «холодных», но и «теплых» баков. В результате длительность заправки криогенных бортовых топливных систем объемом 0,2 м³ удалось снизить до 3...5 мин, что близко к длительности заправки автотранспортных средств традиционным топливом.

По материалам научно-исследовательских работ был разработан ряд ведомственных нормативных документов, которые впоследствии легли в основу ГОСТ Р 56218–2014 «Автомобильные транспортные средства, работающие на сжиженном природном газе. Криогенные системы питания»

и ГОСТ Р 56217–2014 «Автомобильные транспортные средства, использующие газ в качестве моторного топлива. Общие технические требования к эксплуатации на сжиженном природном газе, техника безопасности и методы испытаний», а также СТО Газпром 2-3.6-701–2013 «Криогенные автомобильные газозаправочные станции. Общие технические требования».

В это же время во ВНИИГАЗе был разработан ГОСТ Р 56021–2014 «Газ горючий природный сжиженный. Топливо для двигателей внутреннего сгорания и энергетических установок. Технические условия», согласно которому было предложено производство трех марок СПГ с различным содержанием метана, углеводородов C_{2+} , диоксида углерода. В марке А содержание метана не ниже 99 %, содержание диоксида углерода, который может кристаллизоваться при низких температурах, не выше 0,005 %. В СПГ марки Б содержание метана не менее 80 %, содержание диоксида углерода не более 0,015 %, а в СПГ сорта В метана должно содержаться не менее 75 % и диоксида углерода не более 0,030 %.

Технологии малотоннажного производства СПГ на объектах газотранспортной системы с целью использования его в качестве моторного топлива разрабатываются ООО «Газпром ВНИИГАЗ», начиная с 2004 года. Наиболее эффективной технологией малотоннажного производства СПГ является сжижение природного газа на газораспределительных станциях (ГРС) магистральных газопроводов. В этих случаях можно использовать перепад давления между магистральным и распределительным газопроводами и реализовать цикл внутреннего охлаждения, не требующего дополнительных затрат энергии на сжижение и использующего простое технологическое оборудование.

В 2015 году во ВНИИГАЗе была разработана Программа развития малотоннажного производства и использования СПГ ПАО «Газпром», в рамках которой предполагается производить СПГ на ГРС на 48 установках по открытому циклу (без дополнительных затрат энергии) и на 52 установках с дополнительными затратами энергии, чтобы компенсировать сезонное изменение расходов газа через ГРС.

Другая особенность производства СПГ на ГРС – содержание в исходном газе высококипящих компонентов (бутан, пропан, этан). Как показано в работах ООО «Газпром ВНИИГАЗ», при содержании этих компонентов выше двух процентов возможна их конденсация при расширении в детандере. В связи с этим необходимо либо повышать температуру газа перед детандером (что снижает производительность установки сжижения), либо создавать детандер, работающий в области влажного пара (новое конструктивное решение), либо заменить детандер более простым, но менее эффективным расширяющим устройством (например, вихревая труба). В последнем случае, как показано в работах ВНИИГАЗа, в получаемом продукте содержание метана может быть менее 20 % и его нельзя рассматривать как СПГ. Высокое содержание высококипящих компонентов, как правило, также отрицательно сказывается на качестве газомоторного топлива и поэтому их содержание в СПГ ограничивается.

Одним из путей снижения содержания высококипящих компонентов в СПГ (или даже полного исключения их) является использование низкотемпературной очистки газа в процессе его сжижения. Эта технология, предложенная в ООО «Газпром ВНИИГАЗ», предполагает использовать низкотемпературную ректификацию для получения чистого СПГ, при этом стоимость низкотемпературной системы очистки оказывается не выше традиционной системы, например, адсорбционной. В результате исследований, проведенных во ВНИИГАЗе,



предложено несколько решений по технологии низкотемпературной очистки, которые защищены патентами.

Как указывалось выше, одной из проблем при производстве СПГ на ГРС является сезонное изменение расхода газа через ГРС. В частности, при снижении расхода газа в летний период падает или полностью прекращается производство СПГ по открытому детандерному циклу. Одним из путей решения является переход к внешним циклам охлаждения с использованием специальных хладагентов. Как правило, рассматривается или азотный детандерный цикл, или циклы с многокомпонентным рабочим телом. Эти циклы эффективны, если давление природного газа выше критического значения (более 5 МПа), но на ГРС давление газа в магистральном газопроводе обычно ниже этой величины. Как показали работы ООО «Газпром ВНИИГАЗ», для этих условий эффективными являются двухкаскадные полуоткрытые циклы. При давлении магистрального газа 3,5 МПа удельные энергозатраты на сжижение газа составят 0,15...0,25 кВт·ч/кг СПГ против 0,4...0,5 кВт·ч/кг для внешнего азотного цикла в зависимости от расхода газа через ГРС. Если эти установки использовать как автономные (100%-е сжижение газа), то энергозатраты составят около 0,3...0,35 кВт·ч/кг СПГ, что для установок такой производительности является хорошим показателем. Преимуществом каскадных установок также является использование стандартного оборудования (винтовые компрессоры, пластинчатые теплообменники).

Проблемой при малотоннажном производстве и использовании СПГ являются вопросы пожаробезопасности. Поскольку СПГ хранится при повышенном давлении, то при проливе жидкости из-за вскипания образуется большое количество холодных паров, плотность которых выше плотности воздуха и поэтому они не всплывают, а растекаются по территории. При случайном воспламенении паров образуется огненный шар с высокой интенсивностью теплового излучения. Наиболее опасны проливы жидкости при разрушении резервуара или его коммуникаций. Чтобы ограничить последствия аварии при проливе жидкости необходимо располагать емкостное оборудование с СПГ на достаточном удалении от населенных пунктов, организовывать ограждение резервуаров для исключения растекания жидкости, предусматривать орошение резервуаров для их охлаждения при огневом воздействии. Все эти вопросы отражены в ГОСТ Р 55892–2013 «Объекты малотоннажного производства и потребления СПГ. Общие технические требования» и СП (проект) «Объекты малотоннажного производства и потребления СПГ. Требования пожарной безопасности», которые ВНИИГАЗ разработал совместно с ФГБУ «ВНИИПО» в 2013-2017 гг.

В стандартах, в частности, приводятся расчетные значения противопожарных разрывов на объектах малотоннажного производства и использования СПГ, величины которых превышают принятые в мировой практике. Такое расхождение объясняется повышенными требованиями по безопасности, принятыми в федеральных законах РФ. В настоящее время в Центре разработаны предложения по конструкции двухоболочечных резервуаров, применение которых исключает пролив жидкости при аварии емкостного оборудования, позволяет уменьшить противопожарные разрывы и снизить стоимость противопожарных систем.

В области технико-экономических исследований

Наряду с прикладными исследованиями, касающимися применения КПГ и СПГ, Центр использования газа в период 2002-2017 гг. выполнил ряд работ,

связанных с технико-экономическими и экспертно-аналитическими аспектами научных исследований в области использования природного газа на транспорте.

В частности, в рамках выполнения поручения VI заседания Совместного координационного комитета по сотрудничеству между ПАО «Газпром» и Корпорацией нефти и газа «Петровьетнам», состоявшегося 03.10.2012 г. в Ханое, в 2012-2013 гг. проведены работы в части международного научно-технического сотрудничества ПАО «Газпром» и КНГ «Петровьетнам». В работах проведен анализ нормативных документов в области использования газового моторного топлива во Вьетнаме, сформированы предложения по принципам участия с учетом особенностей действующей в этой стране нормативно-технической и нормативно-правовой базы и разработано технико-экономическое обоснование проекта «Производство и использование газа в качестве моторного топлива на территории Социалистической Республики Вьетнам».

В рамках мероприятий по обеспечению альтернативных маршрутов поставки природного газа в Калининградскую область с 2014 года проводится работа по строительству в этой области терминала по приему и регазификации СПГ. По данной теме выполнен технико-экономический анализ вариантов производства СПГ на компрессорной станции «Портовая» и его последующей доставки морским или сухопутным транспортом на приемный терминал в Калининградскую область.

Для определения перспектив развития и синхронизации деятельности участников процесса развития использования газомоторного топлива Центром разрабатываются программные документы: «Схема развития сети АГНКС Московской области» на период 2000-2005 гг.; «Целевая комплексная программа развития газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе» на период 2008-2015 гг.; «Программа реконструкции и технического перевооружения объектов газомоторного бизнеса» на период 2010-2015 гг. А в 2010-2017 гг. были разработаны и утверждены следующие программные документы:

- Программа производства и применения природного газа в качестве моторного топлива в городах Надым и Новый Уренгой;
- Программа по внедрению турбодетандерных установок на ГРС для получения сжиженного природного газа и выработки электроэнергии;
- Программа развития малотоннажного производства СПГ на ГРС для его использования как газомоторного топлива на автотранспорте, сельскохозяйственной, специальной, дорожно-строительной и грузоподъемной технике, а также на железнодорожном и речном транспорте;
- Пилотная программа по малотоннажному производству СПГ на ГРС и АГНКС и его реализации в Свердловской, Челябинской, Курганской, Оренбургской областях и др.;
- Программа малотоннажного производства и использования СПГ.

С целью выполнения экспертно-аналитических работ Центр на постоянной основе ведет информационную базу данных по производственным показателям и техническому состоянию автомобильных газонаполнительных компрессорных станций ПАО «Газпром». Собранные формы статистической отчетности проходят очистку и верификацию с использованием разработанных Центром алгоритмов, применение которых позволяет найти несоответствия в отчетных формах с учетом технического состояния объекта, его загрузки и ретроспективных данных по нему. В результате в Центре имеется актуальная и ретроспективная информация о техническом состоянии, уровне фактической и проектной производительности



объектов, фактическая загрузка и рентабельность производства газомоторного топлива.

Наряду с производственной деятельностью Центр ведет активную научную и образовательную работу по подготовке молодых научных кадров. За период 2012-2017 гг. сотрудниками оформлено и получено более двенадцати патентов на изобретения и полезные модели в области использования природного газа в качестве газомоторного топлива, написано и опубликовано в журналах из списка ВАК более 70 научных статей, выпущен ряд монографий.

Совместно со специалистами Центра с января 2008 года издается международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе», зарегистрированный в Федеральной службе по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия и входящий в перечень ВАК. Учредителем и издателем журнала является Ассоциация организаций в области газомоторного топлива «Национальная газомоторная ассоциация» (АОГМТ «НГА»). В журнале публикуются научно-технические материалы и результаты исследований известных российских и зарубежных ученых, практиков, политиков и экономистов по технологическим, правовым, экономическим, экологическим, строительным, эксплуатационным, маркетинговым и прочим аспектам производства и использования альтернативных видов моторного топлива. За время совместной работы в журнале было опубликовано более 50 статей специалистов Центра и проведена экспертиза научной значимости и актуальности более 450 материалов внешних авторов, аспирантов и соискателей.

Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

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

1. Все научно-технические статьи должны иметь на русском и английском языках следующие составляющие:

заголовок, ФИО авторов полностью, их должности, ученая степень (при наличии), контакты (e-mail, телефоны), аннотации, ключевые слова.

2. Все английские тексты следует набирать только строчными буквами, сохраняя начальные прописные буквы в именах собственных.

3. Авторы остальных публикаций (информационных, рекламных и т.д.) представляют на русском и английском языках: **заголовок, ФИО авторов полностью, их должности, адрес и контакты (e-mail, телефоны).**

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

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

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

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

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

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

Математическое моделирование режимов работы и производственных процессов АГНКС

А.А. Евстифеев, начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», доцент Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», к.т.н.,
И.Ф. Никорук, старший преподаватель кафедры менеджмента Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технологический университет»

На этапах предпроектной проработки и проектирования жизненного цикла объектов производства газомоторного топлива возникает необходимость выбора наиболее оптимальных конструктивных решений, а также состава основного и вспомогательного производственного оборудования. Неточности, ошибки и просчеты, допущенные на данных этапах жизненного цикла, имеют серьезные последствия на более поздних этапах, особенно при эксплуатации объекта. Одним из путей сокращения количества ошибок, связанных с влиянием человеческого фактора, является автоматизация рутинных расчетных операций, алгоритмизация процедур поиска оптимальных решений и подбора состава оборудования. В работе приведен пример разработанных программных продуктов по автоматизации производственной деятельности сотрудников конструкторского и проектного отделов. В основе представленных программ лежит ряд математических моделей, одной из которых является математическая модель материального баланса процесса сжатия и заправки транспортного средства сжиженным природным газом. В соответствии с уравнением массопередачи, материальный (индивидуальный) объем, занятый сплошной средой, обладает массой, количеством движения (импульс), моментом импульса относительно выбранной точки, полной энергией и энтропией. С использованием опыта применения технологии визуального моделирования в отраслях машиностроения предлагается выполнять конструирование технологических решений и выбор оборудования автомобильных газонаполнительных компрессорных станций натурального масштаба, работающих в реальных средах, с помощью вычислительных систем конструирования (AutoCAD или КОМПАС), уравнений газовой динамики, математического моделирования массообмена и анализа эффективности применяемых решений. Это позволяет рассмотреть множество альтернатив и выбрать из них оптимальный вариант до создания физического образца, сократив время и число экспериментальных разработок.

Ключевые слова:

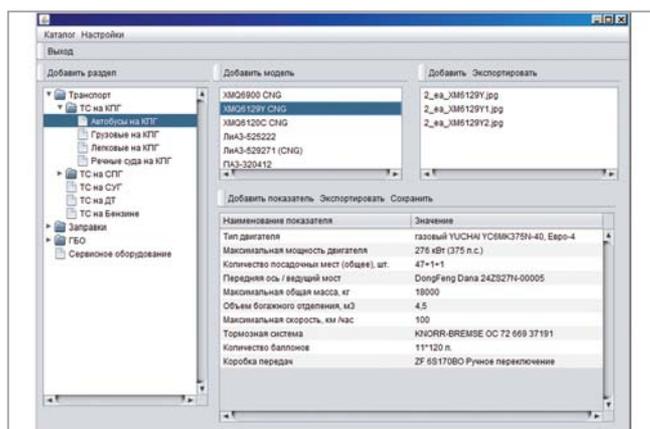
математическое моделирование, энергетическая эффективность, работа сжатия, сжиженный природный газ, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция.

Н

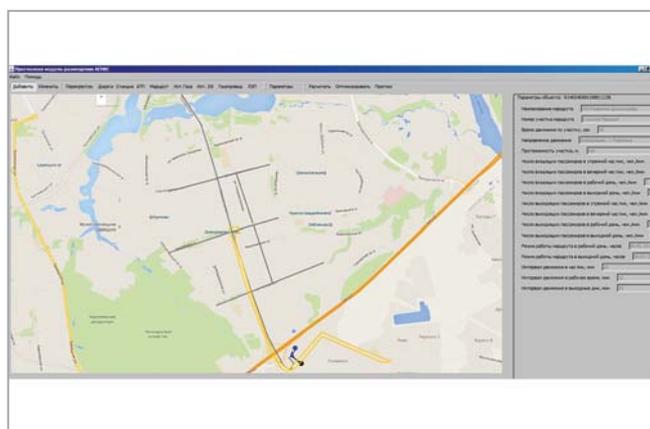
а предварительных этапах проектирования в ряде случаев перед заказчиком встает задача принятия решения по выбору конструкции и состава производственного оборудования автомобильной газонаполнительной

компрессорной станции (АГНКС) или пункта заправки собственного транспорта для крупных автокомбинатов и парков [1-32]. В процессе анализа предлагаемых различными производителями конструктивных решений, эффективности производственного процесса и оборудования возникает необходимость провести ряд работ вычислительного и имитационного характера [17-31]. Для упрощения процесса принятия решения ООО «Газпром ВНИИГАЗ» разработало ряд программных продуктов, направленных на автоматизацию процесса анализа, моделирования и подготовки материалов для лица, принимающего решения.

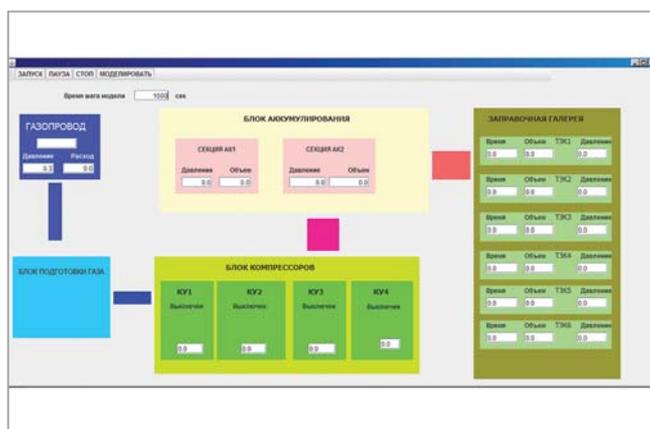
В состав программных продуктов входят следующие (рис. 1).



- электронная справочная база моделей и технических характеристик оборудования и транспортных средств, работающих на сжатом (КПГ) и сжиженном (СПГ) природном газе;



- программа анализа потоков транспортных средств;



- программа моделирования режимов работы производственного оборудования АГНКС.

Рис. 1. Состав программных продуктов

Совместное применение данных программ позволяет сократить время подготовки материалов для лица, принимающего решения, и предложить одно или несколько эффективных, наиболее подходящих под заданные требования и показатели решений (табл. 1, 2).

Таблица 1

Пример отчета с результатами обработки данных по маршруту движения

Показатель	Значение
Общая протяженность маршрута, км/сут	344,86
Время на маршруте, мин	10,08
Средняя скорость движения на маршруте, км/ч	41,3
Максимальная полная интенсивность пассажиропотока, чел./сут	15 552,0
Средняя относительная интенсивность пассажиропотока, чел./сут	4 136,38
Полная потребность в ТС, ед.	2
Минимальная численность обслуживающих маршрут ТС, ед.	1,5
Максимальная пассажироместимость ТС, чел.	120,0
Интервал движения в час пик, мин	10,0
Интервал движения в рабочее время, мин	15,0
Время работы маршрута, мин	1080
Число рейсов	86,0
Фактический пробег на единицу ТС	298,42
Фактический расход топлива на маршруте	238,74
Резерв ТС	2

Таблица 2

Пример результата расчета и обработки информации по обслуживаемым ключевым (якорные) потребителям

28

Показатели автотранспортного предприятия	Значение
АТП 1	
Общая пассажировместимость ТС АТП, чел.	9 716,0
Общая численность ТС, ед.	105,0
Общий расход топлива АТП, м ³ /сут	9 024,372
1-я автоколонна	
Численность ТС, ед.	35
Модель ТС	НЕФА3-5299-30-31
Топливо	КПГ
Расход топлива при работе на маршруте, м ³	40
Фактический пробег, км/сут	8 355,76
Объем топлива на борту, м ³	180
Общий расход топлива автоколонной, м ³ /сут	3 342,304
Пассажировместимость, чел.	91
Коэффициент готовности	0,8
Коэффициент выхода на линию	0,74
Коэффициент использования вместимости	0,45
Коэффициент зимней эксплуатации	1,042
Балансовая стоимость автобуса, руб.	12 485 621,24
Время в наряде, ч	8
Количество шин, шт.	6
Пробег шины до списания, км	72 000
Стоимость шины, руб.	10 800
Категория работника	Водитель автобуса среднего класса
Тип поселения (город, межгород)	Город
Средний уровень оплаты труда в регионе, руб.	28 750
Средняя эксплуатационная скорость ТС, км/ч	26,0
Поправочный коэффициент расхода топлива D , %	7,0
Часовая норма расхода топлива на отопление H_s , ед.топ./ч	2,0
Максимальный пробег на одной заправке, км	423,0
Фонд оплаты труда линейных водителей, руб./км	10,008
Страховые взносы от величины фонда оплаты труда, руб./км	3,402416

Перечень информации по результатам анализа инфраструктуры и выбора места размещения перспективной станции для последующего расчета и моделирования решений по конструкции и составу оборудования АГНКС приведен в табл. 3.

Таблица 3

Информация о наличии и расстояниях до инженерных коммуникаций

Показатели газопроводов (газопровод-отвод Пирогово)	
Расстояние до точки подключения, км	3,421
Давление газа в магистрали, МПа	4,5
Температура газа в магистрали, °С	-2
Точка росы, К	291,0
Теплота сгорания, ккал/м ³	7 934,9
Число Воббе, ккал/м ³	10 024,0
Пропускная способность, нм ³ /ч	10 000
Протяженность газопровода, м	1250
Собственник трубопровода	ГУП «Мосгаз»
Стоимость транспортировки, руб./м ³	3,203
Показатели линий электропередач (ЛЭП Говоркин лаз – Петрыкино)	
Тип источника электроэнергии	ЛЭП
Категория электроснабжения	I-II
Напряжение линии, кВ	6/380
Частота тока, Гц	50
Протяженность линии, м	1000
Тариф за электроэнергию, руб./кВт	5,03

Основными проектными характеристиками компрессоров заданной конструкции АГНКС является их часовая производительность, энергопотребление и массогабаритные параметры. Эффективность компрессорной установки АГНКС обычно определяют по отношению индикаторной мощности, найденной по результатам индицирования, или по разности эффективной мощности на валу и мощности трения и эффективной мощности [1]:

$$\eta_0 = \frac{N_i}{N_e}, \quad (1)$$

где N_i – индикаторная мощность, N_e – мощность на валу компрессорной установки.

Определение числа компрессоров в компрессорной установке станции и их единичной мощности производится различными методами: экспертными (по результатам опросов и заключений экспертных организаций), статистическими (по результатам обработки информации об отказах и авариях), аналитическими, экономическими и расчетными. Эффективность компрессорной установки η_0 , величина которой зависит от процессов, протекающих в сжимаемом природном газе,

обычно принимается из опытно-экспериментальных данных или рассчитывается по ним, при этом эти данные не полностью отражают зависимость от конструкции межкомпрессорных коммуникаций, режимов работы и свойств природного газа.

Помимо компрессорной установки, на станции присутствуют аккумуляторные емкости для хранения КПП и внутренние коммуникации, обеспечивающие его транспортировку в выносные заправочные устройства транспортных средств.

Материальный баланс процесса заправки, в соответствии с уравнением массопередачи при сжатии и движении природного газа, для материального (индивидуальный) объема, занятого сплошной средой, обладающего массой, количеством движения (импульс), моментом импульса относительно выбранной точки, полной энергией и энтропией, запишется в виде уравнений:

$$M = \int_V \rho d\tau, \quad K = \int_V \rho V d\tau, \quad R = \int_V (r \times \rho V) d\tau; \\ E = \int_V \rho \left(\frac{V^2}{2} + e \right) d\tau, \quad S = \int_V \rho s d\tau, \quad (2)$$

где M – масса природного газа; ρ – плотность газа; K – количество движения (импульс); V – объем газа; R – момент импульса относительно выбранной точки; r – вектор координат выбранной точки; E – полная энергия; e – потенциальная энергия; S – энтропия природного газа; s – площадь сечения.

Одним из фундаментальных законов в механике является свойство любого материального объема сохранять свою массу во времени. Следовательно, для любой аддитивной величины A , определенной для частиц среды, справедливо соотношение:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho A d\tau = \frac{d}{dt} \int_M A dm = \int_M \frac{dA}{dt} dm = \int_V \rho \frac{dA}{dt} d\tau, \quad (3)$$

где $dm = \rho d\tau$ – элемент массы в объеме V ; dA/dt – полная производная по времени от A .

Газодинамическая аналогия массопередачи в процессе заправки КПП

В процессе сжатия и заправки транспортных средств КПП после выхода из компрессорной установки газ поступает в газопровод высокого давления, где происходит изменение его физических и энергетических характеристик.

При расчете движения газа в трубопроводах необходимо учитывать изменение его плотности, что связано с падением давления по длине газопровода. Только газопроводы низкого давления можно рассчитывать, полагая, что по ним движется несжимаемая жидкость. В газопроводах среднего и высокого давления, к которым относятся и газопроводы АГНКС, движение газа является нестационарным, что обуславливается переменным режимом работы компрессорного оборудования и потребления газа (число одновременно заправляемых транспортных средств и объем их заправки). Перечисленные факторы приводят к переменному во времени режиму давления в газопроводе и изменению количества газа, находящегося в нем. Потери давления на преодоление гидравлических сопротивлений на участке газопровода длиной dx рассчитываются с использованием уравнения

Дарси в дифференциальной форме:

$$dp = -\lambda \frac{dx}{D_y} \rho \frac{\omega^2}{2}, \quad (4)$$

где p – давление газа; λ – коэффициент трения; D – диаметр условного прохода; ρ – плотность газа; ω – скорость газа.

Ввиду того, что плотность газа ρ в уравнении (4) – величина переменная, скорость движения газа при постоянном диаметре трубы также будет переменной. Используем уравнение состояния газа для определения плотности в зависимости от давления:

$$p = \rho RT. \quad (5)$$

В качестве третьего используется уравнение неразрывности:

$$M = \rho \omega F = \rho_0 \omega_0 F = \rho_0 Q_0, \quad (6)$$

где M – массовый расход; F – поперечное сечение канала; Q_0 – объемный расход, приведенный к нормальным условиям.

Из уравнения (3) после выражения плотности через отношение давлений, используя уравнения состояния, получим выражение вида:

$$\frac{\rho_0}{\rho} = \frac{P_0 T}{P T_0}. \quad (7)$$

После подстановки (6) и (7) в уравнение (4) и интегрирования в пределах от начального до конечного давлений по длине трубы, приняв значения λ и T постоянными, получим:

$$p_n^2 - p_k^2 = 1,62\lambda \frac{Q_0^2}{D^5} \rho_0 P_0 \frac{T}{T_0} \xi l. \quad (8)$$

Уравнение (8) является основным для расчета газопроводов как высокого, так и низкого давлений при изотермическом течении.

При малых перепадах давлений на участках газопроводов среднего и высокого давления $(p_n - p_k) p_0 / p_{\text{ср ар}} \ll 1$, характерных для промышленных и внутриобъектовых газопроводов, целесообразно использовать уравнения для газопроводов низкого давления:

$$p_n - p_k = \frac{1}{2} 1,62\lambda \frac{Q_0^2}{D^5} \rho_0 \frac{p_0}{p_{\text{ср ар}}} \frac{T}{T_0} \xi l. \quad (9)$$

Связь между квадратом давления в газопроводах высокого и среднего давления и потерь его в газопроводах низкого давления имеет вид:

$$(p_n^2 - p_k^2)_{\text{ВД}} / (p_n - p_k)_{\text{НД}} = 2 p_{\text{ср ар}}. \quad (10)$$

Точность расчета газопроводов высокого давления по формуле низкого давления определяется зависимостью λ от p . Величина λ зависит от числа Рейнольдса (Re), которое слабо зависит от давления:

$$Re = \frac{WD}{\nu} = \frac{\rho W (\pi D^2 / 4)}{\mu (\pi D / 4)} = \frac{4}{\pi} \frac{M}{\mu D}, \quad (11)$$

где ν и μ – кинематическая и динамическая вязкость.

Правила расчета производственных газопроводов высокого давления

32

Расчет производственных газопроводов выполняют по материалам проектной документации на АГНКС. В качестве исходных данных могут использоваться: технологическая схема, план объекта и спецификация с указанием марок оборудования. Газопроводы делят на участки, по которым движется газ, и узлы, которые соединяют участки и к которым присоединяют ответвления. Получается конечный связный граф, состоящий из конечного числа вершин (узлы), соединенных между собой ребрами (участки). При появлении в графе кольцевых сетей их приводят к древовидной структуре путем исключения замыкающих участков. В результате получается разветвленная тупиковая сеть, где в качестве тупиков рассматриваются газораздаточные колонки. Каждый участок характеризуется тремя неизвестными: диаметром, расходом газа и потерей давления на участке. При количестве тупиков в сети, равном P , число неизвестных будет $3P$.

После этого выполняется трассировка газопровода по плану объекта, определяются путевые расходы для отдельных участков схемы по выражению

$$Q_i^{jk} = \sum_{i=1}^n \frac{q_{\omega} \Omega_i}{l_i} l^{jk}, \quad (12)$$

где Q – удельное потребление газа, $\text{м}^3/\text{ч}$; l – длина участка.

Для каждого участка запишем уравнение гидравлических потерь в виде

$$\Delta p_i = k \frac{Q_i^{\alpha}}{D_i^{\beta}} l_i, \quad (13)$$

где Δp_i – потери давления на участке; k – коэффициент физико-химических свойств газа; D_i и l_i – диаметр и длина участка; α и β – показатели степени, зависящие от режима движения газа и шероховатости поверхности труб.

С точки зрения материалоемкости газопровода, как показано в [2], наименьший расход и оптимальное распределение потоков достигаются при направлении всего потока газа по одной трубе. Если длины параллельных линий газопровода разные, то минимум соответствует варианту, когда поток направляется по кратчайшему пути. Следовательно, всякое дробление потока повышает стоимость газопровода.

Широкое применение в компрессорных установках АГНКС получили компрессоры разнообразных конструкций: поршневые, мембранные, двухроторные (типа Рутс), винтовые, центробежные и осевые. Наиболее распространены поршневые, являющиеся объемными машинами, у которых всасывание, сжатие и вытеснение газа производятся поршнем, перемещающимся в цилиндре возвратно-поступательно. Эксплуатируемые компрессоры разработаны и выпущены в разное время по различным отраслевым стандартам (ОСТ) и техническим условиям (ТУ) заводов-изготовителей. Технические характеристики выпускаемых промышленными предприятиями компрессоров различной мощности и типов приводятся в справочной литературе и каталогах.

Компрессорное оборудование различного исполнения для заданной производительности имеет следующие технические характеристики: тип компрессора; число ступеней сжатия; число цилиндров ступени; размеры; частота вращения вала; тип, мощность и размеры приводного двигателя; начальное и конечное давление; температура газа; производительность; потребляемая мощность. При этом в зависимости от типа и размера компрессора, а также от давления газа в ступенях

цилиндры одного диаметра имеют разный рабочий объем и производительность.

При проектировании компрессорной установки АГНКС в зависимости от режимов работы, давления на входе станции, пиковой и средней производительности по КПП, объемов аккумуляторов, требований по режиму работы станции и степени готовности производится выбор единичной мощности компрессоров и их численности в компрессорной установке на станции. Общедоступные (публичные) станции, обслуживающие организации, выполняющие социально значимые работы (муниципальный и коммунально-бытовой транспорт), рекомендуется оснащать компрессорными установками с численность компрессоров не менее двух.

Если описанные выше параметры выбраны, то конструкция компрессорной установки определена. По уравнениям (1)...(13) можно определить эффективность компрессоров и компрессорной установки в целом. Однако выбранный вариант конструкции не гарантирует достижения временных и энергетических показателей эффективности производственного процесса на станции.

Для определения оптимальных конструктивных параметров, численности и единичной мощности компрессоров необходимо перебрать все возможные комбинации и модификации компрессоров, позволяющие обеспечить в пределах площади станции необходимую производительность, при которой будут минимальные удельные энергетические затраты.

Полная формулировка задачи проектирования компрессорной установки АГНКС следующая: для компрессорного отделения заданных габаритных размеров из перечня компрессоров различного типа следует выбрать такие, технические характеристики которых обеспечивают минимальные удельные энергетические затраты.

Эффективность компрессорной установки станции согласно уравнениям (1)...(13) зависит от давления природного газа p , коэффициента трения λ , диаметра условного прохода D , плотности газа ρ и скорости газа ω .

С использованием уравнений (1)...(13) для компрессорной установки заданной производительности и трубопроводов заданного диаметра, при известном расходе КПП и теплофизических характеристиках смеси строится алгоритм расчета конструктивных и режимных параметров компрессоров, обеспечивающих заданные или минимальные значения удельных энергетических затрат на сжатие природного газа (рис. 2).

Алгоритм выбора оптимальной конструкции компрессорной установки состоит в следующем. Выбирается тип компрессоров. Затем для данного типа строится допустимая область изменения конструктивных параметров: диапазон входных давлений, степень сжатия, объемная производительность, индикаторная мощность. Максимальная и минимальная производительность выбирается из справочных материалов, максимальная и минимальная потребляемая мощность определяется по паспортным характеристикам приводов компрессоров и условиям минимальной и максимальной производительности. Максимальная и минимальная скорость в сечениях определяется по эмпирическим данным или диаграммам, предоставляемым заводом-изготовителем компрессора. В допустимой области проектируемых параметров организуется поиск оптимальных значений методом нелинейного программирования с целью поиска минимума удельных энергетических затрат. По результатам анализа и полученных расчетных значений из ряда выбираются основные конструктивные параметры компрессоров: тип, марка, число компрессоров в установке, геометрические и массогабаритные параметры.



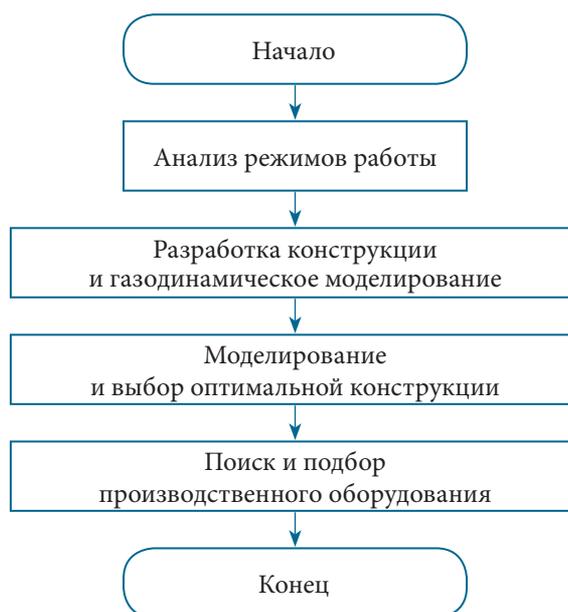


Рис. 2. Алгоритм выбора оптимальной конструкции компрессорной установки

В результате работы по наполнению и актуализации информации справочной системы и базы данных технических и экономических характеристик производственного оборудования и транспортных средств удалось сформировать массив, позволяющий подобрать наиболее эффективное с точки зрения удельных энергетических затрат решение по конструкции и составу основного и вспомогательного оборудования. Также информация по расходам и техническим характеристикам транспортных средств используется при моделировании загрузки, расчете объемов потребления и режимов заправки транспорта. В результате работы программы формируются данные по расчетным режимам и отчет по наиболее подходящему варианту конструкции.

Разработка новых технологий и оптимальных (с точки зрения энергетических затрат) конструктивных решений для АГНКС представляет собой актуальную проблему газовой промышленности и, в частности, газовой заправки транспорта.

Уравнения минимальной работы на сжатие природного газа при заполнении баллонов с использованием концевого холодильника, поддерживающего температуру подаваемого газа постоянной, записывается в виде:

$$L_1 = \int_{p_{вс}}^{p_p} \frac{k}{k-1} \cdot \frac{T_{вс}}{T_{наг}} \cdot \frac{V_{бал}}{\xi \eta_{ку}} \left[\left(\frac{p}{p_{вс}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] dp, \quad (14)$$

где L_1 – минимальная возможная работа сжатия, необходимая для заправки транспортного средства; $p_{вс}$ и p_p – давления всасывания компрессора и рабочее газобаллонной установки; k – показатель адиабаты сжимаемого газа; $T_{вс}$ и $T_{наг}$ – температуры на входе компрессорной установки и на выходе из блока охлаждения сжатого газа; $V_{бал}$ – геометрический объем заполняемого баллона; $\eta_{ку}$ – коэффициент полезного действия компрессорной установки; p – текущее давление в наполняемом баллоне; ξ – коэффициент сжимаемости природного газа при температуре $T_{наг}$ и давлении p .

Затраты энергии на заполнение баллонов из промежуточной емкости с повышенным давлением p_e записываются в виде

$$L_2 = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{T_{bc}}{T_{нар}} \cdot \frac{V_{бал}}{\eta_{ку}} \left[\left(\frac{p}{p_{bc}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \int_{p_{bc}}^{p_e} \frac{dp}{\xi} \quad (15)$$

Затраты энергии на заполнение баллонов методом многоступенчатой заправки записывается в виде

$$L_{mc} = \frac{k}{k-1} \cdot \frac{T_{bc}}{T_{нар}} \cdot \frac{V_{бал}}{\eta_{ку}} \sum_{i=1}^n \left\{ \left[\left(\frac{p_i}{p_{bc}} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \int_{p_{bc}}^{p_i} \frac{dp}{\xi} \right\}, \quad (16)$$

где n – число ступеней заправки.

В уравнения (14)...(16) включены теплофизические и химические свойства компонентов природного газа, а также гидравлические и конструктивные параметры основного производственного оборудования станции.

В зависимости от производительности, мощности и конструкции коммуникаций станции возможно возникновение новых характерных режимов работы и явлений, базисные функции которых неизвестны. В этом случае приходится подбирать базисные функции, их параметры, масштаб и место возникновения характерных режимов и явлений в производственном процессе станции или проводить экспериментальные исследования.

Анализ состояний научных исследований в области проектирования конструкций АГНКС приводит к следующему выводу: чтобы разработать образец АГНКС оптимальной конструкции, необходимо выполнить полный анализ всех вариантов, а в данной постановке – построить и сравнить между собой множество вариантов конструкций. Такая технология выбора конструктивных решений экономически невыгодна, характеризуется значительными затратами и длительными сроками реализации.

В высокотехнологичных областях промышленности (авиационная, автомобильная, криогенная, химическая, машиностроение и др.) получила широкое применение технология визуального моделирования изделий и образцов в виде построения компьютерных моделей до создания физического образца. Программные средства, реализующие технологию визуального моделирования и проектирования, широко представлены компанией Autodesk. Визуальная модель изделия является его виртуальным опытным образцом, над которым проводятся процедуры оптимизации и верификации. Опыт применения визуальных моделей изделия в машиностроении позволяет создавать в два раза меньше опытных образцов и снижать расходы на них на 48 %. При этом сокращаются сроки разработки изделия (например, разработка автомобиля сократилась с 4 до 2 лет).

При использовании технологии визуального моделирования в отраслях машиностроения предлагается выполнять конструирование технологических решений и оборудования АГНКС натурального масштаба с помощью вычислительных систем конструирования, газовой динамики и математического моделирования массообмена. Это позволит рассмотреть множество альтернатив и выбрать из них оптимальный вариант до создания физического образца, сократив время и число экспериментальных разработок.

Конструирование решений АГНКС предусматривает, помимо создания виртуального образа станции, моделирование газодинамики и массообмена программными средствами высокопроизводительных вычислительных систем с использованием программы, разработанной ООО «Газпром ВНИГАЗ», которая позволяет проводить анализ эффективности варианта при сравнении альтернатив и выбор оптимального.

Для разработки и обоснования энергетической эффективности предложенных технологий и конструктивных решений были проведены исследования и решены следующие научно-технические задачи:

1. Разработан и сформулирован метод определения эффективности производственного процесса АГНКС с учетом различных режимов работы, конструкции, технологических и теплофизических параметров природного газа как многокомпонентной смеси и выбора оптимальной конструкции станции из каталога оборудования, допущенного к применению на территории Российской Федерации, обеспечивающий максимальный КПД компрессорной установки при минимальном времени ожидания заправки.

2. Разработаны метод и средства поддержки принятия решения при проектировании оптимальной конструкции основного производственного оборудования АГНКС.

3. Разработан метод оптимизации конструктивных и технологических параметров оборудования путем решения вариационной задачи на условный экстремум функционала, что обеспечивает максимальную пропускную способность топливораздаточных колонок при минимальных энергетических затратах.

4. Предложен метод определения эффективности конструктивных решений, описанных в патентах и опубликованных в открытых реестрах ФИПС.

5. В программной среде NetBeans на языках высокого уровня Java и C++, системе автоматизированного проектирования и визуального моделирования Autocad, с помощью математического моделирования структуры потоков транспортных средств разработан метод и средства поддержки принятия решения при проектировании оптимальной конструкции основного производственного оборудования АГНКС.

6. Разработанную методологию выбора конструктивных решений предлагается использовать при проектировании АГНКС, топливозаправочных пунктов предприятий и широкого класса объектов заправки транспорта газовым моторным топливом, а также для автономного газоснабжения населения и промышленных предприятий.

7. Проведено определение эффективности различных решений, что позволяет получить вариант станции с оптимальными конструктивными и технологическими параметрами, обеспечивающими максимальную производительность станции с минимальными временем ожидания и энергетическими затратами.

8. Разработаны три варианта конструктивных решений, которые защищены патентами РФ. Реализация предложенного метода приводит к сокращению времени ожидания заправки транспортными средствами на 12 %.

9. Применение наработанных методов при реконструкции и капитальном ремонте АГНКС ООО «Газпром газомоторное топливо» привело к сокращению расхода электроэнергии более чем на 10 %.

1. Френкель М.И. Поршневые компрессоры: теория, конструкция и основы проектирования. – Л.: Машиностроение, 1969.
2. Фотин Б.С., Пирумов И.Б., Прилуцкий И.К., Пластинин П.И. Поршневые компрессоры: Учеб. пособие для студентов вузов. – Л.: Машиностроение, 1987.
3. Гайнулин Ф.Г., Гриценко А.И., Васильев Ю.Н., Золотаревский Л.С. Природный газ как моторное топливо на транспорте. – М.: Недра, 1996.
4. Васильев Ю.Н., Гриценко А.И., Чириков К.Ю. Газозаправка транспорта. – М.: Недра, 1995.
5. Викторов М.М. Методы вычисления физико-химических величин и прикладные расчеты. – Л.: Химия, 1977.
6. Евстифеев А.А., Люгай С.В. Основы логико-вероятностного анализа безопасности транспортных средств на газовом топливе. – М.: ВНИИГАЗ, 2017.
7. Евстифеев А.А., Ермолаев А.Е. Влияние холостых пробегов газовых городских автобусов на показатели производственно-хозяйственной деятельности // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. – № 4 (52). – С. 23-30.
8. Люгай С.В., Балашов М.Л., Евстифеев А.А. Оценка времени ожидания заправки транспортного средства на АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. – № 6 (54). – С. 50-54.
9. Евстифеев А.А., Заева М.А., Сергеев М.С. Метод обеспечения работоспособности системы управления питанием газового транспортного средства // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. – № 3 (51). – С. 51-60.
10. Евстифеев А.А., Заева М.А., Хетагуров Я.А. Методы и средства оптимизации размещения объектов производственно-сбытовой инфраструктуры / В книге: Научная сессия НИЯУ МИФИ–2015. Аннотации докладов: в 3-х томах. Отв. ред. О.Н. Голотюк. – 2015. – С. 74.
11. Попов М.А., Егорова А.Н., Евстифеев А.А. Моделирование и оптимизация мест размещения объектов газовой заправки транспорта / В книге: Научная сессия НИЯУ МИФИ–2015. Аннотации докладов: в 3-х томах. Отв. ред. О.Н. Голотюк. – 2015. – С. 97а.
12. Евстифеев А.А., Дрыгина Ю.Н., Ермолаев А.Е. Моделирование и оптимизация процесса развития производственно-сбытовой сети газовых заправочных станций // Газовая промышленность. – 2015. – № S3 (728). – С. 30-33.
13. Евстифеев А.А. Математическая модель определения численности и производительности заправочных колонок на АГНКС // Газовая промышленность. – 2015. – № 8 (726). – С. 95-97.
14. Евстифеев А.А. Размещение объектов инфраструктуры газовой заправки транспорта // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 6 (48). – С. 26-39.
15. Евстифеев А.А. Анализ эффективности производственного процесса на АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 5 (47). – С. 27-33.
16. Евстифеев А.А. Метод формирования адекватной стоимости газового моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 2 (44). – С. 41-46.
17. Евстифеев А.А. Современные подходы к выбору производительности основного технологического оборудования объектов заправки природным газом // Транспорт на альтернативном топливе. – 2015. – № 4 (46). – С. 48-54.

18. Evstifeev A., Zaeva M., Krasnikova S., Shuvalov V. Multi-criteria equipment control in complex engineering systems // Asian Journal of Applied Sciences. – 2015. – Т. 8. – № 1. – С. 86-91.

19. Евстифеев А.А. Структурный синтез и алгоритмы решения для математической модели системы газовой заправки транспорта и газоснабжения автономных потребителей // Вести газовой науки. – 2015. – № 1 (21). – С. 79-85.

20. Евстифеев А.А. Обеспечение муниципальных автобусных парков мегаполиса газовым моторным топливом // Газовая промышленность. – 2014. – № 2 (702). – С. 86-89.

21. Евстифеев А.А. Математическая модель процесса заправки транспортных средств КПП на АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 1 (37). – С. 24-31.

22. Евстифеев А.А. Многокритериальное управление технологическим оборудованием сложных технических систем с использованием методов получения нечетких выводов // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 5 (41). – С. 44-48.

23. Евстифеев А.А. Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. – 2014. – № 3 (39). – С. 53-60.

24. Евстифеев А.А. Математическая модель анализа потребности в КПП и СПГ на вновь газифицируемых территориях // Газовая промышленность. – 2013. – № 1 (685). – С. 87-88.

25. Люгай С.В., Евстифеев А.А., Тимофеев В.В., Балашов М.Л., Дрыгина Ю.Н. Сравнение экономических показателей при использовании жидкого моторного и газомоторного топлив // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 5 (35). – С. 14-19.

26. Евстифеев А.А. Модель прогнозирования потребления газового моторного топлива в населенном пункте // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 3 (33). – С. 43-47.

27. Евстифеев А.А., Балашов М.Л. Методика определения границы экономической эффективности перехода на природный газ в качестве моторного топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 2 (32). – С. 4-5.

28. Евстифеев А.А. Расчет надежности системы поставок газового моторного топлива потребителям // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 4 (34). – С. 61-65.

29. Евстифеев А.А., Заева М.А., Хетагуров Я.А. Применение математического моделирования при испытаниях и отработке сложных технических систем // Вестник Национального исследовательского ядерного университета МИФИ. – 2013. – Т. 2. – № 1. – С. 115.

30. Евстифеев А.А., Заева М.А. Автоматизированная система единого государственного реестра газобаллонного оборудования // В книге: Научная сессия НИЯУ МИФИ–2012. Аннотации докладов: в 3-х томах. – 2012. – С. 285.

31. Дедков В.К., Евстифеев А.А. Методика оценивания надежности технической системы по результатам испытаний // Вопросы теории безопасности и устойчивости систем. – 2010. – № 12. – С. 215-221.

32. Евстифеев А.А., Северцев Н.А. Модели минимизации направленного ущерба транспортной системы при отсутствии информации // Вопросы теории безопасности и устойчивости систем. – 2009. – № 11. – С. 137-145.

Опыт Китая по развитию технологий производства аккумуляторов и инфраструктуры заправочных станций для электромобилей

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

Чэнь Сяо (КНР), аспирантка ИДВ РАН

Осознавая сегодня глобальные экологические и энергетические вызовы, Китай стремится не упустить свой шанс в разработке автомобилей нового поколения, использующих альтернативные источники энергии, и бросается вдогонку за мировыми лидерами в области производства электромобилей. Целенаправленная государственная финансовая и экономическая политика в отношении инновационной отрасли производства аккумуляторных батарей позволит Китаю в ближайшем будущем выйти в мировые лидеры в создании передовых технологий в «зеленом» автомобилестроении и обеспечит получение значительной доли мирового рынка продаж конкурентоспособных инновационных транспортных средств с высокой добавленной стоимостью.

Ключевые слова:

Китай, энергетическая безопасность, загрязнение окружающей среды, аккумуляторы, перезаряжаемая батарея, энергосбережение, новая энергетика.

Развитие технологий для производства инновационных видов аккумуляторных батарей для автомобилей, использующих альтернативные источники энергии (АИЭ), создание и расширение сети сверхбыстрых электрозарядных станций и колонок с большой мощностью в мегаполисах и вдоль главных автомобильных магистралей входят в число приоритетных направлений деятельности руководства КНР в области развития производства высокотехнологичных электромобилей (ЭМ). В последние годы в Китае стало бурно развиваться производство литий-ионных аккумуляторных батарей (LIB), чьи технологические характеристики, надежность и качество сегодня полностью соответствуют мировым стандартам. В 2017 г. объем производства этих аккумуляторов в Китае составлял около 38 % мирового объема производства литий-ионных аккумуляторных батарей¹, а вместе с производителями из Японии и Южной Кореи

1. В марте 2018 г. в г. Сининь (провинция Цинхай) началось строительство крупного завода по производству карбоната лития, который используется в промышленном производстве аккумуляторных батарей для ЭМ. Совместный проект промышленной группы Qinghai Salt Lake и шэньчжэньской инвестиционной компании стоимостью 4,85 млрд юаней (770 млн долл.) будет реализован в июле 2018 г., а мощность составит 30 тыс. т лития в год. Карбонат лития будет добываться из озера Цархань (5,8 км²), которое известно большими запасами различных полезных ресурсов общим объемом свыше 60 млрд т, включая калий, натрий, магний и литий (Production base for lithium battery material planned in NW China. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201802/05/WS5a7807f3a3106e7dccc13ad86.html>).

китайские производители контролировали около 70 % мирового рынка продаж аккумуляторов для экологических автомобилей [1].

Президент Европейской ассоциации поставщиков компонентов для автомобилей (CLEPA) во время проведения Международного автосалона во Франкфурте в 2017 г. посетовал, что «европейцы вынуждены платить «друзьям-китайцам» от 4 тыс. евро (4,75 тыс. долл. США) до 7 тыс. за каждую аккумуляторную батарею для своих автомобилей» [2]. В 2016 г. общая мощность произведенных в Китае литий-ионных аккумуляторных батарей для ЭМ составила 28 ГВт·ч (ГВт=10⁹ Вт), в 2017 г. – 57 ГВт·ч, а в 2020 г. правительство КНР планирует увеличить общую мощность до 176 ГВт·ч [3].

Развитие в Китае производства зарядных батарей для электромобилей генерирует значительный мультипликативный эффект в различных отраслях экономики страны, способствует созданию около 100 тыс. новых рабочих мест на самом производстве литий-ионных аккумуляторов и более 140 тыс. дополнительных рабочих мест в сопредельных отраслях китайской промышленности. По словам министра промышленности и информатизации КНР Мяо Вэя, емкость китайских литий-ионных аккумуляторов для ЭМ в начале 2018 г. в 3 раза превышала емкость аккумуляторных батарей в 2012 г., их цена сократилась на 70 %, и сегодня китайские аккумуляторы обеспечивают дальность поездки электромобилей китайского производства на одной зарядке в среднем на 300 км, что соответствует передовому мировому технологическому уровню [4].

Эти преимущества превратились в благоприятный фактор, стимулирующий перевод автомобильного рынка КНР с традиционных машин с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) на новые инновационные автомобили, использующие альтернативные источники энергии. Однако, по признанию специалистов, современные литий-ионные аккумуляторы сегодня уже не в полной мере отвечают потребностям бурно развивающегося китайского рынка автомобилей на новых источниках энергии, поскольку нынешние батареи емкостью 25 Вт·ч имеют массу 250 кг, а их удельная энергоемкость на единицу массы в 2017 г. составляла 180 Вт·ч/кг, что обеспечивало в среднем 258 км пробега без дополнительной зарядки (в 2016 г. средний показатель пробега на одной зарядке для электромобиля в Китае составлял 164 км). В будущем этих показателей будет явно недостаточно.

Для повышения качества и емкости аккумуляторных батарей для альтернативного транспорта Государственный совет КНР принял решение о концентрации к 2020 г. 90 % объема производства литий-ионных аккумуляторов на ключевых предприятиях 5-10 ведущих отечественных производителей, а к 2025 г. довести удельную энергоемкость на единицу массы литий-ионных аккумуляторов до 400...450 Вт·ч/кг, что позволит увеличить дальность пробега электромобилей в 2025 г. до 500 км на одной подзарядке, а в 2030 г. – до 800...900 км. Это даст возможность экологичным автомобилям успешно конкурировать с автомобилями, имеющими двигатели внутреннего сгорания [5].

В 2016 г. Государственный совет КНР принял решение о выделении более 650 млн юаней на финансирование научных разработок в области производства новых видов аккумуляторов для автомобилей, использующих АИЭ, и создания системы широких преференций для привлечения прямых иностранных инвестиций в эти разработки. Правительство Китая ориентирует ведущие отечественные электротехнические компании к концу 2019 г. довести среднюю энергоемкость аккумуляторных батарей ЭМ до 240 Вт·ч/кг (у электробусов – до 180 Вт·ч/кг, у электромобилей, обеспечивающих логистические перевозки в пределах городов,

– до 140 Вт·ч/кг), а себестоимость снизить до 2 юаней/Вт·ч. Также планируется к 2020 г. повысить энергоемкость аккумуляторных батарей до 350 Вт·ч/кг, а себестоимость снизить до 1,5 юаня/Вт·ч и превратить Китай в мирового лидера по производству аккумуляторных батарей для ЭМ [6].

Китайские ученые разрабатывают новые виды батарей для ЭМ – литий-кислотные и серно-литиевые с удельной энергоемкостью до 400...500 Вт·ч/кг. Будущее ЭМ китайские ученые и инженеры связывают с производством новых моделей автомобилей с металлофосфатными, литий-полимерными (Li-pol)² и воздушно-цинковыми (Zinc-Air) аккумуляторными батареями³, которые пока находятся в стадии разработки и для массового внедрения остаются довольно дорогими.

В конце 2017 г. группа исследователей из Университета в г. Чжэцзян разработала инновационную алюминиево-графеновую супербатареею, которая может полностью заряжаться всего за 3...5 секунд, а ее вместимости достаточно для обеспечения работы в течение 2,5 ч. Батарея теряет менее 10 % от своей первоначальной емкости после 250 тыс. циклов зарядки/разрядки и может функционировать при температурах в диапазоне от –40 до 130 °С. Разработанный образец обладает гибкостью, выдерживает без потери емкости до 10 циклов деформации и более безопасен с точки зрения возможности самовозгорания, чем обычные литий-ионные аккумуляторные батареи. Интегрированная структура катода батареи позволяет обеспечивать значение плотности хранения энергии на уровне 111 мА·ч/г, а также сверхвысокие динамические характеристики, что дает возможность батарее заряжаться всего за 1,1 с.

Китайские инженеры утверждают, что в будущем алюминиево-графеновые аккумуляторные батареи получат широкое применение, однако признают, что впереди еще много работы – после проведения 250 тыс. циклов зарядки/разрядки потребуется очень долгое время (только для проверки остаточной емкости супербатареею потребуется много лет) для того, чтобы внедрить в производство новую технологию, поскольку сегодня речь идет о математической модели, а не о реальных данных, полученных в ходе тестирования опытных экземпляров [7]. В более отдаленном будущем китайские инженеры планируют производить более экономичные водород-воздушные аккумуляторные (топливные) батареи с протон-обменной мембраной (PEMFC), что является одной из наиболее перспективных технологий разработки таких батарей, и металл-ионные жидкие аккумуляторные батареи (Metal-Air Ionic Liquid Battery), чья плотность энергии в 11-12 раз больше по сравнению с литий-ионными аккумуляторами. Металл-ионные аккумуляторы обладают гигантской удельной емкостью в 1,4...1,6 тыс. Вт·ч/кг и позволяют электромобилям проехать до 1 тыс. км на одной зарядке. Китайские инженеры полагают, что к 2025-2030 гг. появятся совершенно новые батареи (рис. 1), которые при меньшей массе и объемах, как и сегодняшние литий-ионные аккумуляторы, обеспечат возможность автомобилям без подзарядки преодолевать расстояния в 1,2 тыс. км [8].

2. Эти батареи позволяют повысить эффективность и упростить производство, кроме того литий-полимерные аккумуляторы могут иметь любую форму и быть очень малой толщины (до 1 мм).

3. Воздушно-цинковые батареи обладают прекрасными экологичными свойствами, а продукты, получаемые в результате реакции воздушно-цинковых элементов, т.е. вода и оксид цинка, абсолютно безопасны для здоровья человека. Материалы, используемые для их производства, не загрязняют окружающую среду и могут быть вторично использованы после процесса переработки. Воздушно-цинковые аккумуляторы обладают незначительной скоростью саморазрядки в нерабочем состоянии и небольшим изменением величины напряжения по мере их разряда в процессе эксплуатации.



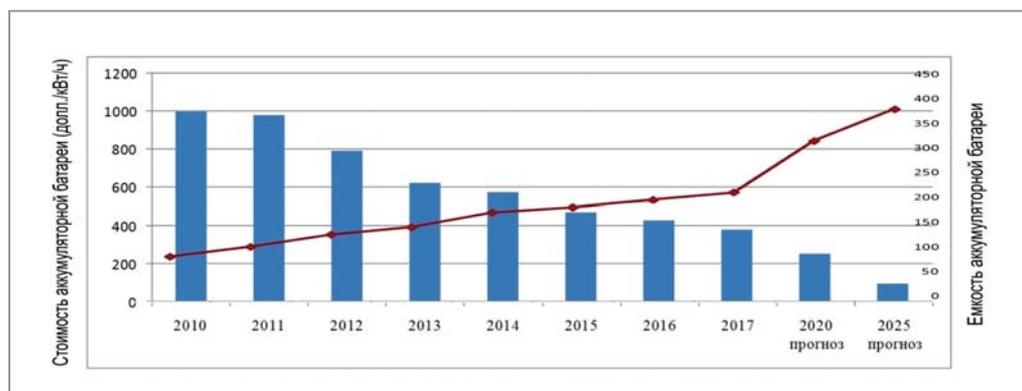


Рис. 1. Основные текущие и перспективные характеристики китайских аккумуляторных батарей (стоимость и энергоёмкость) [9-11]

Сегодня в Китае в процессе производства литий-ионных аккумуляторных батарей для электромобилей применяются нетканые материалы из тонкого инновационного микропористого материала – полипропилена и полиамида – с максимальным размером пор в 16 μm (микрометр или мкм – в системе единиц СИ равен одной миллионной доле 1 м, т.е. 10^{-6} м или 10^{-3} мм). Для свинцово-кислотных аккумуляторных батарей рекомбинационного типа для ЭМ, где электролит полностью абсорбирован в сепаратор по технологии AGM (Absorbent Glass Mat, т.е. электролит не в жидком состоянии, как в классическом литий-ионном аккумуляторе, а в абсорбированном), применяется нетканый материал, изготовленный, как правило, из микроволокон стекла (абсорбирующий стекловолоконный холст) с размером пор до 16 μm , а сам сепаратор обеспечивает равномерное перемещение абсорбированной жидкости и равномерное распределение электролита в аккумуляторной батарее. Аккумуляторные батареи, изготовленные по технологии AGM (в отличие от классических LIB), являются резистентными к вибрации, им практически не требуется обслуживание, и они могут быть установлены в любом положении. Стоимость аккумуляторных батарей, изготовленных по технологии AGM, гораздо выше, чем цена классических LIB с жидким электролитом, что сегодня приводит к их ограниченному использованию в Китае. В основном они применяются в Китае как батареи для запуска мотора в дорогих марках автомобилей.

В 2016 г. в КНР было произведено 926 млн m^2 сепаратного холста (рост на 33,03 % по сравнению с предыдущим годом), а доля Китая в мировом производстве этого продукта составила 56 %. Уровень локализации производства сепараторов составлял 79 %, однако в области внедрения сепараторов самого высокого класса Китай, по-прежнему, опирается на импорт. Стоимость сепараторов для LIB в КНР снизилась с 9,5 юаня/ m^2 в 2010 г. до 5 юаня в 2016 г., а цена сепараторов для AGM сократилась с 7,5 юаня/ m^2 в 2010 г. до 3-4 юаней в 2016 г.

В 2016 г. лидер по объемам производства сепараторов для аккумуляторных батарей, изготовленных по технологии AGM, компания Shenzhen Senior Technology Material продала 120 млн m^2 , за ней следовали компании Cangzhou Mingzhu Plastic и Xinxiang Zhongke Science and Technology (GREEN).

В том же году лидерство по объемам продаж сепараторов для LIB перешло к компании Shanghai Energy New Materials Technology, которая реализовала 100 млн m^2 сепараторов для LIB, а ее основными покупателями стали корпорации SAIC, BYD, BAIC, Geely, Zotye, Changan, GAC, Samsung, LG, CATL и др.

В тройку лидеров по объемам продаж этого вида сепараторов также входили Shanghai Energy New Materials Technology, Suzhou Green Power New Energy Materials и Foshan Jinhui Hi-tech Optoelectronic Material [12].

Объемы производства сепараторов для литий-ионных и аккумуляторных батарей, изготовленных по технологии AGM, с максимальным размером пор в 16 μm для ЭМ в Китае в период 2014-2020 гг. показаны на рис. 2 [13].

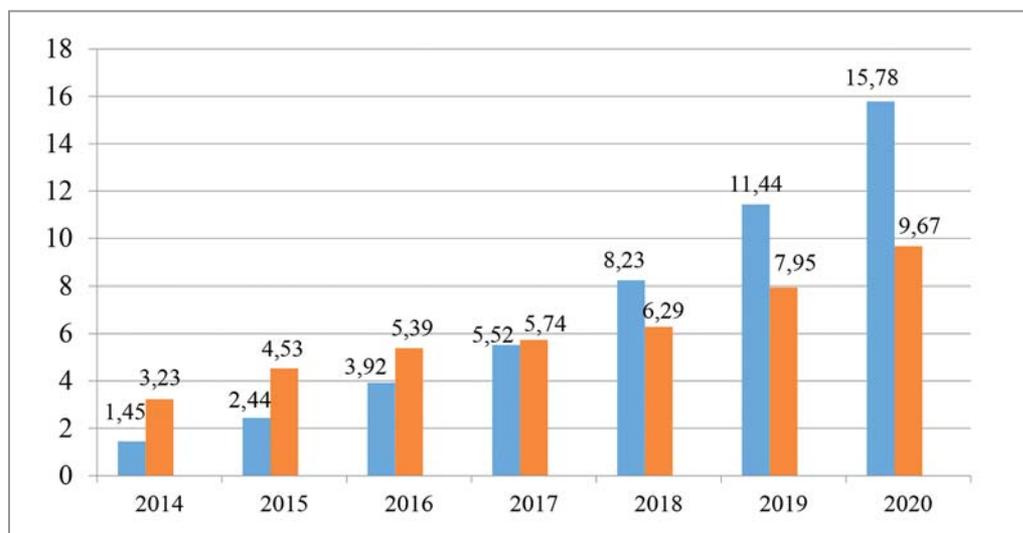


Рис. 2. Объемы производства сепараторов для литий-ионных (синий) и изготовленных по технологии AGM (красный) аккумуляторных батарей (100 млн кв. м)

В декабре 2017 г. в г. Ухань (пров. Хубэй) был представлен образец городского автобуса, использующего новый вид альтернативного источника энергии – водородное топливо. Автобус длиной 8,5 м стал разработкой компании Wuhan Tiger Fuel Cell Vehicle Co. (совместное предприятие компании Tiger Fuel Cell Vehicle Co. и производителя автомобилей на новых источниках энергии Wuhan Skywell), и ожидается, что в конце 2018 г. он уже будет эксплуатироваться на улицах г. Ухань. Новое транспортное средство имеет 56 пассажирских мест, может проезжать на одной заправке более 450 км, процесс дозаправки занимает всего 3...5 мин. Автобус способен работать при температурах до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и автоматически выявлять возникшие неполадки в работе. В течение ближайших двух лет будет выпущено 3 тыс. таких автобусов.

Планируется, что в 2018 г. в Ухане будет установлена первая водородная заправочная станция, а в течение ближайших трех лет число таких станций достигнет 21 единицы.

С целью расширения и углубления разработок в области производства аккумуляторных батарей на водородном топливе в зоне технико-экономического развития г. Ухань создается научно-исследовательский центр, который сможет сформировать индустриальную цепочку, объединяющую разработку, производство и продажу водородных топливных элементов для «зеленых» автомобилей в сотрудничестве с автомобильными производителями из других городов Китая (в Ухане базируется ряд автомобильных компаний, включая одну из крупнейших – Dongfeng Motor Corporation). Объем инвестиций в создание центра составит около 12 млрд юаней (1,8 млрд долл.), а годовой объем промышленного производства центра после введения его в эксплуатацию составит 35 млрд юаней [14].

Поскольку объем парка электромобилей в Китае в 2020 г. возрастет до примерно 5 млн единиц, то уже сегодня остро встает вопрос о будущем аккумуляторных батарей, отслуживших свой срок. С учетом того, что срок службы аккумуляторных батарей для ЭМ составляет от 5 до 8 лет, специалисты Института промышленных технологий в Шэньчжэне полагают, что в 2020 г. общий объем отработанных литий-ионных батарей составит 120...220 тыс. т, превысив в 20 раз показатель 2016 г. (12 тыс. т), а в 2035 г. – 350 тыс. т и будет создавать серьезную угрозу экологической обстановке в стране [15]. Китайские инженеры считают, что повторное использование аккумуляторных батарей для ЭМ возможно (например, на станциях хранения электрической энергии для использования во время вечерних и утренних пиков потребления и в случае аварий в энергосистемах, для тихоходных электромобилей и источников распределительной генерации), однако малопригодно из-за уменьшения их производительности вследствие частых и низкоэффективных зарядных циклов.

Сегодня в Китае осуществляется переработка всего лишь 13 % аккумуляторных батарей, что неизбежно вызывает загрязнение окружающей среды. Кроме того, запасы сырья для их производства (литий и кобальт) в природе ограничены и, кроме того, не возобновляются. Расширение добычи сырья вместо вторичного использования генерирует огромную экологическую проблему, поскольку при производстве батарей происходит масштабное загрязнение природы и потребляется большое количество энергии.

В конце 2016 г. Государственный совет КНР принял постановление, которое ориентирует ведущих китайских производителей ЭМ и аккумуляторных батарей для них на создание инфраструктуры и поиска инновационных решений с целью внедрения соответствующих технологических цепочек по переработке батарей, отработавших свой ресурс, а не повторного их использования. Руководство страны выдвинуло лозунг: «Меньше забирать у природы ресурсов, сократить количество отходов и обеспечить переработку всего того, что можно повторно использовать».

Согласно выводам китайского научно-технического журнала *China Securities Journal*, рынок переработки выработавших свой ресурс аккумуляторных батарей в КНР превращается в «золотоносную жилу для экономики страны». В 2018 г. его объем предположительно составит около 5 млрд юаней (788 млн долл.), а в 2020 г. – удвоится [16]. 28 февраля 2018 г. Министерство промышленности и информатизации КНР совместно с шестью другими ведомствами опубликовало нормативы по утилизации батарей для ЭМ, которые требуют от производителей аккумуляторов заниматься финансированием затрат на их сбор, хранение и утилизацию. Производители батарей вместе с научно-исследовательскими центрами должны создавать производственно-технологические цепочки, призванные обеспечить экологически чистую и эффективную утилизацию выработавших свой ресурс литий-ионных аккумуляторных батарей.

Разрабатываемые в КНР инновационные типы аккумуляторных батарей требуют применения новых материалов и металлов, что неизбежно рождает повышенный спрос на определенные виды сырья и рост объемов их импорта. По мере развития производства аккумуляторных батарей новых типов в Китае около 80 % объема требуемого никеля и 70 % объема кобальта страна импортирует из других стран. В 2017 г. впервые за последние 20 лет рыночная стоимость палладия превысила цену платины. По мнению международных экспертов, редкоземельный металл рос в цене на фоне увеличивающегося в Китае спроса на автомобили, использующие альтернативные источники энергии.

Сегодня ведущие китайские компании по производству аккумуляторных батарей CATL и GEM Co Ltd (Шэньчжэнь) совместно с автопроизводителями BYD и Dongfeng при выработке аккумулятора до 95 % своего рабочего ресурса осуществляют их переплавку (на основе разработанных в сотрудничестве с компаниями Tesla и Toyota технологий) с выделением в этом процессе крайне нужных и ценных металлов (таких как никель и кобальт), а также полностью утилизируют побочные отходы. В 2017 г. перерабатывающие мощности компании CATL уже позволяли в процессе утилизации ежегодно выделять до 5 тыс. т кобальта и никеля из отработанных аккумуляторных батарей, и эти технологии, по мнению руководства компании, в будущем станут важнейшим источником сырья для промышленности по производству таких батарей [17]. Китайская компания China Tower, занимающаяся утилизацией и переработкой аккумуляторов, в начале 2018 г. подписала соглашение с 16 ведущими китайскими автопроизводителями (BYD, Chongqing Changan Automobile, SAIC, BAIC, Geely и др.) о сотрудничестве в области производственной утилизации аккумуляторных батарей. В 2018 г. компания China Tower имела более 3 тыс. станций по переработке аккумуляторов в 12 провинциях Китая [18].

Китайское руководство отчетливо понимает, что успех в области развития автомобильного транспорта, использующего АИЭ, в первую очередь зависит от возможности создания высокоэффективной, доступной и относительно недорогой общенациональной системы электростанций. Для побуждения провинциальных властей к расширению своих сетей таких станций с начала 2016 г. правительство Китая стало предоставлять местным властям субсидии в размере 4,5 тыс. юаней за каждую построенную электростанцию колонку. С 2012 г. Государственная электросетевая корпорация Китая (ГЭКК, или State Grid Corporation of China – SGCC), основной подрядчик строительства национальной сети электростанций для электромобилей, приступила к ее созданию в основных мегаполисах Китая, включая Пекин, Шанхай, Тяньцзинь, Шэньчжэнь, Сямэнь, Гуанчжоу, Цзилинь, Ухань, Чунцин, Баотоу, Урумчи, Наньчан и др. В 2017 г. правительство инвестировало более 120 млн юаней в строительство 214 тыс. электростанций и 160 тыс. электростанций колонок. И в начале 2018 г. общее количество построенных электростанций составило более 325 тыс. единиц, а число электростанций колонок – 445 723 единицы (213 903 общественных и 231 820 частных).

По показателю численности электростанций и колонок Китай занимает первое место в мире [19]. В среднем соотношение общего числа электростанций колонок в Китае к общему числу автомобилей на АИЭ составляет 1:3,8. Несложно подсчитать, что приблизительно на одну электростанцию колонку приходится четыре автомобиля на АИЭ.

При сравнении равноценного пробега в 300 км на одной зарядке/заправке транспортного средства стоимость зарядки электромобиля (0,5 юаня/кВт·ч или 28 юаней за полную зарядку) по сравнению со стоимостью бензина для заправки автомобиля с ДВС оказывается в 6-7 раз меньше. Правда, зимой это соотношение несколько сокращается из-за охлаждения аккумуляторных батарей [20]. Согласно решению Госсовета КНР «О плане развития производства автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, на период 2013-2020 гг.», в конце 2020 г. в стране должно быть установлено 3 млн электростанций колонок, из которых более 60 % будут общественными.

Скорость расширения сети электростанций поражает – в течение



12-й пятилетки сетью электроразрядных станций были оснащены около 20 тыс. км скоростных автомобильных магистралей, проходящих через Шанхай, города региона Пекин, Тяньцзинь, Хэбэй и промышленные центры дельты реки Янцзы, а среднее расстояние поездки между электроразрядными станциями не превышало 50...70 км. В Китае ежемесячно вводились в строй около 6 тыс. электроразрядных колонок.

Государственная электросетевая корпорация Китая планирует в конце 2018 г. закончить установку новых современных электроразрядных станций на всем протяжении скоростной автомобильной магистрали Пекин – Сянган – Аомэнь протяженностью около 2,3 тыс. км (пересекает страну с севера на юг), а также возвести подобные станции подзарядки электромобилей на скоростных шоссе Пекин – Шанхай, Пекин – Далянь, Шэньян – Хайкоу, Ляньюньган – Урумчи, Циндао – Иньчуань⁴. Электроразрядные станции будут располагаться на магистралях через каждые 50...70 км, каждая станция будет иметь шесть зарядных генераторов мощностью 140 кВт·ч, а каждый генератор будет способен заряжать до 10 машин одновременно. Сама заправка будет продолжаться не более 15 мин, а стоимость составит около 40 юаней (6 долл.) [21].

Научно-исследовательский центр автомобильной корпорации BYD (Build Your Dreams) активно разрабатывает технологию быстрой заправки, которая с помощью более мощных электрических кабелей сможет осуществить полную зарядку электромобилей за полчаса, обеспечив 80%-е пополнение батареи за 15 мин, а заправку аккумулятора наполовину выполнит за 3...5 мин. Крупная китайская автомобильная корпорация Chery, являющаяся участником государственной программы развития промышленности альтернативной энергетики, планирует создать в Китае широкую сеть электроразрядных станций, где водители электромобилей получают возможность не только осуществлять обычную зарядку аккумуляторов, но и поменять разряженные аккумуляторные батареи на заряженные, что становится своего рода разновидностью мгновенной зарядки аккумуляторов.

В ходе выполнения 13-го пятилетнего плана социально-экономического развития страны ГЭКК совместно с 19 китайскими операторами, занимающимися распространением электроразрядных станций и колонок по территории КНР (среди них China Southern Power Grid, Qingdao Teld New Energy, China Potevio, Star Charge, Shenzhen Clou Electronics и др.), намерена инвестировать более 300 млрд юаней в расширение национальной сети электроразрядных станций [22], что обеспечит в период 2018-2020 гг. дополнительное строительство 12 тыс. электроразрядных станций и около 0,5 млн электроразрядных колонок для зарядки 5 млн ЭМ. Сеть электроразрядной инфраструктуры охватит более 250 городов Китая и скоростные автодороги общей протяженностью более 50 тыс. км [23].

Зарубежные компании активно внедряются на рынок электроразрядных станций в Китае с целью стимулирования продаж своих электромобилей. К примеру, американский концерн Tesla построил в Пекине и экономической зоне Пудун (Шанхай) 50 крупных электроразрядных станций, а в начале 2018 г. сетью

4. ГЭКК является одной из крупнейших в мире электросетевых компаний – в 2017 г. занимала 3-е место в списке крупнейших корпораций мира по версии Fortune Global 500-2017. В 2017 г. общий объем мощности энергоблоков корпорации достиг 126 млн кВт (45 % мощности составила доля энергоблоков, работающих на экологически чистых энергоносителях), а общий объем мощности фотогальванических энергоустановок превысил 10 млн кВт. Общий объем выработки электроэнергии ГЭКК в 2017 г. составил 422,6 млрд кВт·ч. Доходы Государственной электроэнергетической инвестиционной корпорации Китая впервые превысили 200 млрд юаней. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/0221/c31518-9428453.html>.

электростанций американской компании (более 800 единиц) было охвачено более 170 городов Китая [24].

В начале 2018 г. в Пекине эксплуатировалось 112,6 тыс. электростанций (80,8 тыс. частных и 31,8 тыс. государственных) и 6,4 тыс. электростанций, которые располагаются на расстоянии не более 5 км одна от другой в пределах шестого транспортного кольца Пекина. Время полной заправки электромобиля в столице в среднем составляет около 1 ч, а стоимость зарядки – меньше 30 юаней (5 долл.). В Пекине также функционируют 290 станций быстрой замены аккумуляторных батарей для электромобилей, что значительно повысило эффективность использования городского транспорта на электрической тяге и электротакси в Пекине [25]. На сегодняшний день инфраструктура электростанций столицы Китая позволяет обеспечивать потребности в заправке более 40 тыс. электромобилей. И тем не менее муниципальные власти города планируют, что количество электростанций в столице к 2020 г. возрастет до 350 тыс.

А в Шанхае городские власти утверждают, что число электростанций в мегаполисе возрастет в 10 раз и превысит 250 тыс. единиц [26]. В ноябре 2017 г. в Шанхае (рядом со станцией метро Сунцзян) открылась самая большая в КНР фотоэлектрическая станция для зарядки автомобилей, использующих новые источники энергии, которая была спроектирована и построена китайской инвестиционной компанией Tellus Power Group. На станции используются экологически чистые технологии и фотоэлектрические панели, обладающие такими свойствами как звуко-, тепло- и гидроизоляция, защита от ветра, влагоустойчивость, сопротивляемость негативным климатическим условиям и т.п. Стены новой электростанции площадью в 2,5 м² сделаны из стекла и содержат около 1 тыс. фотоэлектрических панелей. Рядом возведена автостоянка, где имеется более 50 парковочных мест, установлены 44 электростанции для электромобилей. Сама зарядка занимает всего 20 мин, и ежедневно здесь можно заряжать более 400 электромобилей. Ежегодно фотоэлектрическая зарядная станция будет вырабатывать 100 тыс. кВт·ч электроэнергии, что позволит обеспечить экономию 40 т угля, сократить на 100 т выбросы углекислого газа, 1,5 т оксидов азота и 3 т диоксида серы [27].

Сегодня зарядка электромобилей происходит на электростанциях, колонках, либо в домашних условиях с помощью бытовых розеток, что создает определенные неудобства, связанные с временной остановкой автомобиля. Разработка дорог на солнечных батареях началась в США еще в 2006 г., а первые пешеходные и велосипедные дорожки с применением новой технологии фотогальванических элементов в дорожном строительстве появились только в 2014 г. в Нидерландах. Первая в мире автомобильная дорога из солнечных батарей была построена в 2016 г. во Франции (в нормандской деревне Турувр-о-Перш), и французское правительство решило в течение ближайших пяти лет построить 966 км таких дорог.

Солнечные панели также были установлены на некоторых дорогах в Республике Корея, Германии и Италии [28]. В конце декабря 2017 г. в г. Цзинань (пров. Шаньдун) китайская компания Qilu Transportation Development Group после 10 месяцев работы завершила строительство второго участка дороги, который состоит из солнечных панелей, обеспечивающих беспроводную зарядку автомобилей, осуществляемую синхронно во время движения автотранспорта. Разработанные китайскими инженерами инновационные панели способны улавливать и перерабатывать до 25 % солнечной энергии, преобразовывая ее в электричество, а вырабатывая ежегодно 1 млн кВт·ч электрической энергии из солнечной, батареи могут также



предоставлять излишки энергии на покрытие потребностей 800 домохозяйств, прилегающих к трассе автодороги, для растапливания снега, который в зимнее время заметает дорожное покрытие, освещения полотна дороги, обеспечения энергопитания дорожных знаков, камер видеофиксации дорожного движения и турникетов для взимания дорожных сборов⁵. Избыточная электрическая энергия также будет передаваться на государственную сеть Китая. В дальнейшем в дорожную инфраструктуру автомобильной магистрали планируется инкорпорировать такую функцию, как подключение Интернета.

Протяженность участка автомобильной дороги составила 1,12 км, и он состоит из трех слоев, которые способны выдерживать вес грузовика среднего размера. Верхний слой сделан из прозрачного бетона, который по свойствам похож на стандартный асфальт. Центральным слоем являются солнечные панели (батареи) общей площадью 5875 м², нижний слой представляет собой изоляцию для защиты солнечных батарей от влажности, исходящей от земли, а общая мощность этих солнечных панелей составляет 817,2 кВт.

Автомобильная дорога, гарантийный срок службы которой определен в 20 лет, в техническом отношении уже готова к эксплуатации, однако различные тесты и проверки продлятся еще до начала 2019 г. [29]. Стоимость строительства и эксплуатации китайской инновационной автомобильной дороги пока не разглашается, но, по заверению китайских специалистов, она составляет 50 % себестоимости строительства подобных «солнечных дорог» в западных странах. По мере развития сети подобных магистралей в Китае стоимость как прокладки, так и эксплуатации будет постоянно снижаться. Это уже второй участок дороги, построенный в г. Цзинань, а первый участок со встроенной фотогальванической инфраструктурой протяженностью 160 м был построен в Цзинане в сентябре 2017 г. Также в конце 2017 г. и в г. Шаосин (пров. Чжэцзян) был построен участок фотогальванической дороги. В перспективе китайские инженеры планируют применять автономное управление электромобилями на этих специальных дорогах при помощи компьютеров, которые возьмут на себя организацию процесса движения, составление маршрута, осуществление контроля за возможными опасностями, что позволит обеспечить максимальный комфорт и безопасность. Водителю электромобилей на этих дорогах останется лишь задать конечный пункт назначения, а остальные функции возьмет на себя компьютер.

В отдаленной перспективе планируется строительство автомобильных дорог с встроенной системой беспроводной зарядки электромобилей. Способ передачи энергии будет аналогичен принципу работы большинства зарядных устройств: ряд индукционных катушек, встроенных под дорожным покрытием, будет генерировать магнитные поля, которые будут улавливаться принимающими устройствами электромобилей, и трансформировать их в электрическую энергию, необходимую для работы двигателя.

В начале 2018 г. в провинции Чжэцзян (восток КНР) началось строительство первой «интеллектуальной» интерактивной скоростной автомобильной магистрали, отличающейся повышенным уровнем информативности и безопасности.

5. Китай является мировым лидером по развитию солнечной энергетики. По состоянию на начало 2018 г. установленная мощность фотогальванических элементов в КНР составляет 120 ГВт (Non-fossil fuel accounts for 17.6 pct of China's energy output. URL: http://en.ce.cn/main/latest/201712/27/t20171227_27446900.shtml). В 2017 г. объем выработки электричества с использованием фотовольтажа в КНР составил около 110 млрд кВт·ч (рост на 72 % по сравнению с 2016 г.). Произведенные с помощью солнечных батарей объемы электрической энергии позволили Китаю сэкономить 33 млн т условного топлива и сократить объем выбросов диоксида углерода на 93 млн т.

Магистраль протяженностью 161 км, которая будет состоять из шести полос, свяжет г. Ханчжоу (административный центр пров. Чжэцзян) с г. Шаосин и крупнейшим в мире портом Нинбо-Чжоушань (в 2017 г. его грузооборот превысил 1 млрд т). Строительство и введение магистрали в эксплуатацию, которое намечено на 2022 г. и приурочено к открытию летних Азиатских Игр в г. Ханчжоу, позволят повысить на 30 % среднюю скорость движения автомобилей до 150...160 км/ч (есть планы Министерства транспорта КНР вообще отменить лимит скорости на этой скоростной автомобильной магистрали, как это принято, например, в Германии) и сократить до 1 ч (с нынешних 2 ч) время в пути между тремя городами.

В Китае действуют ограничения разрешенной скорости при движении по высокоскоростным автодорогам, которые составляет от 100 до 120 км/ч, но фактическая скорость, с которой движутся по скоростным автобанам автомобили, в среднем составляет 95 км/ч из-за разного типа автомобилей, следующих по скоростной автодороге, возникающих аварий, задержек при проезде через пункты взимания платы и т.п. Повышение скорости движения по скоростной автомобильной магистрали Ханчжоу – Нинбо – Шаосин обеспечит применение инновационных интеллектуальных технологий, включая системы беспилотного контроля и предупреждения, которые в перспективе будут дополнены подключением систем Интернета (Internet of Vehicles), поддерживающих системы автономного вождения. Это даст возможность бесконтактного проезда автомобилей через пункты взимания платы, что позволит обеспечить поддержание высокой скорости автомобилей на магистрали.

Вдоль маршрута скоростной автомобильной дороги будут установлены солнечные панели для выработки электроэнергии для питания светодиодов, которые в автоматическом режиме будут передавать на компьютер автомобилей, проезжающих по магистрали, сведения о состоянии дорожного полотна (осадки, гололедица), возможных заторах, авариях, возникающих на пути движения автомобиля. Световые диоды будут менять свой цвет в зависимости от времени суток и дорожной обстановки и обеспечивать также подсветку полотна магистрали. Китайские проектировщики утверждают, что в будущем в полотно скоростного шоссе будет интегрирована система зарядки электромобилей, которые будут иметь специальное оборудование, предназначенное для беспроводной зарядки по ходу движения. Правительство КНР планирует в будущем внедрить эти технологии на всех скоростных автомагистралях страны [30].

Реализация принятой Госсоветом КНР «Программы развития автомобилестроения на основе энергосбережения и новой энергетики (2011-2020)» в части развития новых типов инновационных энергоносителей позволит перейти к полномасштабному производству принципиально новых видов источников альтернативной энергии, повысить их емкость, снизить габариты и себестоимость, потеснив на мировом рынке ведущих западных производителей инновационных аккумуляторов для нового поколения «зеленых» автомобилей. Масштабное развитие национальной сети электростанций позволит решить приоритетную задачу Программы Госсовета КНР – предоставить в 2020 г. удобную, быструю и относительно недорогую заправку пятимиллионного парка электромобилей. А развитие промышленности переработки аккумуляторных батарей обеспечит решение не менее грандиозной задачи, поставленной руководством КПК перед автомобильной промышленностью на основе новой энергетики, – превратить Китай в страну с самыми большими в мире экологически чистыми территориями.



1. Global and China Lithium-ion Battery Anode Material Industry Report, 2017-2020. URL: <http://www.researchinchina.com/Report/ReportInfo.aspx?id=10365> (Дата обращения: 22.11.2017).
2. Build next generation of batteries or lose jobs, auto executives tell Europe. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1066462.shtml> (Global Times Source: Reuters-Global Times Published: 2017/9/14).
3. Robert Blain, Chen Yingqun (China Daily). Taking the pole position. URL: http://africa.chinadaily.com.cn/weekly/2017-12/15/content_35308105.htm.
4. На Китай приходится более половины всех существующих в мире автомобилей на новых источниках энергии. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/0201/c31518-9422579.html>.
5. Ань синьнэньюань цичэ гуйцзюй чжицзао синьнэньюань цичэ (Стандарты производства аккумуляторов для автомобилей, использующих новые источники энергии) (按新能源汽车 规矩造新能源汽车) // Цзинцзи цанькаобао (Экономическое обозрение – 经济参考报). – 25.06.2017.
6. Ma Si (China Daily). Fuel-cell cars set to get more impetus. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201802/13/WS5a823ca6a3106e7dcc13c6f4.html>.
7. Superfast battery can fully charge in seconds. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-12/26/content_35379010.htm; Chinese scientists develop fast-charging aluminum-graphene battery. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/23/WS5a3e612e-a31008cf16da315d.html>.
8. Sun Hui (Chinadaily.com.cn). High-tech graphene products lead to smart life. URL: http://www.chinadaily.com.cn/regional/chongqing/liangjiang/2017-09/13/content_31977567.htm.
9. Дунли дянъчи чэнвэй синьнэньюань цичэ сяигэ чжундянь (Аккумуляторы становятся следующей главной заботой для автомобилей, использующих новые источники энергии) (动力电池成新能源汽车下一个重点) // Китайские дороги (Чжунго гунлу – 中国公路). – 2017. – № 5. – С. 49.
10. Дунли дянъчи чэнвэй синьнэньюань цичэ сяигэ фэнкоу (Роль аккумуляторных батарей в производстве новых автомобилей на новых источниках энергии) (动力电池成新能源汽车下一个风口国产不敌日韩品牌) // Цзинцзи цанькаобао (经济参考报). – 04.10.2017.
11. Ma Si (China Daily). Fuel-cell cars set to get more impetus. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201802/13/WS5a823ca6a3106e7dcc13c6f4.html>.
12. Лу Вэнган, Хуан Сяочжэнь, Лю Пэй. Дунли дянъчи чэнвэй синьнэньюань цичэ сяигэ чжундянь (Аккумуляторы становятся следующей главной заботой для автомобилей, использующих новые источники энергии) (卢文刚, 黄小珍, 刘沛 动力电池成新能源汽车下一个重点) // Китайские дороги (Чжунго гунлу – 中国公路). – 2017. – № 5. – С. 50-53.
13. Global and China Lithium Battery Separator Industry Report, 2017 - 2022. URL: <http://www.researchinchina.com/Report/ReportInfo.aspx?id=10424> (Дата обращения: 30.03.2018).
14. Первый в Китае промышленный парк по разработке и производству водородных топливных элементов будет построен в Ухане. URL: http://russian.china.org.cn/business/txt/2017-12/24/content_50159860.htm.

15. Rapid growth of NEVs poses big test to battery recycling. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-02/07/content_50439508.htm; China mulls policies to regulate NEV battery recycling. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201802/13/WS5a82e91ca3106e7dcc13c924.html>.

16. Li Fusheng (China Daily). Retrieving, recycling new energy car batteries to bolster sector. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201803/05/WS5a9cad3fa3106e7dcc13f905.html>.

17. China faces green vehicle battery challenge. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-11/27/content_35056831.htm.

18. Li Fusheng (China Daily). Retrieving, recycling new energy car batteries to bolster sector. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201803/05/WS5a9cad3fa3106e7dcc13f905.html>.

19. Charging piles for electric cars mushrooming in China. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/11/content_50096807.htm; Китай занимает первое место в мире по наличному количеству общественных зарядных колонок для электротранспорта. URL: http://russian.china.org.cn/business/txt/2018-01/21/content_50259028.htm; Numbers of the Week February 8-February 15, 2018. URL: http://www.bjreview.com.cn/Business/201802/t20180208_800117124.html.

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

21. China slams the brakes on new energy vehicle cheats. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-11/06/content_28111037.htm; Over 110,000 electric car charging poles installed in Beijing. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1082748.shtml> (Source: Xinhua Published: 2017/12/30).

22. Ду Синь. Чжутуй синьнэньюань цичэ фачжань (Стимулировать развитие автомобилей, использующих новые источники энергии) (杜鑫. 助推新能源汽车发展) // Гунжэнь жибао (工人日报). – 18.01.2018.

23. Zheng Yiran (China Daily). EV charging network to expand. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/19/WS5a613492a3106e7dcc1352f8.html>.

24. Global automakers expand presence in China's e-cars market. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-10/25/content_33696738.htm; Tesla builds huge charging station in Beijing. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-11/23/content_34889064.htm.

25. Beijing's electric vehicle charging posts to adopt new national standards on Monday: report. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1082713.shtml> (Source: Global Times Published: 2017/12/30).

26. Shanghai to build 10 times more vehicle charging piles by 2020. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-04/06/content_24320855.htm.

27. В Китае открыли крупнейшую фотоэлектрическую станцию для зарядки электрокаров. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2017/1117/c31518-9294147.html>.

28. World's 1st photovoltaic expressway takes shape in China. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/01/content_50080079.htm.

29. Xing Yi (China Daily). Road of future paved with solar panels. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-12/22/content_35356391.htm.

30. «Умную» суперавтостраду построят на востоке Китая». URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/0124/c31518-9419012.html>.



Исследование влияния природного газа на характеристики процесса сгорания и жаропрочность поршневых алюминиевых сплавов дизеля Д-245.7

Р.А. Лиханов, профессор, заведующий кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, д.т.н.,

М.Л. Скрябин, доцент кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов ФГБОУ ВО Вятская ГСХА, к.т.н.

В статье рассмотрена возможность применения природного газа в качестве моторного топлива для автотракторных дизелей, исследованы показатели процесса сгорания. Также рассмотрено влияние повышенной температуры, давления и жесткости рабочего процесса на жаропрочность поршневых алюминиевых сплавов. Приведены исследования химического состава и микроструктуры днища поршня после снятия комплекса регулировочных, нагрузочных и скоростных характеристик.

Ключевые слова:

природный газ, показатели процесса сгорания, микроструктура поршневых алюминиевых сплавов.

Возможность использования природного газа (ПГ) в качестве топлива для автотракторных дизелей обуславливается в первую очередь тем, что в условиях дефицита дизельного топлива (ДТ) природный газ может быть получен из любого органического сырья, а также из пищевых и сельскохозяйственных отходов. В научно-исследовательской лаборатории Вятской ГСХА на кафедре двигателей внутреннего сгорания были проведены исследования влияния применения природного газа на эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с турбонаддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха (Д-245.7). Для определения показателей процесса сгорания проводилось индицирование на различных установочных углах опережения впрыскивания топлива (УОВТ) с одновременным снятием скоростных и нагрузочных характеристик [1].

Кроме того, для изучения влияния на поршень повышенных температур и давлений в камере сгорания дизеля был определен химический состав днища до и после снятия всех регулировочных и нагрузочных и скоростных характеристик, а также проведены микроструктурные исследования поверхности.

В настоящее время поршневая группа современных дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) испытывает нагрузки, близкие к максимально допустимым. А если для питания двигателя используются альтернативные топлива, то температура и давление в камере сгорания увеличиваются на 15...20 %,

что приводит к росту термической напряженности деталей всей цилиндропоршневой группы [2, 3]. На рис. 1а представлено влияние применения ПГ на показатели процесса сгорания дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха (ПОНВ) при различных установочных УОВТ на режиме номинальной мощности ($n=2400 \text{ мин}^{-1}$) [1].

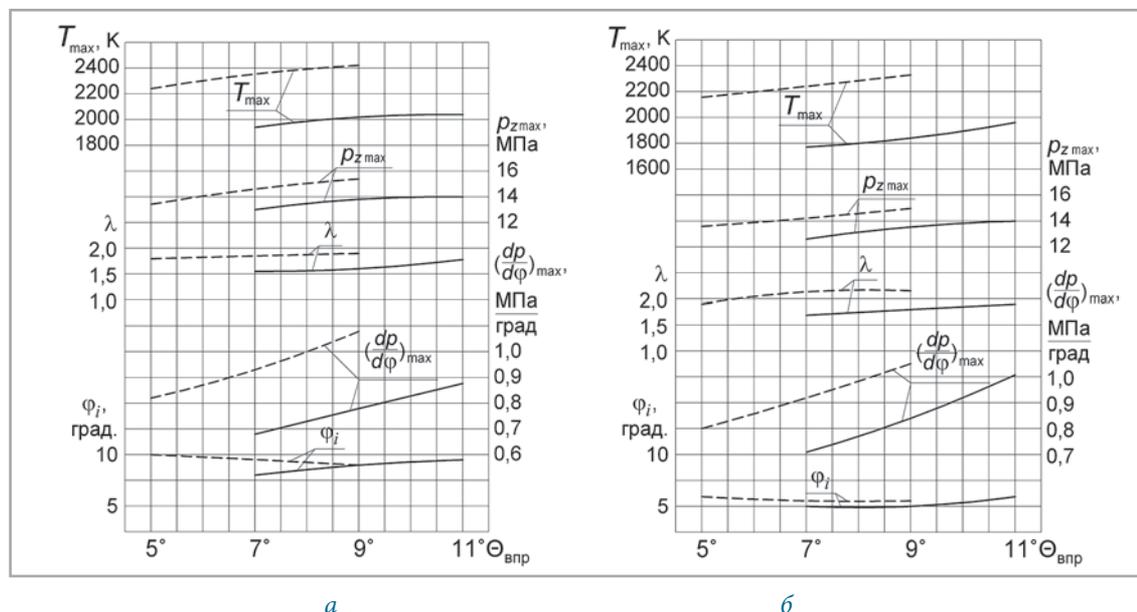


Рис. 1. Влияние применения ПГ на показатели процесса сгорания дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ в зависимости от установочного УОВТ:

a – $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, $p_c = 0,947 \text{ МПа}$; *б* – $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_c = 1,036 \text{ МПа}$;

— – дизельный процесс; - - - - газодизельный процесс

Анализируя графики изменения показателей процесса сгорания при работе на ДТ, можно отметить следующее. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре дизеля T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 2020 К. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр д}} = 7^\circ$ температура T_{max} уменьшается до 1940 К, то есть на 80 К, или 4,0 %. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр д}} = 11^\circ$ температура T_{max} увеличивается до 2040 К, то есть на 20 К, или на 1,0 %. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 13,8 МПа. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° давление $p_{z \text{ max}}$ уменьшается до 13,0 МПа, то есть на 0,8 МПа, или 5,8 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° давление $p_{z \text{ max}}$ увеличивается до 14,0 МПа, то есть на 0,2 МПа, или 1,4 %. Степень повышения давления λ при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 1,60. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° значение λ уменьшается до 1,55, то есть на 3,1 %.

При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° значение λ увеличивается до 1,78, то есть на 11,3 %. Жесткость процесса сгорания $(dp/d\phi)_{\text{max}}$ при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 0,78 МПа/град. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° значение $(dp/d\phi)_{\text{max}}$ уменьшается до 0,68 МПа/град, то есть на 12,8 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° значение $(dp/d\phi)_{\text{max}}$ увеличивается до 0,88 МПа/град, то есть на 12,8 %. Значение угла ϕ_i , соответствующего периоду задержки воспламенения (ПЗВ), при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет $\phi_i = 9,0$ °ПКВ. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° угол ϕ_i уменьшается до 8,0 °ПКВ, то есть на 1,0 °ПКВ. При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° угол ϕ_i увеличивается до 9,5 °ПКВ, то есть на 0,5 °ПКВ.

Анализируя графики изменения показателей процесса сгорания дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на ПГ можно отметить, что основные

зависимости сохраняются. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре T_{\max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 2350 К. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр гд}} = 5^\circ$ температура T_{\max} уменьшается до 2240 К, то есть на 110 К, или 4,7 %. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр гд}} = 9^\circ$ температура T_{\max} увеличивается до 2420 К, то есть на 70 К, или 3,0 %. Максимальное давление сгорания $p_{z \max}$ при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 14,6 МПа. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° давление $p_{z \max}$ уменьшается до 13,4 МПа, то есть на 1,2 МПа, или 8,2 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° давление $p_{z \max}$ увеличивается до 15,4 МПа, то есть на 0,8 МПа, или 5,5 %. Степень повышения давления λ при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 1,85. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° значение λ уменьшается до 1,78, то есть на 3,8 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° значение λ увеличивается до 1,92, то есть на 3,8 %. Значение $(dp/d\varphi)_{\max}$ при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 0,93 МПа/град. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° значение $(dp/d\varphi)_{\max}$ уменьшается до 0,82 МПа/град, то есть на 11,8 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° значение $(dp/d\varphi)_{\max}$ увеличивается до 1,08 МПа/град, то есть на 16,1 %, и превышает значение $(dp/d\varphi)_{\max} = 1,0$ МПа/град, установленное заводом-изготовителем как максимально допустимое для данного дизеля. Значение угла φ_i , соответствующего ПЗВ, при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет $\varphi_i = 9,5$ °ПКВ. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° угол φ_i увеличивается до 10,0 °ПКВ, то есть на 0,5 °ПКВ. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° угол φ_i уменьшается до 9,0 °ПКВ, то есть на 0,5 °ПКВ.

Сравнивая графики работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ на ДТ и ПГ можно отметить, что значения показателей процесса сгорания при работе на ПГ увеличиваются по сравнению с работой на ДТ. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре T_{\max} при работе на ПГ существенно больше, чем при работе на ДТ. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ с переходом на ПГ температура T_{\max} увеличивается с 1940 до 2350 К, то есть на 410 К или 21,1 %. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ с переходом на ПГ температура T_{\max} увеличивается с 2020 до 2420 К, то есть на 400 К или 19,8 %. Максимальное давление сгорания $p_{z \max}$ при работе на ПГ больше. При $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ давление $p_{z \max}$ увеличивается с 13,0 до 14,6 МПа, то есть на 1,6 МПа, или 12,3 %.

При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ давление $p_{z \max}$ увеличивается с 13,8 до 15,4 МПа, то есть на 1,6 МПа, или 11,6 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ степень повышения давления λ при переходе на ПГ увеличивается с 1,55 до 1,85, или на 19,4 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ значение λ увеличивается с 1,60 до 1,92, или на 20,0 %. Значение $(dp/d\varphi)_{\max}$ при работе на ПГ значительно больше, чем при работе на ДТ. При $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ значение $(dp/d\varphi)_{\max}$ увеличивается с 0,68 до 0,93 МПа/град, то есть на 36,8 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ значение $(dp/d\varphi)_{\max}$ увеличивается с 0,78 до 1,08 МПа/град, то есть на 38,5 %. Значение угла φ_i при $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ увеличивается с 8,0 до 9,5 °ПКВ, или на 1,5 °ПКВ. При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ углы φ_i при работе дизеля на ПГ и на ДТ равны и составляют 9,0 °ПКВ.

На рис. 16 представлено влияние применения ПГ на показатели процесса сгорания дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при различных установочных УОВТ на режиме максимального крутящего момента ($n = 1700 \text{ мин}^{-1}$) [1, 4].

При анализе графиков работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на ДТ можно отметить следующее. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре дизеля T_{\max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 1840 К. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр д}} = 7^\circ$ температура T_{\max} снижается до 1770 К, то есть на 70 К, или 3,8 %. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр д}} = 11^\circ$ температура T_{\max} повышается до 1960 К, то есть на 120 К или 6,5 %. Максимальное давление сгорания $p_{z \max}$ при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 13,5 МПа. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° давление $p_{z \max}$ снижается до 12,6 МПа, то есть на 0,9 МПа или 6,7 %.

При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° давление $p_{z \text{ max}}$ повышается до 14,0 МПа, то есть на 0,5 МПа, или 3,7 %. Степень увеличения давления λ при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 1,80. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° значение λ снижается до 1,68, то есть на 6,7 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° значение λ растет до 1,90, или на 5,6 %. Значение $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет 0,94 МПа/град. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° значение $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ снижается до 0,81 МПа/град, то есть на 13,8 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° показатель $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ повышается до 1,11 МПа/град, то есть на 18,1 %. Значение угла φ_i при $\Theta_{\text{впр д}} = 9^\circ$ составляет $5,0^\circ$ ПКВ. При уменьшении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 7° угол φ_i не изменяется и составляет $5,0^\circ$ ПКВ. При увеличении $\Theta_{\text{впр д}}$ до 11° угол φ_i растет до $6,0^\circ$ ПКВ, или на $1,0^\circ$ ПКВ.

Анализируя графики работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на ПГ, можно отметить, что основные зависимости изменения показателей сохраняются. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре T_{max} при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 2240 К. При уменьшении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр гд}} = 5^\circ$ температура T_{max} снижается до 2150 К, то есть на 90 К, или 4,0 %. При увеличении установочного УОВТ до $\Theta_{\text{впр гд}} = 9^\circ$ температура T_{max} повышается до 2320 К, то есть на 80 К, или 3,6 %. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 14,2 МПа. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° давление $p_{z \text{ max}}$ снижается до 13,6 МПа, то есть на 0,6 МПа или 4,2 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° давление $p_{z \text{ max}}$ повышается до 15,0 МПа, то есть на 0,8 МПа, или 5,6 %. Степень повышения давления λ при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 2,15. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° значение λ снижается до 1,90, то есть на 11,6 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° значение λ уменьшается до 2,13, то есть на 0,9 %. Значение $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет 1,02 МПа/град. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ снижается до 0,90 МПа/град, то есть на 11,8 %. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ растет до 1,15 МПа/град, или на 12,7 %, и превышает значение 1,0 МПа/град, установленное заводом-изготовителем как максимально допустимое для данного дизеля. Значение угла φ_i при $\Theta_{\text{впр гд}} = 7^\circ$ составляет $5,5^\circ$ ПКВ. При уменьшении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 5° угол φ_i увеличивается до 6° ПКВ, то есть на $0,5^\circ$ ПКВ. При увеличении $\Theta_{\text{впр гд}}$ до 9° угол φ_i не изменяется и составляет $5,5^\circ$ ПКВ.

Сравнивая графики работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ на ДТ и на ПГ, можно отметить, что значения показателей процесса сгорания при работе на ПГ увеличиваются по сравнению с работой на ДТ. Максимальная осредненная температура газов в цилиндре T_{max} при работе на ПГ существенно больше, чем на ДТ. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ при переходе на ПГ температура T_{max} повышается с 1770 до 2240 К, то есть на 470 К, или 26,6 %. При установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ при переходе на ПГ температура T_{max} увеличивается с 1840 до 2320 К, то есть на 480 К, или 26,1 %. Максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ при работе на ПГ больше. При $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ давление $p_{z \text{ max}}$ увеличивается с 12,6 до 14,2 МПа, то есть на 1,6 МПа, или 12,7 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ давление $p_{z \text{ max}}$ увеличивается с 13,5 до 15,0 МПа, то есть на 1,5 МПа, или 11,1 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ степень повышения давления λ при переходе на ПГ увеличивается с 1,68 до 2,15, или на 28,0 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ значение λ растет с 1,80 до 2,13, или на 18,3 %. Значение $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ при работе на ПГ значительно больше, чем при работе на ДТ. При $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ при переходе на ПГ оно увеличивается с 0,81 до 1,02 МПа/град, то есть на 25,9 %. При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ значение $(dp/d\varphi)_{\text{max}}$ повышается с 0,94 до 1,15 МПа/град, то есть на 22,3 %. Значение угла φ_i при $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ увеличивается с $5,0^\circ$ до $5,5^\circ$ ПКВ, или на $0,5^\circ$ ПКВ. При $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ угол φ_i увеличивается также с $5,0^\circ$ до $5,5^\circ$ ПКВ, или на $0,5^\circ$ ПКВ.

Анализируя полученные показатели, можно отметить повышение теплонпряженности поршневой группы на всех углах опережения впрыскивания топлива [5-8].

Для выявления степени выгорания и окисления легирующих элементов поршневого сплава после проведенного цикла исследований и соответствия его ГОСТ был определен химический состав поршневой группы на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-720P/800P, предназначенном для быстрого неразрушающего определения качественного и количественного элементного состава твердых и жидких образцов. Его принцип действия основан на возбуждении флуоресцентного излучения атомов исследуемого вещества излучением маломощной рентгеновской трубки. Использование данного оборудования позволило выявить содержание компонентов до тысячных долей процента и провести комплексный анализ элементарного состава сплава.

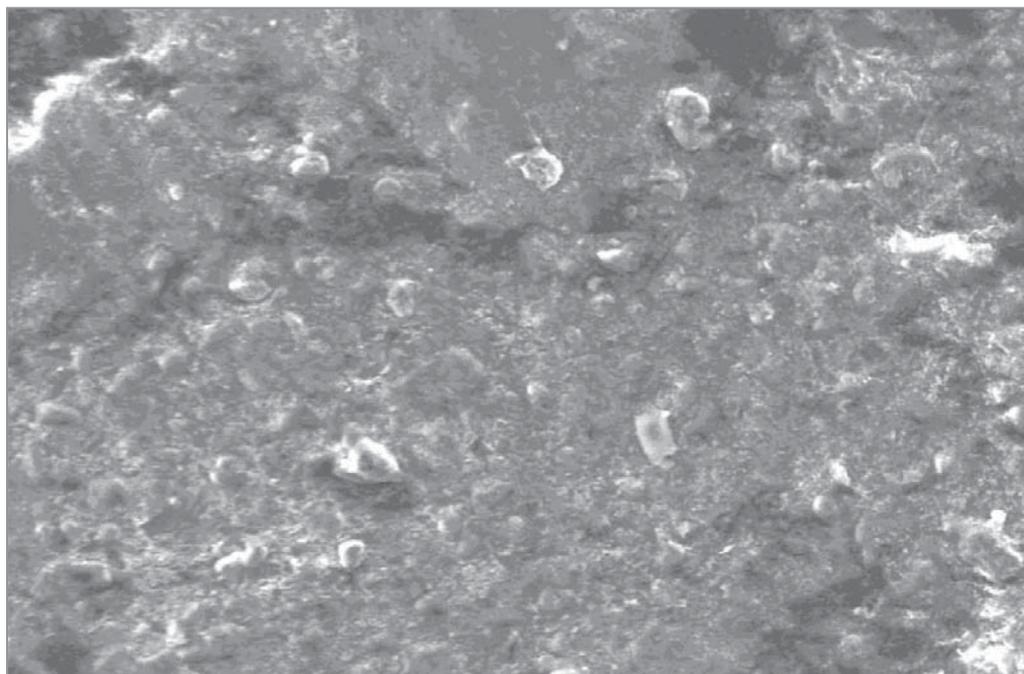
Полученный количественный результат анализа поршневого алюминиевого сплава дизеля (рис. 2) показал, что поршни после снятия цикла регулировочных, скоростных и нагрузочных характеристик полностью соответствуют по химическому составу сплаву АК4-1 (жаропрочные сплавы типа АК4-1 системы Al – Cu – Fe – Ni по химическому и фазовому составам весьма близки к дуралюминам, но вместо марганца в качестве легирующих элементов содержат железо и никель). На поверхности поршня отсутствуют какие-либо углеродные включения и оксиды легирующих элементов.

Образец : Алюминий						
Оператор: Скрябин М.Л.						
Комментарий : Metal, Vac, 2chan						
Группа : easy-Vac-Metal						
Дата : 2017-02-09 18:31:37						
Количественный результат						
Аналит	Результат	Ст. Откл.	Спос. Расч.	Линия Инт.	(имп.-в-сек/мкА)	
Al	93.124 %	(0.134)	Кол-FP	AlKa	54.5834	
Cu	2.130 %	(0.010)	Кол-FP	CuKa	16.7556	
Mg	1.634 %	(0.024)	Кол-FP	MgKa	0.5187	
Si	1.350 %	(0.005)	Кол-FP	FeLb1	28.7617	
Ni	0.939 %	(0.004)	Кол-FP	NiKa	34.1022	
Fe	0.953 %	(0.005)	Кол-FP	PbKa	11.1626	
Pb	0.212 %	(0.002)	Кол-FP	SiKa	14.6344	
Zn	0.193 %	(0.005)	Кол-FP	ZnKa	0.3082	
Mn	0.187 %	(0.006)	Кол-FP	MnKa	0.2665	
Cr	0.149 %	(0.011)	Кол-FP	CrLa	2.2282	
Ti	0.080 %	(0.001)	Кол-FP	TiKa	3.8421	
Ni	0.025 %	(0.001)	Кол-FP	NiKa	0.7671	
W	0.024 %	(0.004)	Кол-FP	WLa	0.4939	

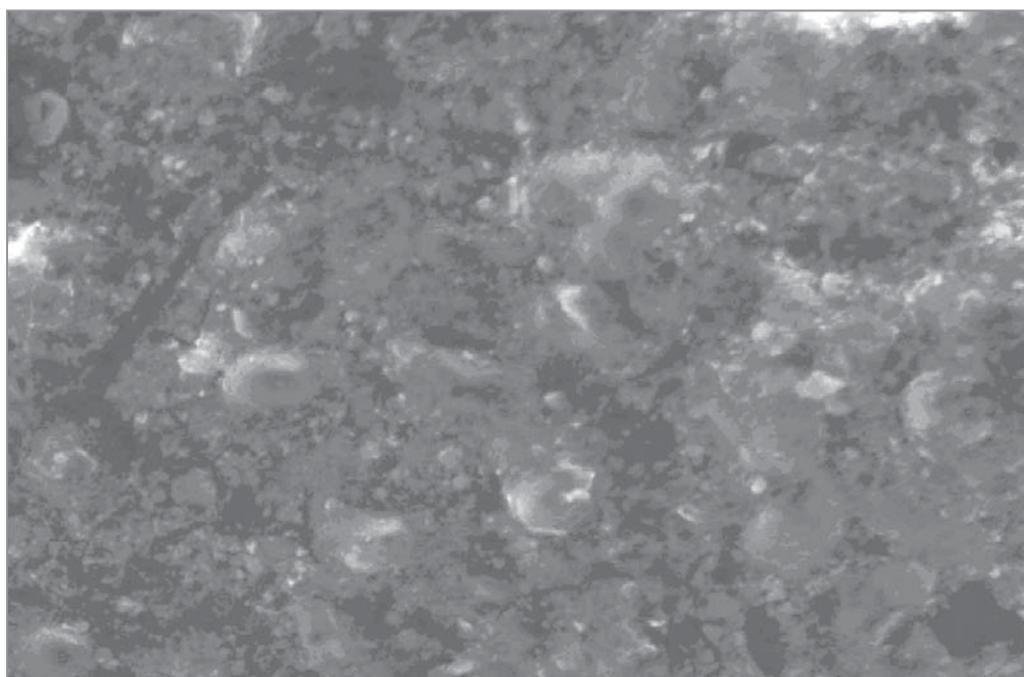
Рис. 2. Количественный результат анализа поршневого алюминиевого сплава дизеля на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX-720P/800P

Микроструктурное исследование поверхности после микродугового оксидирования (МДО) проводилось с использованием растрового микроскопа РЭМ-103-01. Морфологические особенности поршневого алюминиевого сплава после МДО приведены на рис. 3.

На рисунке видно, что поверхность днища поршня достаточно однородна, но обладает незначительной шероховатостью. В целом такая структура поверхности днища поршня характерна для большинства алюминиевых сплавов данной системы. Присутствие легирующих элементов существенно повышает жаропрочность



а



б

Рис. 3. Морфологические особенности поршневого алюминиевого сплава после МДО при увеличениях на 190 (*а*) и на 560 (*б*)

поршневого сплава, что в целом приводит к снижению теплонапряженности поршневых групп дизельных двигателей [9, 10]. Негативного влияния природного газа в качестве моторного топлива при повышении температуры, давления и жесткости рабочего процесса в камере сгорания на поршневую группу дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ не выявлено.

1. Лиханов В.А., Лопатин О.П., Скрябин М.Л. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением надувочного воздуха при работе на природном газе: монография. – Киров: Вятская ГСХА, 2008. – 146 с.

2. Скрябин М.Л. Особенности выбора современных материалов для поршневой группы при работе дизеля на альтернативных видах топлива // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания. Материалы IX Международной научно-практической конференции «Наука–Технология–Ресурсосбережение»: Сборник научных трудов. – Киров: Вятская ГСХА, 2016. – Вып. 13. – С. 279-285.

3. Скрябин М.Л., Смехова И.Н. Особенности физико-геометрической модели образования пористых структур оксидных пленок при микродуговом оксидировании поршневых алюминиевых сплавов // Информационно-технологический вестник. – 2017. – № 4 (14). – С. 200-207.

4. Лиханов В.А., Гребнев А.В., Скрябин М.Л., Торопов А.Е. Исследование возможности применения альтернативных топлив в дизелях 4Ч 11,0/12,5 и 4ЧН 11,0/12,5 и их влияние на показатели процесса сгорания и токсичность отработавших газов // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 11. – С. 34-39.

5. Лиханов В.А., Гребнев А.В., Скрябин М.Л., Торопов А.Е. Регулируемые характеристики дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – № 11. – С. 3-9.

6. Лиханов В.А., Гребнев А.В., Скрябин М.Л., Торопов А.Е. Скоростные характеристики автомобильного дизеля при работе на природном газе // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2017. – № 4 (34). – С. 39-45.

7. Лиханов В.А., Гребнев А.В., Скрябин М.Л., Торопов А.Е. Исследование влияния метанола-топливной эмульсии в дизеле 4Ч 11/12,5 и природного газа в дизеле 4ЧН 11,0/12,5 на показатели процесса сгорания, объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в зависимости от нагрузки // Транспорт на альтернативном топливе. – 2018. – № 1. – С. 22-27.

8. Лиханов В.А., Гребнев А.В., Скрябин М.Л., Торопов А.Е. Исследование возможности применения альтернативных топлив в дизелях 4Ч 11,0/12,5 и 4ЧН 11,0/12,5 и их влияние на показатели процесса сгорания и токсичность отработавших газов // Строительные и дорожные машины. – 2017. – № 11. – С. 34-39.

9. Смехова И.Н., Скрябин М.Л. Этапы формирования пористых структур при микродуговом оксидировании поршневых алюминиевых сплавов // Ползуновский вестник. – 2017. – № 4. – С. 192-196.

10. Лиханов В.А., Гребнев А.В., Скрябин М.Л., Смехова И.Н. Повышение жаропрочности поршневых алюминиевых сплавов дизельных двигателей // Строительные и дорожные машины. – 2018. – № 2. – С. 41-46.

Система управления турбоэлектрокомпрессором гибридного автомобиля

Е.М. Овсянников, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения (ФГБОУ) высшего образования «Московский политехнический университет», д.т.н.,

Т.М. Гайтова, профессор ФГБОУ высшего образования «Московский политехнический университет», д.т.н.,

С.А. Корюшкин, аспирант ФГБОУ высшего образования «Московский политехнический университет»,

А.П. Фомин, доцент ФГБОУ высшего образования «Московский политехнический университет», к.т.н.

В статье описываются обратимая электрическая машина в составе турбоэлектрокомпрессора гибридного автомобиля и задачи, которые она выполняет, приводится электрическая схема управления обратимой электрической машиной турбоэлектрокомпрессора.

Избыточная механическая энергия, поступающая в турбоэлектрокомпрессор, преобразуется посредством обратимой электрической машины в электрическую энергию для питания тягового электропривода и зарядки аккумуляторной батареи или производства водорода. При недостаточной механической мощности турбины обратимая электрическая машина подкручивает общий вал турбоэлектрокомпрессора.

Ключевые слова:

турбоэлектрокомпрессор, обратимая электрическая машина, векторное управление, широтно-импульсная модуляция.

Все большее развитие гибридных автотранспортных средств (АТС) ставит перед их разработчиками задачу создания различных методов рекуперации энергии на борту АТС. Одним из способов пополнения энергии на борту АТС является использование энергии выхлопных газов посредством применения турбокомпрессоров.

В настоящее время мировые разработчики и производители турбокомпрессоров пошли по пути гибридизации агрегатов наддува. Этот вопрос важен и актуален ввиду борьбы за экологическую безопасность автотранспортных средств и, как следствие, все большую их электрификацию. Одним из способов полезной утилизации избыточной энергии турбокомпрессоров является создание турбоэлектрокомпрессоров (ТЭК) [1, 2]. На рис. 1 показана схема ТЭК.

Сердцем данного агрегата является обратимая электрическая машина (ОЭМ), представляющая собой синхронную электрическую машину на основе постоянных магнитов. ОЭМ работает в двух режимах:

- режим генератора, когда турбина раскручивает ротор ОЭМ, и та в свою очередь направляет полученную электрическую энергию в тяговую аккумуляторную

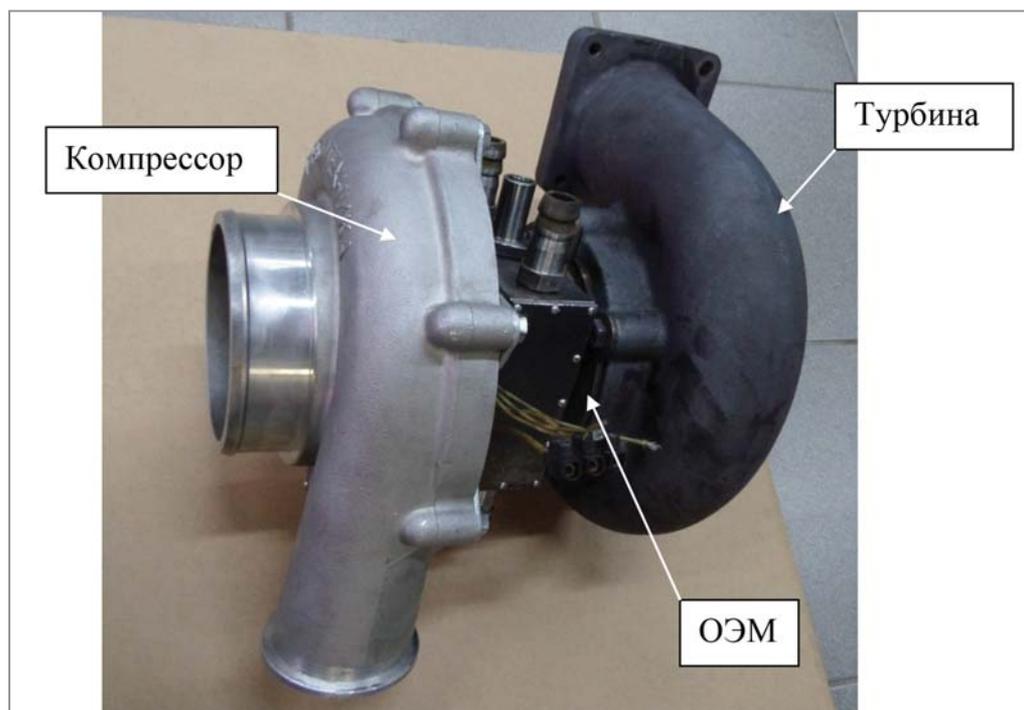


Рис. 1. Турбоэлектрокомпрессор

батарею (ТАБ) или в систему производства водородного топлива на борту автомобиля [3, 4].

- двигательный режим, подкручивающий колесо компрессора, когда кинетической энергии отработавших газов недостаточно, чтобы раскрутить колесо турбины до необходимой скорости [1, 2].

Характеристики ОЭМ [3]:

Номинальная мощность в режиме генератора (двигателя), кВт.....	10
Номинальные обороты ротора, мин ⁻¹	70 000
Максимальные обороты ротора, мин ⁻¹	100 000
Число фаз.....	3
Число полюсов.....	2
Номинальное напряжение, В.....	110
Момент трогания, Нм.....	0,1
Коэффициент полезного действия, не менее [2].....	0,9

Систему управления ОЭМ разрабатываем в соответствии с задачами, которые она должна выполнять. Так как датчик положения ротора на высоких оборотах будет иметь высокую погрешность и не всегда его возможно сделать конструктивно, мы воспользуемся бездатчиковой системой управления.

Данная задача по управлению электродвигателем также разбивается на несколько этапов:

- бездатчиковое определение начального положения;
- разгон скалярным методом (частотный);
- векторное управление на высоких оборотах.

Ввиду того, что во время пуска двигателя внутреннего сгорания ротор

синхронной электрической машины в начальный момент находится в неподвижном состоянии, он не создает обратной ЭДС, позволяющей определить его положение, поэтому все методы выявления начального положения ротора используют специальный тестовый сигнал, который подается на статор машины совместно со специальным алгоритмом анализа отклика на него. Вследствие этого используем метод импульсов тока, который основан на исследовании изменения индуктивности катушек статора в зависимости от положения ротора. Он включает применение правильной последовательности импульсов напряжения, прикладываемых к катушкам статора, и измерение пикового значения полученных токов для оценки положения ротора [4, 5].

Далее проводим разгон частотным методом, а именно – поддерживая постоянным отношение напряжение/частота (В/Гц) во всем рабочем диапазоне скоростей, при этом контролируя только величину и частоту питающего напряжения. Так как двигатель работает в разных скоростных диапазонах, то с помощью скалярного метода мы осуществляем только разгон ОЭМ. Но в силу адекватности управления в динамике векторное управление, в отличие от скалярного, дает возможность строить высокочастотные и прецизионные электроприводы переменного тока, обеспечивающие наивысшую точность и скорость регулирования. Поэтому работу на высоких оборотах будем осуществлять именно с помощью векторного управления [6].

В итоге электрическая схема управления обратимой электрической машиной турбоэлектрокомпрессора примет вид, показанный на рис. 2.

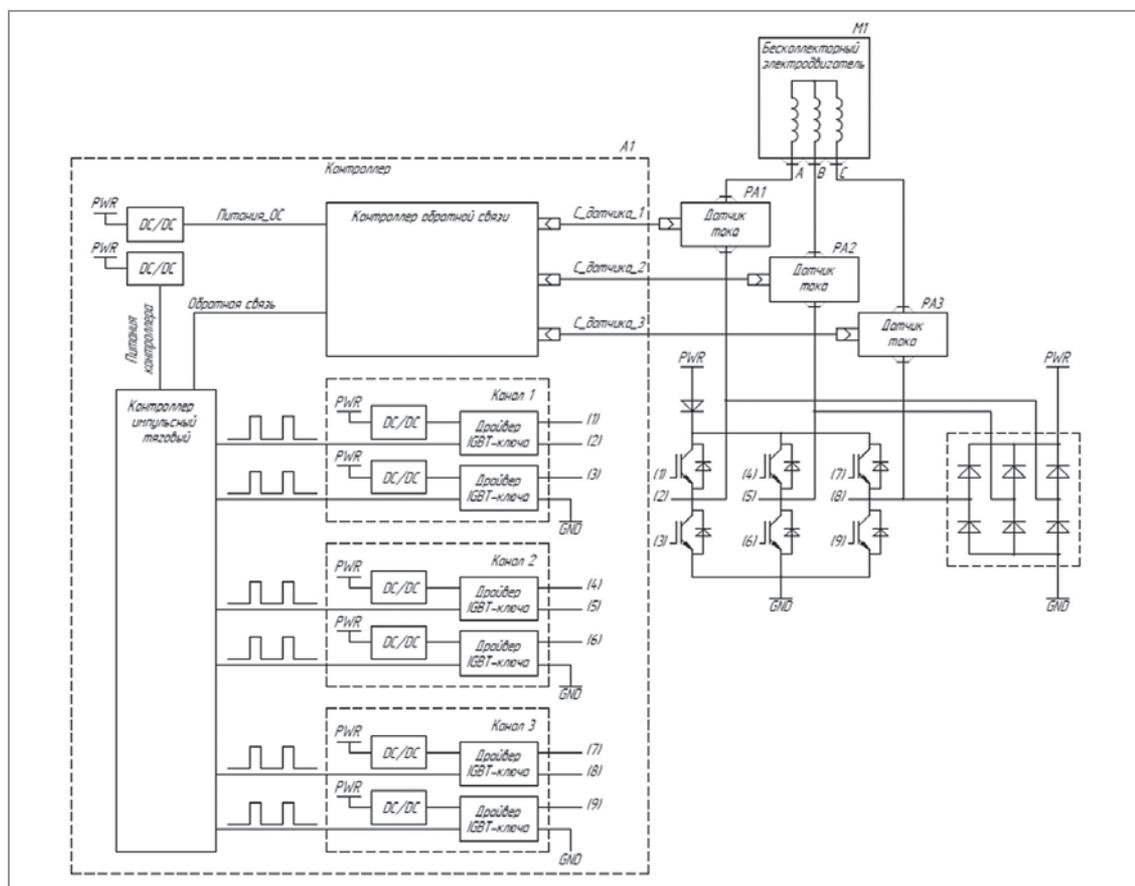


Рис. 2. Электрическая схема управления ОЭМ

Целевой нагрузкой векторного инвертора является ОЭМ – синхронная электрическая машина. Каскад из шести биполярных транзисторов с изолированным затвором (БТИЗ) под управлением контроллера $A1$ формирует на линиях A , B , C бесколлекторного электродвигателя $M1$ напряжение, близкое по форме к гармонической трехфазной сети с регулируемой частотой гармоник и амплитудой, равной напряжению питания системы (PWR).

Контроллер импульсный тяговый в составе контроллера $A1$ призван сформировать закон управления, а именно – по данным обратной связи по току и математической модели двигателя $M1$ обеспечить соответствующее время (период) выполнения алгоритма инвертора, что эквивалентно поддержанию определенной частоты вращения вектора магнитного поля.

Так как верхние и нижние БТИЗ в каскаде имеют непосредственную гальваническую связь между собой, а открытие БТИЗ в ключевом режиме происходит при определенном диапазоне разностей потенциалов между эмиттером и затвором каждого БТИЗ (от 6 до 20 В), то в составе контроллера $A1$ на каждый канал (пара БТИЗ на каждую фазу двигателя) стоит гальванически развязанный (оптическая развязка) от импульсного тягового контроллера быстрый ключ (драйвер), имеющий питание «эфирной» части от гальванически развязанного от PWR источника питания (DC/DC).

На каждую фазу двигателя $M1$ устанавливается датчик тока на эффекте Холла с аналоговым выходом. Мгновенные значения тока в фазах двигателя необходимы для формирования закона управления в соответствии с математической моделью. С целью снижения негативного влияния силовой импульсной схемы и аналогового преобразователя, контроллер импульсный тяговый и контроллер обратной связи из состава блока контроллера $A1$ выполнены на физически разных устройствах и имеют гальванически развязанное питание (в том числе общий провод).

Энергия для работы электродвигателя поступает от источника питания, напряжением PWR. При разгоне от внешних сил и при достижении определенной скорости вращения ротора электродвигатель переходит в режим генератора. Система управления снимает управляющее воздействие с каскада БТИЗ, и фазное напряжение поступает на трехфазный выпрямительный диодный мост. Выпрямленное нестабилизированное напряжение поступает на стабилизатор (фильтр нижних частот – на схеме не указан) и используется для рекуперации энергии источника напряжения (аккумулятор).

До выхода электродвигателя в режим генератора фазное напряжение с инвертора (каскад БТИЗ) также поступает на диодный мост. Однако в этом режиме амплитуда выпрямленного нестабилизированного напряжения на выходе диодного моста строго меньше напряжения питания инвертора (PWR), и рекуперация энергии на источнике напряжения (аккумулятор) не происходит. Ток саморазряда аккумулятора через диодный мост отсутствует, так как направление саморазряда проходит через диоды в запертое направление.

Широтно-импульсный модулятор (ШИМ) реализуется с помощью трехфазного мостового инвертора. Благодаря данной схеме вход любой из статорных обмоток двигателя $M1$ можно подключить к отрицательному или положительному полюсу звена постоянного тока (U_d). Пусть $T_{\text{ШИМ}}$ – период модуляции, внутри него формируются две длительности:

t_+ – время подключения фазной статорной обмотки к $+U_d$;

t_- – время подключения фазной статорной обмотки к $-U_d$.

Меняя t_+ и t_- в каждой фазе, можно изменять среднее напряжение, прикладываемое к обмоткам. То есть с помощью ШИМ возможно формирование трехфазной системы статорных токов и средних напряжений различной частоты и амплитуды [7].

Литература

1. Каминский В.Н., Лазарев А.В., Каминский Р.В., Сибиряков С.В. Турбоэлектромотор: возможности, конструкция и перспективы // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012. – № 2 (14). – Т. 1.
2. Патент РФ № 96182 «Турбоэлектромотор».
3. Овсянников Е.М., Ключкин П.Н., Акимов А.В. Производство водорода с помощью систем рекуперации энергии на борту транспортного средства // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2015. – № 4. – С. 24-28.
4. Овсянников Е.М., Ключкин П.Н., Гайтова Т.Б. Использование водорода в автомобильном транспорте // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2016. – № 3. – С. 16-18.
5. Овсянников Е.М., Гайтова Т.Б., Ключкин П.Н., Полякова В.Н. Устройство для производства и добавления водорода в топливовоздушную смесь двигателей внутреннего сгорания // Транспорт на альтернативном топливе. – 2016. – № 6 (54). – С. 28-32.
6. Овсянников Е.М., Гайтова Т.Б., Полякова В.Н. Оптимальные законы управления тяговыми асинхронными электродвигателями // Электро. – 2014. – № 6. – С. 28-31.
7. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика). – М: ЭФО, 2013. – 72 с.

28 июня 2018 г.

**состоится Общее годовое собрание членов Ассоциации организаций
в области газомоторного топлива
«Национальная газомоторная ассоциация» (АОГМТ «НГА»).**

**Собрание пройдет в конференц-центре (блок Е, ауд. 202)
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»
(Московская обл., Ленинский р-н,
сельское поселение Развилковское, п. Развилка,
пр-д Проектируемый П5537, вл. 15, стр. 1)**

Природный газ потеснил бензин и дизельное топливо

64

Реализация программы внедрения в РФ газомоторного топлива (ГМТ) на коммерческом транспорте показала свою результативность. Эксперты не видят серьезных угроз для развития этого сегмента. Рынок вполне жизнеспособен и будет развиваться, так как в этом заинтересованы все участники: предприятия, применяющие технику, государство, производители транспортных средств и поставщики газа.

Активное внедрение ГМТ на коммерческом транспорте наблюдается уже около четырех лет, не стал исключением и минувший год. По данным Минэнерго, объем реализации природного газа как моторного топлива в прошлом году вырос на 12 % и достиг 600 млн кубометров. Этому способствуют, с одной стороны, экономические преимущества от использования природного газа, так как он дешевле, чем бензин и дизель. С другой стороны, развитие рынка стимулируют меры господдержки. Уже не первый год действует ряд региональных госпрограмм по внедрению ГМТ на коммерческом транспорте. Ежегодно правительство РФ оказывает компаниям поддержку из федерального бюджета. Только в 2017 году на закупку техники для ЖКХ и автобусов было выделено почти 5 млрд рублей субсидий, благодаря чему компании приобрели около 3,5 тысячи транспортных средств. В 2016 году объем реализованного природного газа в качестве моторного топлива составлял 535 млн кубометров. На закупки газомоторной техники из федерального бюджета выделялось чуть более 2,8 млрд рублей субсидий. С их использованием было реализовано около 1,5 тысячи ТС.



«Рост показателей очевиден и, на наш взгляд, сделан существенный шаг вперед», – констатирует операционный директор «Исузу Рус» Игорь Давыдов. Эксперты уверены, что сегмент газомоторного топлива в коммерческом транспорте ждет стабильное развитие благодаря таким преимуществам, как бюджетная стоимость по сравнению с электрической и гибридной техникой, а также доступность

и простота технологий, отсутствие ограничений по работе в различных климатических условиях.

Поскольку ужесточение конкуренции в транспортной сфере и повышение цен на дизтопливо сокращают маржинальность перевозчиков, то, по словам руководителя направления продаж техники на газомоторном топливе «Скания-Русь» Ивана Папазова, переход на ГМТ позволит сохранить прибыльность на приемлемом уровне. Поэтому можно ожидать дальнейшего увеличения доли газомоторной техники. «Здесь основным фактором заинтересованности является экономическая выгода. Доля расходов на топливо в структуре эксплуатационных затрат коммерческого транспорта достигает 30 %, а переход на газомоторное топливо способен наполовину снизить эти расходы и соответственно увеличить прибыльность перевозчика», – отмечает Иван Папазов.

В 2017 году на закупку газовой техники для ЖКХ и автобусов было выделено почти 5 млрд рублей.

В 2017 году были внесены изменения в правила предоставления федеральных субсидий на производство автомобилей, работающих на газовом топливе. В перечень субсидируемых было включено производство легковых автомобилей с размером субсидии 280 тыс. рублей на одно транспортное средство. Такая мера позволит снизить цену на газомоторные легковушки и увеличить их привлекательность для населения.



В 2016-2017 гг. на российском рынке были представлены новые модели отечественных автомобилей на КПГ. Среди них – Газон Next CNG и Lada Vesta CNG. По словам заместителя начальника Управления по ТЭК Аналитического центра при правительстве РФ Александра Амираяна, перспективы роста потребления ГМТ в России зависят от нескольких основных факторов – развития заправочной инфраструктуры (АГНКС), снижения стоимости газовых автомобилей, наличия качественного и доступного сервиса автомобилей на КПГ. «Необходимо обеспечить приемлемый уровень развития по этим направлениям, чтобы обеспечить экономическую эффективность перехода с бензина и дизтоплива на ГМТ.

Сейчас есть случаи, когда при разнице в цене между КПП и дизтопливом в 3 раза владельцам автопарков невыгодно переходить на газовое топливо из-за наличия большого количества затрат при таком переходе (высокая стоимость новых автомобилей, отсутствие стимулов к экономии). В связи с этим необходимо стимулировать спрос на автомобили на ГМТ за счет различных финансовых инструментов», – считает представитель АЦ.

На трассе Москва – Санкт-Петербург холостой пробег для заправки газом достигает 80 км, что увеличивает затраты перевозчика.

Одним из важных стимулов более широкого использования ГМТ коммерческими организациями является доступность заправочной инфраструктуры. Сегодня ее развитием занимается преимущественно «Газпром», а также «Роснефть». Минэнерго России ожидает, что число АГНКС в стране вырастет до 700-750 единиц к 2020 году, то есть практически удвоится. Как отмечает операционный директор «Исузу Рус» Игорь Давыдов, до недавнего времени серьезным препятствием для развития было отсутствие инфраструктуры газозаправочных станций, но сейчас в этой области проведена большая работа, количество станций возросло и продолжает увеличиваться. «На наш взгляд, – считает он, – в области развития инфраструктуры газонаполнительных станций достигнуто значительное улучшение. Так, если в 2000 году, по данным Минэнерго, в России их было 174, то к началу 2018-го уже 354 объекта. Причем, если еще 4-5 лет назад количество новых станций, вводимых за год, исчислялось единицами, то в 2016 году появилось сразу 44 станции, в 2017-м – 36, в 2018-м должно открыться еще 67 объектов. Такая динамика, без сомнения, будет способствовать росту спроса на автомобили с газовыми двигателями».

600 млн кубометров природного газа использовано в прошлом году в качестве моторного топлива.

«И все же ускорить процесс строительства АГНКС можно было за счет привлечения частных инвесторов, однако низкий спрос на ГМТ делает эту сферу малопривлекательной. Несмотря на ускорение динамики в масштабах страны, проблема создания инфраструктуры заправочных станций решается достаточно медленно», – отмечает представитель «Скания-Русь» Иван Папазов. Главный вопрос здесь – это отсутствие АГНКС на первой линии транспортных коридоров, что неприемлемо для крупных транспортных компаний. К примеру, на трассе Москва – Санкт-Петербург холостой пробег для заправки в Твери и Великом Новгороде достигает 80 км, что увеличивает затраты перевозчика.

«При выборе автомобиля на КПП потребитель учитывает наличие заправочных станций и их плотность. При низкой плотности АГНКС существенно увеличиваются непроизводительные пробеги автомобилей, что снижает возможный выигрыш за счет разницы в цене на топливо. Также большое значение имеет наличие сервисных центров и цена комплектующих газобаллонного оборудования», – подчеркивает представитель АЦ Амирагян.

Еще одним фактором сдерживания служит развитие других видов альтернативного транспорта. По словам представителя Аналитического центра, сейчас на российском рынке практически не представлены электрокары в сегменте коммерческого транспорта, официально продается одна модель. Поэтому говорить

о конкуренции ГМТ и электричества пока не приходится. Коммерческий транспорт на ГМТ имеет явные преимущества перед электромобилями, которые заключаются в большем пробеге на одной заправке, а также более развитой сети заправок. Однако, если говорить об общественном транспорте, то электробусы в будущем могут выиграть конкуренцию у автобусов на ГМТ ввиду их большей экологичности и лояльного отношения со стороны населения. И все же, уверен представитель «Исузу Рус» Игорь Давыдов, пока на массовом рынке гораздо больше перспектив у автомобилей на ГМТ, поскольку один из главных недостатков электромобилей – высокая стоимость аккумуляторов. При этом менять их нужно достаточно часто (примерно через каждые 100-170 тыс. км пробега). Также снижает привлекательность электромобилей то обстоятельство, что на каждую подзарядку требуется по несколько часов.

По материалам <https://rg.ru/2018>

Владельцам авто на СПГ могут снизить налоги и плату за систему «Платон»

Представители отечественного ТЭК предлагают снизить транспортный налог и уменьшить тарифы за пользование системой «Платон» для владельцев автотранспорта на сжиженном природном газе (СПГ).

В рамках разработки программы мероприятий по поддержке транспорта, работающего на СПГ, компании «Роснефть» и «Новатэк» направили свои предложения в правительство, в которых, в частности, рекомендуется снизить ставку транспортного налога для транспорта, использующего этот вид топлива (в том числе по системе «Платон»). Такое предложение содержится в письме руководства «Роснефти» в правительство.

А представители «Новатэка» в дополнение к льготам по транспортному налогу предложили правительству «упростить процедуру регистрации в ГИБДД автотранспортных средств, использующих газ в качестве моторного топлива», и установить сниженные тарифы по системе «Платон». Размер снижения ставки налога и тарифов за пользование «Платоном» в письмах не уточняется.

Поручение правительству РФ разработать комплекс мероприятий по поддержке развития транспорта, работающего на сжиженном газе – городского и грузового, судов, тягового подвижного состава, карьерной и сельскохозяйственной техники, а также развития заправочной и сервисной инфраструктуры для обслуживания такой техники еще в декабре 2017 года дал президент Владимир Путин. Известно, что поступающие предложения сводятся в план – дорожную карту.

По мнению экспертов, российский рынок сжиженного природного газа, используемого в качестве моторного топлива, характеризуется сегодня как неразвитый. На сегодняшний день существует недостаточно объектов газозаправочной инфраструктуры, реализующих СПГ, общий объем реализации которых составил около 2 тыс. тонн СПГ в 2017 году. В 2018 году компании планируют ввести в эксплуатацию шесть объектов инфраструктуры СПГ. При этом ключевым вопросом



ее развития является обеспечение планируемых к строительству объектов потребителями, в том числе создание серийных отечественных образцов техники. В то время как транспорт на КПП (компримированный природный газ) выпускают практически все крупные отечественные производители, модели на СПГ имеются только у некоторых из них. Потому и число заправок КПП в десятки раз больше, чем заправок СПГ.

Общий автопарк составляет сегодня почти 50 млн единиц автотранспорта. При этом количество автомобилей на газе составляет около 150 тыс. Так что на этом фоне из-за отмены налога и снижения тарифа за «Платон» для машин на СПГ потери будут просто мизерными.

Отметим, что между КПП и СПГ, которые используются в качестве моторного топлива, существуют технологические различия. Компримированный природный газ – это сжатый газ, находящийся под давлением в 20 МПа. Сжиженный природный газ – это природный газ, который был охлажден до состояния криогенной жидкости. СПГ в три раза плотнее, чем КПП.

Независимый автоэксперт Тимур Хасанов сомневается в том, что предлагаемые меры (в случае их принятия) помогут переводу транспорта на СПГ.

– Речь, конечно, в первую очередь идет о коммерческом транспорте, потому что газ особенно выгоден на больших расстояниях, так как он дешевле бензина. Бизнес считает деньги. Но говорить о стимулирующем эффекте от предлагаемых мер, когда в стране отсутствует развитая инфраструктура газозаправочных станций, преждевременно, – сказал Тимур Хасанов.

С ним согласен промышленный эксперт Леонид Хазанов:

– Снизить налог для автомобилей на газе реально, необходимо лишь принять соответствующую поправку в Налоговый кодекс. Транспортный налог относится к категории региональных. Федеральный центр, устанавливая базовую ставку, дает регионам возможность для снижения конечных ставок. Что касается системы «Платон», то снижение тарифа для транспорта на СПГ также возможно. А вот упрощение процедуры регистрации могут не разрешить из соображений безопасности. Все-таки это газобаллонное оборудование, и для его эксплуатации необходимо соблюдение техники безопасности. Но для получения эффекта от стимулирующих мер нужна инфраструктура, необходим госзаказ, если говорить, например, о муниципальном коммерческом транспорте.

Отметим, что процесс регистрации газобаллонного оборудования (ГБО) в Госавтоинспекции включает в себя несколько этапов, каждый из которых требует сбора большого количества документов. Регулируются правила оформления ГБО техническим регламентом Таможенного союза.

В 2017 году Госдума отклонила в первом чтении пять законопроектов, предусматривающих отмену транспортного налога в РФ. Ранее в правительстве выступали против отмены транспортного налога для автомобилей (для любых авто, не только на СПГ или на КПП. – *Прим. ред.*). Аргумент – отмена транспортного налога может повлечь за собой сокращение доходов субъектов РФ, а также их дорожных фондов.

«Платон» – это государственная система взимания платы в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам общего пользования федерального значения транспортными средствами массой более 12 тонн. Минтранс рассчитывает, что сборы по системе «Платон» в 2018 году составят 23 млрд рублей, а в 2019-м – около 25 млрд рублей при текущем тарифе в 1,9 рубля за километр и его индексации в середине 2018 года на уровень инфляции. Об этом заявил министр транспорта РФ Максим Соколов на Российском инвестиционном форуме в Сочи. Министр добавил, что с момента запуска системы до начала 2018 года было собрано 42 млрд рублей.

<https://life.ru/t/экономика/1090802/>

1,3 миллиарда рублей на закупку газомоторных автобусов

На заводе «Волгабас» прошло заседание Рабочей группы по вопросам использования природного газа в качестве моторного топлива при Правительственной комиссии по вопросам ТЭК. В нем участвовали представители профильных министерств, компаний, руководители ряда регионов страны.

Заместитель директора Департамента переработки нефти и газа Министерства энергетики России Максим Лобанов на совещании сообщил, что на 1 января 2018 года на территории России насчитывается 354 объекта газозаправочной инфраструктуры.

«Фактический объем реализации КПП в 2017 году составил порядка 600 млн кубометров, что на 65 млн (+12 %) больше, чем в 2016 году. В соответствии с данными компаний, в 2018 году запланировано строительство и реконструкция 76 объектов газозаправочной инфраструктуры в 32 субъектах страны», – заявил Максим Лобанов.

По данным ГИБДД, на 1 января 2018 года на учете состоит порядка 212 тыс. автомобилей, имеющих возможность использовать компримированный природный газ в качестве моторного топлива. Их них 127 тыс. – легковые автомобили, 67 тыс. – грузовые и около 17 тыс. – газобаллонные автобусы.

Стратегия развития газомоторного транспорта была принята правительством России по поручению президента страны. Владимирская область стала одним





из первых регионов, который плотно включился в работу. Администрация региона сообщает, что на территории области эксплуатируется 339 различных транспортных средств, которые используют метан в качестве моторного топлива, в том числе 128 автобусов, а также 13,6 тыс. единиц техники на сжиженном углеводородном газе (СУГ). С 2013 года объем реализации газа увеличился на 8,19 млн кубометров (+390 %).

Из плюсов газомоторных автобусов представители транспортных компаний выделили то, что они себя зарекомендовали как надежная техника, которая использует топливо низкой стоимости и имеет повышенный уровень безопасности. Также обеспечивается рост срока службы моторного масла. Газовые автобусы, по мнению пользователей, имеют хорошие эксплуатационные характеристики в зимний период. Среди проблемных вопросов названы избыточные требования пожарной безопасности для хранения такой техники и недостаток газовых заправок.

Вице-губернатор Владимирской области Алексей Коньшев отметил, что в регионе сейчас решается вопрос строительства сети автозаправочных станций для подобной техники. В этом году одна из них появится во Владимире.

В областном центре из 235 автобусов, работающих на городских маршрутах, 96 используют метан в качестве моторного топлива. В регионе утверждена государственная программа «Развитие транспорта и рынка газомоторного топлива во Владимирской области на 2015-2020 годы», предусматривающая предоставление субсидий местным бюджетам на закупку автобусов, работающих на этом экологически чистом виде топлива. Общий объем средств, предусмотренных на ее реализацию, составляет 1,3 млрд рублей. Налажено тесное сотрудничество между ВлГУ и заводом «Волгабас», студентам предлагают как в университете, так и на предприятии отрабатывать новые идеи, способствующие развитию экологически чистого транспорта.

<http://molva33.ru/>

В США изменились нормы и правила

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

Агентство по охране окружающей среды США планирует ввести новые нормы выбросов парниковых газов транспортными средствами на 2022-2025 гг. Новые требования будут ниже действующих, которые в 2012 году установила администрация Барака Обамы. Сокращение автомобильных выбросов на 26-28 % к 2025 году было центральным элементом стратегии его правительства по выполнению требований Парижского экологического саммита.

Президент Дональд Трамп считает действующие требования несоответствующими реальной жизни и требующими пересмотра, поскольку в 2016 году автопроизводители не смогли выполнить требования правительства Обамы, и фактические выбросы на 9 граммов превысили нормативные.

Эксперты утверждают, что предложение по смягчению норм выбросов Трамп внес с подсказки Большой тройки американских автопроизводителей, которые озабочены повышением спроса на машины класса «кроссовер» и его снижением на машины меньших классов на фоне падения цен на нефть.

За требованием снизить выбросы парниковых газов стоит серьезная и дорогая работа, направленная на повышение топливной экономичности двигателей. Администрация Обамы потребовала, чтобы к 2025 году автопроизводители снизили средний расход топлива вдвое по сравнению с действовавшими тогда нормами: до 54,5 галлонов на милю (4,3 л/100 км). Это должно было сократить годовые выбросы парниковых газов на 6 млн т и потребление нефти на 12 млн баррелей.

Нынешние хозяин Белого дома и глава природоохранного ведомства Скотт Прюитт называют несколько предпосылок для снижения норм выбросов: падение цен на нефть, медленное развитие электротранспорта, рост продаж грузовиков, включая легкие (SUV), а также более высокие цены на автомобили с большой экономичностью. Критики упрекают Трампа в нефтяном реваншизме и иронизируют, что его команду возглавляет сам Мистер Ископаемое топливо (Mr. Fossil Fuel).

Администрация штата Калифорния, где действуют собственные жесткие экологические требования к автомобилям, высказывается против решения Трампа и намерена бороться за сохранения своего особого статуса. Администрация Трампа в лице министра Скотта Прюитта считает необходимым разобраться с тем, нужны ли Калифорнии собственные нормы выбросов.

В отношении Калифорнии автопроизводители выражают озабоченность тем, что в США отсутствуют единые для всех экологические стандарты, и опасаются, что Калифорния и еще 13 штатов могут принять нормы более жесткие, чем национальные экологические. Глава природоохранного ведомства Скотт Прюитт в частности заявил, что «кооперативный федерализм не означает, что один штат может диктовать стандарты всей остальной стране».

Не совсем последовательна позиция американского автопрома. Когда Дональд Трамп только въехал в Белый дом, автомобильные концерны просили его ослабить требования, принятые администрацией Обамы. Теперь же ряд

автомобильных компаний (например, Ford Motor Company, Honda) высказались в том духе, что они просили не снижения экологических требований, а повышения «гибкости» в выборе средств для их выполнения. Например, переход к гибридным и электрическим автомобилям. Только компания Ford в последнее время направила на эти цели 11 млрд долларов.

Также в США изменились правила расчета полной массы автомобилей, работающих на природном газе. 6 апреля 2018 года Федеральная администрация автомобильных дорог США приняла поправки к этим правилам. Изменения распространяются на колесные транспортные средства общей массой до 82 тыс. фунтов (37 194 кг).

По всей территории США на автомобиле, законным образом оборудованном для работы на природном газе (заводского изготовления или переоборудованном), следующем по автостраде и подъездным дорогам к ней, разрешенная максимальная масса может быть повышена на величину веса газобаллонного оборудования, но не более 2000 фунтов (907 кг). Дополнительная масса рассчитывается как разница между весом установленного ГБО (топливная аппаратура и емкости для хранения газового топлива) и весом топливной системы и топливного бака сопоставимого дизельного автомобиля.

Кроме того, разрешается дополнительно увеличить массу автомобиля на величину веса системы оптимизации холостого хода (Idle Reduction Technology/ Auxiliary Power Unit – APU), но не более чем на 550 фунтов (249 кг). Таким образом, максимальная масса газового автомобиля с такой системой может быть суммарно увеличена на 2 550 фунтов (1 156 кг).

Источники:

National Review. <https://www.nationalreview.com/>

New York Magazine. <http://nymag.com/daily/>

The Verge. <https://www.theverge.com/>

ABC News. <http://abcnews.go.com/>

The Time. <http://time.com/>

Next-Gen Transportation. <https://ngtnews.com/>

Международная морская организация предлагает ввести запрет на использование мазута в Арктике

Страны - участницы Международной морской организации (ИМО) - предлагают принять запрет на использование мазута в арктическом судоходстве. «Предложение, которое совместно выдвинули Финляндия, Германия, Исландия, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Швеция и США, призывает к запрету на мазут. Это один из документов по поводу использования мазута, который был обсужден во время заседания комитета по защите морской среды, которое прошло недавно в штаб-квартире ИМО в Лондоне», - говорится в сообщении альянса «Чистая Арктика».



Последствия разлива мазута

Как отмечают экологи, на мазут, который приводит к загрязнению окружающей среды, приходится около 80 % всего мирового судового топлива и порядка 75 % судового топлива, используемого сегодня в Арктике. При этом больше половины судов, которые используют мазут, ходят под флагами неарктических государств.

«Использование мазута также приводит к большому количеству выбросов вредных веществ, которые загрязняют воздух. Речь идет об оксиде серы и твердых сажевых частицах. Они гораздо более вредны для окружающей среды в сравнении с альтернативными топливами – легким дистиллятным топливом и сжиженным природным газом», – отмечают экологи.

Кроме того, мазут очень медленно разлагается в холодных водах и его практически невозможно собрать в случае разлива, поэтому это тяжелое топливо уже запретили использовать в Антарктике, подчеркивается в сообщении.

Дискуссия о топливе арктического флота прошла в рамках 72-го заседания Международной морской организации, проходившего в апреле. Напомним, Международная морская организация – специализированное учреждение ООН, созданное для сотрудничества и обмена информацией по техническим вопросам, связанным с международным торговым судоходством.

Совместное предложение об изменении принципов судоходства в Арктике в адрес ИМО внесли восемь стран: Германия, США, Нидерланды, Новая Зеландия, Финляндия, Швеция, Норвегия и Исландия. К идее присоединился альянс экологических организаций «Чистая Арктика». Хор борцов за северную природу требует запрета на использование судового остаточного топлива (СОТ) судами на арктических маршрутах. Или так называемого флотского мазута – тяжелого топлива для судовых энергоустановок, которое получается путем смешения остаточных нефтепродуктов (мазут, гудрон, смеси жидких углеводородов) и дизельных фракций.

Тяжелые нефтепродукты по экологическим причинам уже в 2011 году были запрещены Международной морской организацией для использования в Антарктике. В отношении Арктики такого рода предписания ИМО, как и положения

Полярного кодекса, носят рекомендательный характер. Предлагаемый запрет может быть введен с 2021 года. Действие будет распространяться на мазут, который применяется в качестве топлива при прохождении через арктические воды или перевозится в готовом виде для использования в других местах.

«С учетом изменения климата и усиленного таяния льдов страны-участницы ИМО должны действовать уже сейчас, чтобы защитить регион от риска разливов судового остаточного топлива и от разрушительных последствий выбросов сажевых частиц», – заявила Шаан Прайор, ведущий консультант Альянса «Чистая Арктика».

Снижение рисков судоходства в Арктике было признано общей задачей всех стран, которые пользуются этими водными маршрутами. На заседании ИМО в 2017 году представители этих государств обещали друг другу уменьшить риски использования судового остаточного топлива. Заметим, изначально речь шла не о кардинальном отказе от СОТ, а только об ужесточении требований безопасности к использующим его судам.

Россия против этой идеи ничего не имеет и тоже думает, как уменьшить процент своих судов на тяжелом топливе. Основная ставка сделана на расширение атомного ледокольного флота (атомоходы защитников природы не пугают, борьба с атомной энергетикой идет только на суше).

Идею о всеобщем запрете СОТ подстегнула любимая Западом теория влияния углерода на потепление климата. Разумеется, после первых же упоминаний о глобальном потеплении страны-участницы Арктического совета принялись искать альтернативу мазуту. Выбор пал на легкое дизельное топливо и на сжиженный природный газ (СПГ).

Пилотные проекты по строительству судов на СПГ обдумывает и Россия. Ведь российские суда в большинстве своем ходят на мазуте. И ее флот для внутренних перевозок совершенно точно не получится полностью обновить к 2021 году.

По словам директора департамента госполитики в области морского и речного транспорта Минтранса РФ Виталия Ключева, в случае вступления запрета в силу наибольшие проблемы появятся при северном завозе товаров и ресурсов в труднодоступные населенные пункты российского Заполярья.

«Северный завоз обеспечивают суда на тяжелом топливе. А с переходом на дизельное или другое более легкое топливо стоимость завоза увеличится в разы. Мы не против экологии и решаем эту проблему, но не можем сделать это в одночасье», – сообщил представитель Минтранса.

Эта проблема знакома и Канаде. Коренные народы, живущие на территории Канадского Арктического архипелага, тоже получают необходимые продукты посредством судов на мазуте. Поэтому канадское правительство в ответ на предложение о запрете заявило, что хочет сначала получить больше информации о возможных технологиях ликвидации мазута в Арктике.

Угроза разливов нефтепродуктов и вред от выбросов в атмосферу – проблемы, которые могут и не возникнуть при наличии ужесточенных технологических требований к судам на давно используемом мазуте. Но в то же время позицию Международной морской организации нельзя назвать перестраховочной. Однако справедливо возникает вопрос: почему обсуждается именно Арктика, а не районы гораздо более интенсивного судоходства? Такая политика международного сообщества может оказаться неэффективной.

По материалам <https://ru.arctic.ru/environmental>
<https://regnum.ru/news/2404265.html>

В Алма-Ате протестируют автобус на газе Iveco

Итальянская компания Iveco предоставила перевозчику «Алматыэлектротранс» 12-метровый низкопольный автобус Iveco Crossway на газе для тестирования на маршрутах Алма-Аты. В течение трех месяцев экологически чистый автобус будет курсировать по маршруту № 12 от гостиницы «Казахстан» до высокогорного спортивного комплекса на Медео.

Автобус вместимостью 100 человек оборудован системой кондиционирования воздуха и пандусом для людей с ограниченными способностями. Crossway удобен и для водителя – автоматическая трансмиссия ZF, пневматическая подвеска, есть кнопка блокировки автобуса на остановке. Она задействует стояночный тормоз и включит функцию наклона кузова в сторону тротуара, что облегчает посадку/высадку пассажиров.

Газовый двигатель Cursor 9 Natural Power объемом 360 л – одно из главных преимуществ автобуса. Использование природного газа снижает вредные выбросы в атмосферу и позволяет экономить десятки тонн кислорода ежегодно.

Руководитель «Алматыэлектротранс» Ризван Цинаев отметил следующее:

– Автобус мы поставим на 12-й маршрут, который идет до Медео. Этот маршрут изобилует подъемами и спусками – это хорошие нагрузки для агрегатов и настройки техники. По итогам испытаний мы дадим рекомендации. Автобусы этой марки зарекомендовали себя на мировом рынке с положительной стороны, но для нас важно протестировать его в условиях Алма-Аты, поэтому для максимальной нагрузки выбран именно этот маршрут. По поручению акима Алма-Аты в городе создается необходимая инфраструктура для обслуживания автобусов на газе, обеспечена прозрачность системы, в Алатауском районе ведется строительство автопарка на 200 автобусов. После сопоставления всех характеристик с учетом оптимального сочетания цены и качества перевозчики будут приобретать автобусы определенной марки. Всего город планирует закупить 200 автобусов на природном газе. Испытания уже проходит автобус другого европейского производителя, на очереди автобус российский производства.

Современные автобусы Crossway, произведенные на предприятии «СарыаркаАвтоПром» в Кустанае, успели зарекомендовать себя с хорошей стороны у столичных перевозчиков благодаря надежности. Производитель дает расширенную гарантию на восемь лет, и у него большой склад запчастей в Казахстане.

Первые поставки автобусов Iveco в Астану начались еще в 2014 году, сегодня на столичных автопредприятиях работает уже больше 700 единиц техники. Поскольку автобусы производятся в Казахстане, перевозчикам будут доступны удобные инструменты финансирования, выгодные ценовые и гарантийные условия, отметил директор Allur Auto Astana Орудж Назаров.

В феврале немецкий концерн Daimler AG предоставил перевозчикам Алма-Аты свой автобус на газе для тестирования на маршрутах города. Газовый Mercedes-Benz также курсирует на маршруте № 12, обслуживаемом ТОО «Алматыэлектротранс», и еще на одном из маршрутов ТОО «Green Bus Company».

В Алма-Ате уже обновлены автобусы на 17 маршрутах. Для полноценного транспортного обслуживания присоединенных к городу поселков акимат организовал еще 10 маршрутов.

<https://inforburo.kz/novosti/>

Газомоторная мозаика

76

Израиль

В целях стимулирования экологически безопасных видов топлива правительство Израиля приняло решение об увеличении налогов на горючее из невозобновляемых источников, например, угля.



В частности, подготовлен план замещения дизельного топлива природным газом. В соответствии с этим планом прекращены налоговые льготы для дизельных такси, автобусов и грузовиков. Министерство национальной инфраструктуры, энергетики и водных ресурсов выделило 28 млн долл. США на выплату грантов компаниям, развивающим сеть заправок автобусов и коммунальных грузовиков. Министр Юваль Штайнц (Yuval Steinitz) пообещал очистить Израиль от грязных видов топлива к 2030 году.

<http://www.ngvjournal.com/>

Польша

Компания MAN Truck and Bus выбрана поставщиком 80 газовых автобусов для Департамента общественного транспорта Варшавы. В рамках контракта стоимостью 32,13 млн долл. США MAN Truck and Bus Polska Sp. z o.o. поставит 50 сочлененных 18-метровых и тридцать 12-метровых автобусов на КПГ. Поставки новых низкопольных кондиционированных автобусов с системой рекуперации энергии торможения начнутся после марта 2019 года.

Параллельно с конкурсом на поставку автобусов Департамент провел тендер на строительство заправочной инфраструктуры.



В Варшавкой пассажирской компании Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o. (MZA) уже работают 35 автобусов на СПГ. По поручению властей компания MZA будет закупать еще 50 автобусов на КПГ. Не исключено, что польское отделение MAN также будет выбрано поставщиком. Всего Департамент общественного транспорта Варшавы к концу 2020 года намерен иметь 300 пассажирских газовых, электрических или гибридных автобусов с нулевыми или низкими выбросами.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха для Польши очень актуальна. По словам польского премьера Матеуша Моравецкого, из-за плохого воздуха в стране ежегодно погибают примерно 50 тыс. человек.

<http://www.ngvjournal.com/>, <https://www.xpo.com/>, <http://www.gnvmagazine.com/>

Португалия

Португальское отделение компании XPO Logistics (входит в десятку крупнейших логистических компаний мира) приобрела два магистральных тягача IVECO на СПГ+КПГ для обслуживания одного из своих клиентов – производителя пива напитков Central Sociedade de Cervejas e Bebidas (SCC). Компания входит в группу Heineken.

Все больше зарубежных торговых сетей предпочитают сделать свой имидж более зеленым и сократить свой углеродный след. Сетевики просят транспортные компании доставлять товары до магазинов с помощью автомобилей, использующих альтернативные виды топлива и горючее из возобновляемых источников.

Португальское отделение XPO Logistics развивает опыт своих французских коллег, уже использующих в Париже 50 грузовиков на природном газе. В Сен-Этьене компания эксплуатирует два тягача на биометане. Компания XPO Logistics включила газовые грузовики в автомобильный сегмент интермодальных перевозок вместе с железной дорогой.

<http://www.ngvjournal.com/>, <https://www.xpo.com/>

Abstracts of articles

P. 25

Mathematical simulation of operational conditions and workflow of a CNG Filling Station

Andrey Evstifeev, Irina Nikoruk

At the stages of the pre-project study and design of the life cycle of gas-fuel production facilities, it becomes necessary to select the most optimal design solutions, as well as the composition of the main and auxiliary production equipment. Inaccuracies, errors and miscalculations made at these stages of the life cycle have serious consequences at later stages, especially when operating the facility. One way to reduce the number of errors associated with the human factor is the automation of routine settlement operations, algorithmic procedures for finding optimal solutions and selecting equipment. The paper provides an example of developed software products for automation of production activities of design and project departments' employees. At the heart of the presented programs lies a number of mathematical models, one of which is a mathematical model of the material balance of the compression and refueling of a vehicle with compressed natural gas. According to the mass transfer equation, the material (individual) volume occupied by a continuous medium has a mass, momentum (impulse), momentum of the selected point, total energy and entropy. With the use of experience in applying visual modeling technology in engineering industries, it is proposed to design technological solutions and select equipment for CNG filling stations of natural scale operating in real environment using computer-aided design systems (AutoCAD or KOMPAS), gas dynamics equations, mathematical modeling of mass transfer and performance analysis of applied solutions. This allows to consider a variety of alternatives and choose the best option before creating a physical sample, reducing the time and number of experimental developments.

Keywords: mathematical modeling, energy efficiency, compression work, compressed natural gas, CNG filling station.

References

1. Frenkel M.I. Piston compressors: theory, design and design basics. – L.: Mechanical Engineering, 1969.
2. Fotin B.S., Pirumov I.B., Prilutsky I.K., Plastinin P.I. Reciprocating compressors: Study guide for university students. – L.: Mechanical Engineering, 1987.
3. Gainulin F.G., Gritsenko A.I., Vasilyev Yu.N., Zolotarevsky L.S. Natural gas as motor fuel in transport. – M.: Nedra, 1996.
4. Vasiliev Yu.N., Gritsenko A.I., Chirikov K.Yu. Gas filling of transport. – M.: Nedra, 1995.
5. Victor M.M. Methods for calculating physicochemical quantities and applied calculations. – L.: Chemistry, 1977.
6. Evstifeev A.A., Lyugay S.V. Fundamentals of the logical and probabilistic analysis of the safety of vehicles on gas fuel. – M.: VNIIGAZ, 2017.
7. Evstifeev A.A., Ermolaev A.E. Influence of idle runs of gas city buses on indicators of industrial and economic activity // Transport on alternative fuel. – 2016. – No. 4 (52). – P. 23-30.
8. Lyugay S.V., Balashov M.L., Evstifeev A.A. Estimating the waiting time for filling the vehicle with CNG filling stations // Transport on alternative fuel. – 2016. – No. 6 (54). – P. 50-54.
9. Evstifeev A.A., Zaeva M.A., Sergeev M.S. Method to ensure the robustness of the power supply control system of a gas vehicle // Transport on alternative fuel. – 2016. – No. 3 (51). – P. 51-60.
10. Evstifeev A.A., Zaeva M.A., Khetagurov Ya.A. Methods and tools for optimizing the location of production and supply infrastructure objects / In the book: Scientific session of NNRNU MEFPh-2015. Annotations of reports: in 3 volumes. Chief Editor O.N. Golotyuk. – 2015. – P. 74.
11. Popov M.A., Egorova A.N., Evstifeev A.A. Modeling and optimization of the locations of the objects of gas refueling of transport. / In the book: Scientific session of NNRNU MEFPh-2015. Annotations of reports: in 3 volumes. Chief Editor O.N. Golotyuk. – 2015. – P. 97a.
12. Evstifeev A.A., Drygina Yu.N., Ermolaev A.E. Modeling and optimization of the development process of the production and distribution network of gas filling stations // Gas industry. – 2015. – No. S3 (728). – P. 30-33.
13. Evstifeev A.A. Mathematical model for determining the number and productivity of refueling columns at CNG filling stations // Gas industry. – 2015. – No. 8 (726). – P. 95-97.
14. Evstifeev A.A. Placement of the infrastructure of gas refueling transport // Transport on alternative fuel. – 2015. – No. 6 (48). – P. 26-39.
15. Evstifeev A.A. Analysis of the efficiency of the production process at CNG stations // Transport on alternative fuel. – 2015. – No. 5 (47). – P. 27-33.
16. Evstifeev A.A. The method of formation of adequate cost of gas motor fuel // Transport on alternative fuel. – 2015. – No. 2 (44). – P. 41-46.
17. Evstifeev A.A. Modern Approaches to the Selection of the Performance of the Main Process Equipment for Gas-Filling Facilities // Transport on Alternative Fuel. – 2015. – No. 4 (46). – P. 48-54.
18. Evstifeev A., Zaeva M., Krasnikova S., Shuvalov V. Multi-criteria equipment control in complex engineering systems // Asian Journal of Applied Sciences. – 2015. – T. 8. – No. 1. – P. 86-91.
19. Evstifeev A.A. Structural synthesis and solution algorithms for a mathematical model of a gas refueling system for transport and gas supply to autonomous consumers // Vesti gazovoy nauki. – 2015. – No. 1 (21). – P. 79-85.
20. Evstifeev A.A. Provision of municipal bus fleets of the megalopolis with gas motor fuel // Gas industry. – 2014. – No. 2 (702). – P. 86-89.
21. Evstifeev A.A. Mathematical model of the process of fueling vehicles CNG on gas filling // Transport on alternative fuel. – 2014. – No. 1 (37). – P. 24-31.
22. Evstifeev A.A. Multicriteria control of technological equipment of complex technical systems using methods of obtaining fuzzy inferences // Transport on alternative fuel. – 2014. – No. 5 (41). – P. 44-48.
23. Evstifeev A.A. Methodology of rational construction and continuous improvement of the regional network of CNG filling stations // Transport on alternative fuel. – 2014. – No. 3 (39). – P. 53-60.
24. Evstifeev A.A. A mathematical model for analyzing the demand for CNG and LNG in newly gasified territories // Gas industry. – 2013. – No. 1 (685). – P. 87-88.
25. Lyugay S.V., Evstifeev A.A., Timofeev V.V., Balashov M.L., Drygina Yu.N. Comparison of economic indicators when using liquid motor and gas engine fuels // Transport on alternative fuel. – 2013. – No. 5 (35). – P. 14-19.
26. Evstifeev A.A. Model of forecasting the consumption of gas motor fuel in the village // Transport on alternative fuel. – 2013. – No. 3 (33). – P. 43-47.
27. Evstifeev A.A., Balashov M.L. A technique for determining the border of the economic efficiency of the transition to natural gas as a motor fuel // Transport on alternative fuel. – 2013. – No. 2 (32). – P. 4-5.
28. Evstifeev A.A. Calculation of the reliability of the supply system of gas motor fuel to consumers // Transport on alternative fuel. – 2013. – No. 4 (34). – P. 61-65.
29. Evstifeev A.A., Zaeva M.A., Khetagurov Ya.A. Application of mathematical modeling in testing and development of complex technical systems // Bulletin of the National Research Nuclear University MEFPh. – 2013. – V. 2. – No. 1. – P. 115.
30. Evstifeev A.A., Zaeva M.A. Automated system of the unified state register of gas-cylinder equipment // In the book: Scientific session of the NNNU MEFPh-2012. Annotations of reports: in 3 volumes. – 2012. – P. 285.
31. Dedkov V.K., Evstifeev A.A. Methodology for assessing the reliability of a technical system based on test results // Problems of safety theory and system stability. – 2010. – No. 12. – P. 215-221.
32. Evstifeev A.A., Severtsev N.A. Models for minimizing the directional damage to the transport system in the absence of information // Questions of the theory of safety and stability of systems. – 2009. – No. 11. – P. 137-145.

P. 39

China's experience in the development of battery production and the infrastructure of fuel stations for electric vehicles

Sazonov Segrey, Chen Xiao

Realizing today's global environmental and energy challenges, China is trying not to miss its chance in developing new generation cars that use alternative energy sources, and rushes after world leaders in the field of electric vehicles. A targeted state financial and economic policy regarding the innovative battery industry will allow China to become a world leader in the development of advanced technologies in the "green" automotive industry in the near future and ensure a significant share of the world market for the sale of competitive innovative vehicles with high added value.

Keywords: China, energy security, pollution, batteries, rechargeable battery, energy saving, new energy.

References

1. Global and China Lithium-ion Battery Anode Material Industry Report, 2017-2020. URL: <http://www.researchinchina.com/Report/ReportInfo.aspx?id=10365> (Access date: 22.11.2017).
2. Build next generation of batteries or lose jobs, auto executives tell Europe. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1066462.shtml> (Global Times Source: Reuters-Global Times Published: 2017/9/14).
3. Robert Blain, Chen Yingqun (China Daily). Taking the pole position. URL: http://africa.chinadaily.com.cn/weekly/2017-12/15/content_35308105.htm.
4. China accounts for more than half of all existing cars in the world with new sources of energy. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/02/01/c31518-9422579.html>.
5. An Xinyunyan cichu guijiu zhijiao sinyunyan ciche (Battery production standards for cars using new energy sources) (按新能源汽车规矩造新能源车) // Jingji ts'ankabaobao (Economic Review – 经济参考报). – June 25, 2017.
6. Ma Si (China Daily). Fuel-cell cars set to get more impetus. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201802/13/WS5a823ca6a3106e7dccc13c6f4.html>.
7. Superfast battery can fully charge in seconds. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-12/26/content_35379010.htm; Chinese scientists develop

- fast-charging aluminum-graphene battery. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201712/23/WS5a3e612ea31008cf16da315d.html>.
8. Sun Hui (Chinadaily.com.cn). High-tech graphene products lead to smart life. URL: http://www.chinadaily.com.cn/regional/chongqing/liangjiang/2017-09/13/content_31977567.htm.
9. Dongli Dian Lake chenvey sinnenyuan tsiche syaige Zhongdian (Batteries are becoming a major concern for the following cars using new energy sources) (动力电池成新能源汽车下一个重点) // Chinese roads (Zhongguo gunlu - 中国公路). - 2017. - No. 5. - P. 49.
10. Dongli Dian Lake chenvey sinnenyuan tsichesyage fenkou (The role of batteries in the production of new cars in the new energy sources) (动力电池成新能源汽车下一个风口国产不敌日韩品牌) // Jinji tsankaobao (经济参考报). - 10/04/2017.
11. Ma Si (China Daily). Fuel-cell cars set to get more impetus. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201802/13/WS5a823ca6a3106e7dce13c6f4.html>.
12. Lu Wanggang, Huang Xiaozhen, Liu Pei. Dongli dianchi chenwei sinyunyan ciche xiaige zhongdian (Batteries become the next main concern for cars using new energy sources) (卢文刚, 刘沛, 刘沛 动力电池成新能源汽车下一个重点) // Chinese roads (Zhongguo gonglu - 中国公路). - 2017. - No. 5. - P. 50-53.
13. Global and China Lithium Battery Separator Industry Report, 2017 - 2022. URL: <http://www.researchinchina.com/Report/ReportInfo.aspx?id=10424> (Access date: 30.03. 2018).
14. China's first industrial park for the development and production of hydrogen fuel cells will be built in Wuhan. URL: http://russian.china.org.cn/business/txt/2017-12/24/content_50159860.htm.
15. Rapid growth of NEVs poses big test to battery recycling. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-02/07/content_50439508.htm; China mulls policies to regulate NEV battery recycling. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201802/13/WS5a82e91ca3106e7dce13c924.html>.
16. Li Fusheng (China Daily). Retrieving, recycling new energy car batteries to bolster sector. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201803/05/WS5a9cad3fa3106e7dce13f905.html>.
17. China faces green vehicle battery challenge. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-11/27/content_35056831.htm.
18. Li Fusheng (China Daily). Retrieving, recycling new energy car batteries to bolster sector. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201803/05/WS5a9cad3fa3106e7dce13f905.html>.
19. Charging piles for electric cars mushrooming in China. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/11/content_50096807.htm; China ranks first in the world in terms of the number of public charging columns for electric transport. URL: http://english.china.org.cn/business/txt/2018-01/21/content_50259028.htm; Numbers of the Week February 8-February 15, 2018. URL: http://www.bjreview.com.cn/Business/201802/t20180208_800117124.html.
20. Li Fusheng (China Daily). Customers charged up about new choices for electric cars. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-09/25/content_32446029.htm.
21. China slams the brakes on new energy vehicle cheats. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-11/06/content_28111037.htm; Over 110,000 electric car charging poles installed in Beijing. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1082748.shtml> (Source: Xinhua Published: 2017/12/30).
22. Du Doe Xin. Zhytui sinyunyan cichae fazhan (To stimulate the development of cars using new energy sources) (杜鑫, 助推新能源汽车发展) // Gongren zhaobao (工人日报). - 01/18/2018.
23. Zheng Yiran (China Daily). EV charging network to expand. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201801/19/WS5a613492a3106e7dce1352f8.html>.
24. Global automakers expand presence in China's e-cars market. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-10/25/content_33696738.htm; Tesla builds huge charging station in Beijing. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-11/23/content_34889064.htm.
25. Beijing's electric vehicle charging posts to adopt new national standards on Monday: report. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1082713.shtml> (Source: Global Times Published: 2017/12/30).
26. Shanghai to build 10 times more vehicle charging piles by 2020. URL: http://www.chinadaily.com.cn/business/motoring/2017-04/06/content_24320855.htm.
27. In China, opened the largest photovoltaic station for charging electric cars. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2017/11/17/c31518-9294147.html>.
28. World's 1st photovoltaic expressway takes shape in China. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-12/01/content_50080079.htm.
29. Xing Yi (China Daily). Road of future paved with solar panels. URL: http://www.chinadaily.com.cn/cndy/2017-12/22/content_35356391.htm.
30. "Intelligent" super-highways will be built in the east of China. URL: <http://russian.people.com.cn/n3/2018/01/24/c31518-9419012.html>.

P. 52

Study of natural gas effects on the combustion characteristics and heat resistance of aluminum alloy piston diesel D-245.7

Vitaliy Likhonov, Maxim Skryabin

The article considers the possibility of using natural gas as a motor fuel for automotive diesel engines, combustion process is studied. The influence of high temperature, pressure and "rigidity" of the working process on the heat resistance of aluminum piston alloys is also considered. The research results of chemical composition and microstructure of the piston bottom after removal of a complex of adjusting, loading and speed characteristics are shown.

Keywords: natural gas, combustion process indicators, microstructure of aluminum piston alloys.

References

- Likhonov V.A., Lopatin O.P., Skryabin M.L. Study of the processes of formation and decomposition of nitrogen oxides in a diesel cylinder 4CHN 11.0 / 12.5 with intermediate cooling of the charge air when working on natural gas: monograph. - Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2008. - 146 p.
- Scryabin M.L. Peculiarities of the choice of modern materials for a piston group in the operation of a diesel engine on alternative fuels // Improving the performance of internal combustion engines. Materials of the IX International Scientific and Practical Conference "Science-Technology-Resource Saving": Collection of scientific papers. - Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2016. - Issue. 13. - P. 279-285.
- Scryabin M.L., Smekhova I.N. Peculiarities of the physico-geometric model of the formation of porous structures of oxide films during microarc oxidation of piston aluminum alloys // Information-technological bulletin. - 2017. - No. 4 (14). - P. 200-207.
- Likhonov V.A., Grebnev A.V., Skryabin M.L., Toropov A.E. Study of the possibility of using alternative fuels in diesel engines 4C 11.0 / 12.5 and 4CHN 11.0 / 12.5 and their effect on the combustion process and the toxicity of exhaust gases // Construction and road machines. - 2017. - No. 11. - P. 34-39.
- Likhonov V.A., Grebnev A.V., Skryabin M.L., Toropov A.E. Adjusting characteristics of the diesel engine when operating on natural gas // Tractors and agricultural machinery. - 2017. - No. 11. - P. 3-9.
- Likhonov V.A., Grebnev A.V., Skryabin M.L., Toropov A.E. High-speed characteristics of an automobile diesel engine when operating on natural gas // Izvestiya MGU "MAMI" - 2017. - No. 4 (34). - P. 39-45.
- Likhonov V.A., Grebnev A.V., Skryabin M.L., Toropov A.E. Study of the influence of methanol-fuel emulsion in diesel 4CHN11 / 12.5 and natural gas in diesel 4CHN 11.0 / 12.5 on the parameters of the combustion process, the volume content and the mass concentration of nitrogen oxides depending on the load // Transport on alternative fuel. - 2018. - No. 1. - P. 22-27.
- Likhonov V.A., Grebnev A.V., Skryabin M.L., Toropov A.E. Study of the possibility of using alternative fuels in diesel engines 4C 11.0 / 12.5 and 4CHN 11.0 / 12.5 and their effect on the combustion process and the toxicity of exhaust gases // Construction and road machines. - 2017. - No. 11. - P. 34-39.
- Smekhova I.N., Scryabin M.L. Stages of the formation of porous structures in microarc oxidation of piston aluminum alloys // Polzunovskii vestnik. - 2017. - No. 4. - P. 192-196.
- Likhonov V.A., Grebnev A.V., Skryabin M.L., Smekhova I.N. Increase of heat resistance of piston aluminum alloys of diesel engines // Construction and road machines. - 2018. - No. 2. - P. 41-46.

P. 59

Control System of Turbo-electric compressor of a hybrid car

Ovsyannikov Evgeniy, Gaitova Tamara, Koryushkin Sergey, Fomiv Alexander

A reversible electric machine in the turbo-electric compressor of a hybrid car and the tasks that it performs are described in the article. The electrical schematic for controlling the reversible electric machine of the turbo-electric compressor is shown.

Excess mechanical energy entering the turbo-electric compressor is converted by means of a reversible electric machine into electrical energy to power the traction electric drive and charge the battery or produce hydrogen. With insufficient mechanical power of the turbine, the reversible electric machine twists the common shaft of the turbo-electric compressor.

Keywords: turbo-electric compressor, reversible electric machine, vector control, pulse width modulation.

References

- Kaminsky V.N., Lazarev A.V., Kaminsky R.V., Sibiryakov S.V. Turboelektrokompessor: possibilities, design and prospects // Izvestiya MSTU "MAMI". - 2012. - No. 2 (14). - T. 1.
- The patent of the Russian Federation № 96182 "Turboelektrokompessor".
- Ovsyannikov E.M., Klyukin P.N., Akimov A.V. Production of hydrogen using energy recovery systems on board a vehicle // Electronics and electrical equipment of transport. - 2015. - No. 4. - P. 24-28.
- Ovsyannikov E.M., Klyukin P.N., Gaitova T.B. The use of hydrogen in road transport // Electronics and electrical equipment of transport. - 2016. - No. 3. - P. 16-18.
- Ovsyannikov E.M., Gaitova T.B., Klyukin P.N., Polyakova V.N. Device for the production and addition of hydrogen to the fuel-air mixture of internal combustion engines // Transport on alternative fuel. - 2016. - No. 6 (54). - P. 28-32.
- Ovsyannikov E.M., Gaitova T.B., Polyakova V.N. Optimal laws governing the control of traction asynchronous electric motors // Elektro. - 2014. - No. 6. - P. 28-31.
- Kalachev Yu.N. Vector regulation (practice notes). - M: EFO, 2013. - 72 p.

Авторы статей в журнале № 3 (63) 2018 г.

Евстифеев Андрей Александрович,
начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
доцент Национального исследовательского ядерного
университета «МИФИ», к.т.н., 115583, Москва,
а/я 130, тел.: (910) 460-78-86, +7 (498) 657-43-82,
e-mail: A_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

Гайтова Тамара Борисовна,
д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Электротехника»
ФГБОУ высшего образования
«Московский политехнический университет»,
тел.: (495) 276-32-20,
e-mail: ekems@yandex.ru

Корюшкин Сергей Анатольевич,
аспирант ФГБОУ высшего образования
«Московский политехнический университет»,
м.т. 909 657 42 09, e-mail: koryushk1@mail.ru

Лиханов Виталий Анатольевич,
д.т.н., профессор, заведующий кафедрой тепловых
двигателей, автомобилей и тракторов
ФГБОУ ВО Вятская ГСХА,
e-mail: lihanov.fsp@mail.ru, тел. (8332) 57-43-07

Никорук Ирина Федоровна,
старший преподаватель кафедры менеджмента,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский технологический университет»,
e-mail: bucia@yandex.ru

Овсянников Евгений Михайлович,
д.т.н., чл.-корр. Академии электротехнических наук
РФ, профессор кафедры «Электротехника»
ФГБОУ высшего образования
«Московский политехнический университет»,
тел.: (495) 962-12-95, e-mail: ovsiannikov48@mail.ru

Пронин Евгений Николаевич,
координатор проекта «Голубой коридор»,
e-mail: e.pronin@mail.ru

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

Скрябин Максим Ленидович,
к.т.н., доцент кафедры тепловых двигателей,
автомобилей и тракторов ФГБОУ ВО Вятская ГСХА,
тел. (8332) 57-43-46,
e-mail: max.dvs@mail.ru

Фомин Александр Павлович,
к.т.н., доцент кафедры «Электротехника» МГМУ
«МАМИ», тел. 8 917 567-89-71

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

Contributors to journal issue No 3 (63) 2018

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

Evstifeev Andrey,
PhD, Head of laboratory, JSC «Gazprom VNIIGAZ»,
p/o 130, Moscow, Russia, 115583,
e-mail: A_Evstifeev@vniigaz.gazprom.ru

Fomiv Alexander,
candidate of technical science,
professor of the Moscow state technical university
(MAMI), phone: + 7 917 567-89-71

Gaitova Tamara,
Doctor of Engineering, professor of the department
«Electrical engineering»
of Moscow Polytechnic University,
phone: + 7 (495) 276-32-20,
e-mail: ekems@yandex.ru

Koryushkin Sergey,
postgraduate student
of Moscow Polytechnic University,
phone: + 7 909 657 42 09,
e-mail: koryushk1@mail.ru

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

Nikoruk Irina,
Senior Lecturer, Chair of Management,
Federal State Budget Educational Institution
of Higher Education «Moscow Technological University»,
email: bucia@yandex.ru

Ovsiannikov Evgeniy,
Doctor of Engineering, professor,
Federal State Budget Educational Institution (FGBU)
of higher education «Moscow Polytechnic University»,
phone: + 7 (495) 962-12-95,
e-mail: ovsiannikov48@mail.ru

Pronin Eugene,
coordinator of the «Blue Corridor»
project,
e-mail: e.pronin@mail.ru

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

Skryabin Maxim,
PhD, associate Professor of Heat engines,
automobiles and tractors
of the Vyatka state agricultural Academy,
phone: +7 (8332) 57-43-46,
e-mail: max.dvs@mail.ru