



ISSN 2073-1329

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ВКЛЮЧЕН
В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

№ 3 (39)
2014



ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ



Гарантия – 3 года

FAS 220 WAER

Топливораздаточная колонка нового поколения с массовыми расходомерами (учет объема, массы, плотности и температуры сжиженного газа) и интегрированным постом заправки газовых баллонов

Высококачественное
оборудование
для технических газов

FAS
Flüssiggas-Anlagen

(495) 647 0577 • (812) 318 7580
WWW.FAS.SU / WWW.FAS.RU

РЕКЛАМА

Рынок газомоторного топлива:
состояние, проблемы и пути развития
Водородные технологии на транспорте
Снижение токсичности выбросов путем добавки СПБТ

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору
в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны
культурного наследия.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-30114

Учредитель и издатель

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

Периодичность

6 номеров в год

Главный редактор

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

Члены редакционной коллегии

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

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

В.И. Ерохов
профессор «МАМИ», д.т.н.

Р.З. Кавтарадзе
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

Т.В. Климова
начальник службы по связям с общественностью
и СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

С.И. Козлов
профессор, д.т.н.

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

В.А. Марков
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.

А.В. Николаенко
ректор «МАМИ», профессор, д.э.н.

Ю.В. Панов
профессор МАДИ, к.т.н.

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

Е.Н. Пронин
член совета НГА

В.Л. Стативко
вице-президент НГА, к.т.н.

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

Редактор

О.А. Ершова
E-mail: transport.1@ngvrus.ru
Тел.: +7 (498) 657 29 76

Отдел подписки и рекламы
E-mail: transport.2@ngvrus.ru
Тел.: +7 (498) 657 29 77

Перевод

А.И. Хлыстова

Компьютерная верстка

И.В. Шерстюк

Адрес редакции:

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

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

Сдано на верстку 20.04.2014 г.

Подписано в печать 20.05.2014 г.

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

Печать офсетная, печ. л. 10,5

При перепечатке материалов ссылка на журнал
«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность информации,
опубликованной в рекламных материалах.

В НОМЕРЕ

Семинар «Рынок газомоторного топлива: состояние,
проблемы и перспективные пути развития» 3

Козлов С.И., Фатеев В.Н.

Топливные элементы – перспективные химические
источники электрической энергии 9

Фомин В.М.

Перспективы отдельных видов альтернативных
энергоресурсов в сфере освоения водородной
энергетики на отечественном транспорте. 23

Проблемы производства

альтернативных источников энергии. 34

Домбровская И.А.

Выставка «Автокомплекс–2014»: не отставать
от требований дня! 40

**Патрахальцев Н.Н., Петруня И.А.,
Камышников Р.О., Скрипник Д.О.**

Снижение токсичности и дымности выбросов дизеля
добавкой СПБТ и изменением рабочего объема 41

Александров И.К.

Стендовый способ определения механических
потерь в пневматической шине. 48

Удмуртия: пилотный регион № 18 52

Евстифеев А.А.

Методология рационального построения
и непрерывного совершенствования
региональной сети АГНКС 53

Катаргин В.Н., Терских В.М.

Оптимизация процессов управления складом
автомобильных запасных частей 61

Газозаправочная колонка FAS 220 WAER
с постом заправки газовых баллонов. 67

Пронин Е.Н.

Африка: развитие рынка ГМТ 68

Временные сложности газомоторного
рынка в Пакистане. 72

Муниципальный автобус на метане –
глобальная тенденция. 73

Мировой рынок КПП
в качестве моторного топлива. 76

Abstracts of articles 78

Авторы статей в журнале № 3 (39) 2014 г. 79

Подписка – 2014 80



«Alternative Fuel Transport» international science and technology journal, No. 3 (39) / 2014

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

Founder and Publisher

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

Published

6 issues a year

Editor-in-Chief

Tsybulsky, P.G.

Director General of Gazprom VNIIGAZ, PhD

Editorial board members

Beranek Antonin

Director General of VÍTKOVICE Rus (Czech Republic)

Budzulyak, B.V.

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

Erokhov, V.I.

MAMI Professor, Doctor of Engineering

Kavtaradze, R.Z.

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

Klimova, T.V.

acting Head of Public and Mass Media Relations Service of Gazprom VNIIGAZ

Kozlov, S.I.

Professor, Doctor of Engineering

Lyugai, S.V.

PhD, Director of the Centre «Gas Use», JSC «Gazprom VNIIGAZ», executive director, NGVRUS

Markov, V.A.

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

Nikolaenko, A.V.

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

Panov, Yu.V.

Professor of MADI (GTU), PhD

Patrakhaltsev, N.N.

Professor of People's Friendship University of Russia, Doctor of Engineering

Pronin, E.N.

member of the Council, NGVRUS

Stativko, V.L.

vice-president, NGVRUS, Candidate of Science

Fateev, V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute, Doctor of Chemistry

Editor

Ershova, O.A.

E-mail: transport.1@ngvrus.ru
Phone.: +7 (498) 657 29 76

Subscription and Distribution Department

E-mail: transport.2@ngvrus.ru
Phone.: +7 (498) 657 29 77

Translation by

Khlystova A.

Computer imposition

Sherstyuk, I.V.

Editorial office address:

PO Box 253, p. Razvilka, Leninsky r-n, Moskovskaya obl, 142717
www.ngvrus.ru

Order number

Passed for press on 20.04.2014

Endorsed to be printed on 20.05.2014

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

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

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

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

CONTENTS

«Gas-engine fuel market – condition, issues and perspectives» workshop. 3

Sergey Kozlov, Vladimir Fateev

Fuel cells as perspective chemical sources of electric energy. 9

Valery Fomin

Prospects of Joining Separate Kinds of Alternative Energy Resources in Area of Development the Hydrogen Power Engineering in Domestic Transport 23

Generating alternate sources of energy problems 34

«Avtokompleks-2014» exhibition 40

Nikolay Patrakhaltsev, Igor Petrunya,

Roman Kamishnikov, Dmitry Skripnik

Decreasing of Diesel's Toxicity and Smoke by Addition of Liquid Gas to Fuel and Regulation by Variation of Displacement 41

Igor Alexandrov

Ratings tests of mechanical losses in pneus 48

Udmurtia – experiential region №18 52

Andrey Evsteeffev

Concept of well-targeted construction and continuous improvement of CNG stations regional network 53

Vladimir Katargin, Viktor Terskikh

Optimization of spare car parts warehouses' control flow 61

Gas-filling column FAS 220 WAER 67

Eugene Pronin

Africa – gas-engine fuel market development 68

Temporary complexities of Pakistan's gas-engine market 72

Municipal bus running on methan as a global trend 73

World Market CNG as motor-fuel. 76

Abstracts of articles 78

Contributors to journal issue No 3 (39) 2014 r. 79

Subscription – 2014 80

Семинар «Рынок газомоторного топлива: состояние, проблемы и перспективные пути развития»

24 апреля в Конференц-центре ООО «Газпром ВНИИГАЗ» состоялся семинар на тему «Рынок газомоторного топлива: состояние, проблемы и перспективные пути развития», организованный Национальной газомоторной ассоциацией.

3

В работе семинара приняли участие более 100 представителей дочерних организаций «Газпрома», крупных российских и зарубежных предприятий, занимающихся производством газомоторной техники и газобаллонного оборудования, а также учебных заведений и органов государственного управления.



С приветственным словом выступил исполнительный директор НГА, директор Центра использования газа **Станислав Люгай**.

Он рассказал о важной роли ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Центра использования газа в развитии газомоторного направления, а также о взаимодействии и значении НГА, подчеркнув, что именно профессионалы, объединившись под эгидой Национальной газомоторной ассоциации, распространили знания, положительный опыт, научно-техническое предвидение на новые регионы, на примерах убедили в эффективности развития газомоторного рынка, оказали содействие дальнейшему развитию процессов разработки, совершенствования и распространения новых технологий, материалов и оборудования для перевода автомобильного, железнодорожного, водного и воздушного транспорта на экологически более чистые и экономически более привлекательные виды топлива.

В результате НГА объединила в своей деятельности несколько важных аспектов, необходимых для развития нового рынка: энергию специалистов, научно-методическое обеспечение процесса и информационную открытость, привлекающую новых заинтересованных участников.

Минувшие полтора десятилетия позволили Ассоциации инициировать и осуществить целый ряд интересных проектов, вызвавших положительную динамику газомоторного сектора: способствовать разработке правовых инициатив по расширению федеральной и региональной законодательной базы, распространить опыт регионов с богатой и эффективной газомоторной инфраструктурой, участвовать в разработке глобального проекта «Голубой коридор», стать партнером ежегодной Международной выставки GasSUF и учредителем научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе», содействовать формированию экспертного отраслевого сообщества.



С.В. Люгай отметил, что все нынешние участники высоко ценят консолидирующую роль Ассоциации и ее инициатив. Это означает, что вместе можно добиться новых высот, осуществить еще не один инфраструктурный проект, привлечь отраслевую науку, наладить взаимодействие с региональными и муниципальными структурами.

С основным докладом на тему «Пути ускоренного развития газомоторного бизнеса и повышение роли НП «Национальная газомоторная ассоциация» выступил главный инженер – первый заместитель генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо» **Олег Степаненко**.



Он рассказал о задачах Общества, которое определено единым оператором по развитию рынка газомоторного топлива ОАО «Газпром». Это – комплексное развитие рынка ГМТ в Российской Федерации, закрепление в качестве отраслевого лидера на рынке ГМТ России, обеспечение значительного и стабильного роста продаж КПП и СПГ в РФ и за рубежом.



О.А. Степаненко отметил, что с учетом масштабов предполагаемого наращивания рынка производства и реализации газомоторного топлива роль государственной поддержки и стимулирования должна стать ключевой в ускорении процессов развития отрасли. Он также подчеркнул, что задачи НГА тесно пересекаются с задачами ООО «Газпром газомоторное топливо», что побудило Общество стать членом Партнерства.

ООО «Газпром газомоторное топливо» планирует занять активную позицию в составе Партнерства и предлагает рассмотреть ряд мероприятий, направленных на увеличение эффективности работы НГА в целях достижения ускоренного развития газомоторного бизнеса, а также на повышение роли и авторитета ассоциации. Есть все предпосылки к созданию на ее базе крупнейшего профессионального объединения, охватывающего все сферы газомоторного рынка и способствующего наращиванию своей роли в повышении профессионализма компаний – членов Партнерства и их дальнейшему развитию.

О перспективах применения сжиженного природного газа в качестве моторного топлива в сжиженном и регазифицированном виде рассказал главный научный сотрудник Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н., профессор **Станислав Горбачев**.

На сегодняшний день в мире получили распространение три основных технологии использования газомоторного топлива – компрессорная, криогенно-компрессорная и криогенная. Определение эффективных технологий использования газомоторного топлива – одна из первоочередных задач в проектах газификации транспорта.

При развитии производства и использования СПГ в качестве моторного топлива в РФ целесообразно ориентироваться на мировые тенденции и опыт, в том числе и зарубежных стран. При газификации техники с высокими удельными показателями потребления топлива (железнодорожный, водный транспорт, тяжелая сельскохозяйственная и спецтехника, дальние перевозчики) необходимо ориентироваться на криогенную технологию.

Для дальнейшего развития производства и использования СПГ в качестве моторного топлива необходимо вести работы по поиску новых технических решений, направленных на снижение пожароопасности объектов малотоннажного производства и потребления СПГ, разработке технических условий, унифицированных решений и типовых технических проектов станций производства и потребления СПГ. Следует завершить разработку требований пожарной безопасности к объектам малотоннажного производства и потребления СПГ и автозаправочным станциям, а также к передвижным заправщикам СПГ.

Доклад заместителя начальника Управления ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» **Петра Кузнецова** был посвящен опыту и перспективам использования природного газа в качестве моторного топлива в Уральском регионе. В частности, он рассказал о результатах деятельности компании по эксплуатации АГНКС, реализации КПП, переоборудованию автотранспорта на КПП. Также он затронул тему использования ПАГЗ для заправки АТС, популяризации КПП в качестве моторного топлива, производства СПГ и его использования в качестве топлива для подвижного состава РЖД.

Генеральный директор ОАО «Удмуртавтотранс» **Альберт Ахметшин** остановился на проблемах и перспективах перехода общественного транспорта Удмуртской Республики на компримированный природный газ. Он рассказал о проекте, целью которого является переход 70 % общественного транспорта Удмуртии на использование КПП в качестве моторного топлива. Для достижения поставленной цели необходимо: осуществить переход 570 автобусов на использование КПП; обучить персонал эксплуатации, ремонту и обслуживанию ГБА; привести инфраструктуру предприятия в соответствии с требованиями НТД, предъявляемыми к эксплуатации, ремонту и обслуживанию ГБА; развить сеть сервисных центров по установке, ремонту и техническому обслуживанию ГБО.

Планом проекта предусмотрена реализация трех основных этапов:

I этап (2013 г.) – «Опытная эксплуатация ГБА»;

II этап (2014–2015 гг.) – «Пилотный проект: строительство двух АГНКС и переход на КПП 50 % подвижного состава»;

III этап (2016–2020 гг.) – «Ввод в эксплуатацию 7 АГНКС. Эксплуатация 70 % автобусного парка на КПП».

А.Ю. Ахметшин рассказал также о проблемах, без решения которых невозможно осуществить поставленные задачи.

Опытом внедрения газомоторного топлива в Республике Беларусь поделился заместитель генерального директора по реализации ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» **Дмитрий Аннюк**. Он дал краткую характеристику сети АГНКС в Беларуси, рассказал о проводимых мероприятиях по увеличению объемов реализации КПП, использованию ПАГЗов и расширению сети с помощью пунктов бескомпрессорной заправки.

Д.М. Аннюк также проанализировал производственные результаты эксплуатации сети АГНКС, рассказал о государственном регулировании и последних достижениях промышленности в области использования природного газа на транспорте.

О задачах России в контексте развития мирового рынка использования газа в качестве моторного топлива рассказал главный специалист ООО «Газпром экспорт» **Евгений Пронин**.

Он отметил, что современный этап развития альтернативных видов моторного топлива в части использования природного газа характеризуется тем, что с начала XXI в. локальные (национальные) рынки стали складываться в региональные, что в свою очередь привело к формированию глобального межотраслевого сегмента промышленности. Российский газомоторный рынок по ключевым показателям развивается медленнее, чем в странах-лидерах. Темпы прироста парка ГБА за 2004–2013 гг. в России в 3,2 раза ниже мировых, АГНКС – в 2,3 раза, а потребление природного газа на транспорте – в 1,3 раза ниже мирового.

Однако нельзя говорить о тотальном отставании России в этих вопросах. За последние 10 лет спрос на КПП в России вырос в 2,4 раза, парк автомобилей на метане – в 1,6 раза, а численность АГНКС – всего в 1,2 раза. За этот же период природный газ на АГНКС России подорожал в 2,7 раза. Но при этом его номинальная цена в ряде регионов достигла 12 руб./м³, в то время как цена дизельного топлива взлетела до 33 руб./л. Трехкратная разница в цене на эти виды моторного топлива за 10 лет практически не изменилась.

По мнению Е.Н. Пронина, задача газификации транспорта не может быть эффективно решена при отсутствии межотраслевой программы восстановления и развития отечественного производства газоиспользующей и газозаправочной техники.

Опыту развития газозаправочной сети в Германии посвятил свое выступление начальник департамента Представительства «Э.ОН Глобал Коммодитиз СЕ», член совета НГА **Андрэ Шуманн**. В частности, он рассказал о развитии заправочной инфраструктуры КПП в Европе и Германии. Также в докладе он рассказал об инициативе газовой промышленности Германии по развитию рынка КПП, о факторах развития рынка КПП, актуальных проблемах использования природного газа в качестве моторного топлива.





Газобаллонный автомобиль
фирмы Volkswagen

Директор по газомоторной технике и диверсификации ОАО «КАМАЗ» **Евгений Пронин** подготовил доклад на тему «Газомоторные автомобили КАМАЗ на природном газе как инструмент энергосбережения и энергоэффективности». В докладе было уделено внимание широкому использованию природного газа как моторного топлива, которое приобрело в последние годы статус государственной программы.

ОАО «КАМАЗ» с 1991 г. активно занимается разработкой и освоением производства газомоторной техники, модельный ряд которой на данный момент насчитывает более 30 моделей автомобилей, включая широкую гамму спецтехники для городского хозяйства, и 5 моделей автобусов. Необходимым условием расширения использования газомоторной техники является специально подготовленная сервисная сеть, развитию которой ОАО «КАМАЗ» придает большое значение. 24 сервисных центра по всей стране уже готовы обслуживать газовые автомобили и автобусы. Детально отработана технология сервиса, определен стандартный набор оборудования, созданы учебные программы и специальные учебные центры.

Практика показала, что только комплексный подход к формированию условий для использования газомоторной техники в каждом регионе обеспечивает успех. Это означает, что необходимо одновременно создавать плотную сеть АГНКС, развивать технический сервис, готовить инфраструктуру транспортных предприятий и вводить в эксплуатацию достаточное количество газомоторной техники.

Е.П. Пронин рассказал о пилотном проекте практической реализации такого подхода в Республике Татарстан. Его участниками стали ОАО «Газпром», правительство республики, ОАО «КАМАЗ» и другие производители газомоторной техники. В регионе уже эксплуатируется большое число городских автобусов и коммунальной техники на газовом топливе, строятся и реконструируются АГНКС, существуют развитая сеть сервиса и учебный центр.

Вместе с тем дальнейшее развитие проекта в масштабах страны требует на начальном этапе действенных мер государственного стимулирования, наиболее эффективной формой которых является субсидирование потребителей на приобретение газомоторной техники.

Совместный доклад о техническом развитии, опыте в области машиностроения, монтажа и эксплуатации заправочных станций в Германии подготовили управляющий директор **Геррит Брункен** и инженер **Даниел Мох** компании CeH4 technologies GmbH.

В Германии насчитывается около 900 АГНКС, доступных для 100 тыс. автомобилей. Эти цифры показывают, что эффективность ПГ в качестве топлива не так высока, как могла бы быть. С учетом стремления домашних хозяйств и предприятий к снижению энергозатрат КПГ может стать реальным способом компенсации средств.

Существующая конструкция АГНКС, по мнению докладчиков, обладает очень низкой производительностью (100...200 м³/ч). В результате высокой нагрузки компрессора повышаются расходы на техническое обслуживание и эксплуатацию. Помимо этого, большинство станций получают газ из газовых сетей под низким давлением, что неэффективно. Перспективная конструкция АГНКС должна быть ориентирована на большую загрузку транспортными средствами, что требует большей производительности (800...1500 м³/ч). Чем выше давление газовой сети, тем ниже эксплуатационные расходы станции.

CeH4 разработала мобильную АГНКС, которая может быть легко адаптирована к различным требованиям и условиям эксплуатации. Высокая производительность и стандартный размер заправочной станции дают возможность

использовать АГНКС в качестве временного или постоянного решения. АГНКС построена в соответствии с европейскими и национальными правилами и стандартами.

Владимир Руденко, главный инженер, заместитель генерального директора ОАО «ВНИКТИ», выступил с докладом на тему «Опыт создания и предварительных испытаний в условиях эксплуатации систем газоподготовки СПГ. Перспективы использования СПГ на локомотивах ОАО «РЖД».

ОАО «ВНИКТИ» по заданию РЖД разработало и проводит предварительные испытания в условиях эксплуатации магистрального газотурбовоза с газовой турбиной (мощность 8,5 МВт, запас СПГ 20 т) и маневрового газотепловоза с газопоршневым двигателем (мощность 0,8 МВт, запас топлива 5 т). Для газотурбовоза разработана система газоподготовки среднего давления (0,2...0,3 МПа) с расходом топлива до 2,5 т/ч. В процессе разработки и испытаний проверено три варианта гидравлических схем, исследована надежность соединений и арматуры в условиях реальной эксплуатации (температура воздуха от -45 до 35 °С, уровень вибраций – до 1 г с частотами до 100 Гц). Для маневрового локомотива разработана безнасосная система газоподготовки низкого давления (0,22...0,31 МПа) с расходом газа до 250 кг/ч.

В основном системы готовы к серийному производству, однако есть ряд вопросов, требующих решения. К числу этих проблем В.Ф. Руденко отнес недостаточный ресурс работы арматуры и прежде всего насоса в условиях транспортной вибрации, недостаточное развитие инфраструктуры по производству СПГ и выполнению заправок, наличие в СПГ большого количества ШФЛУ и углекислоты, что приводит к снижению надежности арматуры, а также отсутствие нормативной базы.

В настоящее время в ОАО «ВНИКТИ» разработаны и проходят предварительные испытания опытные образцы магистрального и маневрового газовых локомотивов, серийное производство которых планируется со следующего года. Только для Свердловской дороги (депо «Сургут») до 2020 г. требуется по 50 таких локомотивов.

Об опыте развития рынка газомоторного топлива в Сибирском регионе рассказал главный инженер, первый заместитель директора филиала ООО «Газпром трансгаз Томск» **Александр Железнов**.

Филиал ООО «Газпром трансгаз Томск» – «Томскавтогаз» – занимается развитием рынка газомоторного топлива на территории Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. Основным видом его деятельности является реализация КПП через сеть АГНКС. В настоящее время в эксплуатации находятся 11 АГНКС, расположенных на территории Томской, Новосибирской, Кемеровской, Иркутской областей и Республики Алтай. Первая АГНКС была построена в 1987 г. в Томске. На сегодняшний день большинство станций реконструировано.

Филиал демонстрирует устойчивую динамику роста объемов реализации КПП с 2009 г. Для повышения лояльности потребителей разработана и применяется маркетинговая политика в области производства и реализации газомоторного топлива, позволяющая получать потребителям скидки, а также замораживать цену на топливо на срок до двух лет.

Филиал активно занимается популяризацией серийного газового транспорта. При поддержке ООО «Газпром трансгаз Томск» проходят испытания газобаллонных автомобилей, приобретается серийная газовая техника.

На сегодняшний день рассматриваются такие направления развития газозаправочной инфраструктуры как строительство АГНКС с непосредственным подключением к ГРС, размещение компактных КПП-блоков на многотопливных АЗС, применение передвижных автомобильных газозаправщиков, «материнско-дочерних» АГНКС и крио-АЗС.

Мобильным средствам заправки КПП и СПГ был посвящен доклад заместителя начальника отдела ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» **Бориса Соболева**.

На базе ранее разработанного и изготовленного на предприятии опытного образца передвижной газификационной установки ПГУ 20-1000 ГНПРКЦ,

прошедшего цикл опытной эксплуатации, выполнена работа по компоновке следующих изделий:

МГВД-10, предназначенного для заправки КПП сельскохозяйственной техники и автотранспорта в полевых условиях с хранением и транспортировкой природного газа в сжиженном состоянии;

МГВД-20, предназначенного для заправки КПП автотранспорта на АТП, автомагистралях и в городской черте с хранением и транспортировкой природного газа в сжиженном состоянии;

ТЗК-40 с насосной подачей, предназначенного для перевозки СПГ и слива его в криогенные емкости энергетических установок, а также для заправки криогенных бортовых емкостей автомобилей, тепловозов, речных судов, самолетов и ракетносителей.

В настоящее время ведется работа по заключению договоров с ООО «РариТЭК» на разработку конструкторской и эксплуатационной документации и изготовление опытных образцов с последующей сертификацией и поставкой в регионы РФ единого пакета – автотранспорт, заправочные комплексы, сервисное обслуживание.

Тема выступления директора по продажам в Восточной Европе компании Xperion Energy & Environment **Дарии Берндт** была сформулирована так: «Баллоны высокого давления из композитных материалов – безопасная и экономически эффективная технология хранения и транспортировки газа». Технологические разработки компании концентрируются на создании и интеграции легких изделий из современных композитных материалов, применяемых для преобразования, хранения и транспортировки энергии. Запатентованная гибридная технология производства баллонов высокого давления IV типа Xperion устанавливает новые стандарты в сфере хранения и транспортировки КПП. Прочность и безопасность баллонов марки X-STORE подтверждается сертификацией по международным стандартам.

В докладе генерального директора ООО «ВИТКОВИЦЕ РУС» **Антонина Беранека** и его заместителя **Андрея Сульдина** был изложен европейский опыт и планы компании Vitkovice Machinery Group (Чехия) относительно России в производстве, использовании и поставках оборудования для транспорта на газомоторном топливе, а также инфраструктуры по хранению, перевозке и заправке КПП.

В работе Семинара в качестве экспертов приняли участие:

- главный научный сотрудник ВНИИПО МЧС России, доктор технических наук В.Л. Карпов;
- главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор С.П. Горбачев;
- профессор МАДИ, кандидат технических наук Ю.В. Панов;
- директор АНО «Региональный Центр сертификации, мониторинга качества и защиты прав потребителей» В.И. Строганов;
- начальник управления энергосберегающих технологий и альтернативных топлив ФГУП «НАМИ», кандидат технических наук В.А. Лукшо;
- начальник лаборатории стандартизации и сертификации ООО «Газпром ВНИИГАЗ» С.Н. Десяткин.

Семинар вызвал большой интерес всех участников газомоторной отрасли. В ходе его состоялись дискуссии, оживленный обмен мнениями и опытом по дальнейшему развитию и расширению использования природного газа в качестве моторного топлива. Участники отметили важность и полезность содержательной части и высокий уровень организации и проведения семинара, а также высказали пожелание о необходимости дальнейшего проведения таких мероприятий на площадке Национальной газомоторной ассоциации.

**26 июня 2014 года в Конференц-центре
ООО «Газпром ВНИИГАЗ» состоится общегодовое собрание
членов НП «Национальная газомоторная ассоциация».
Начало в 10 часов.**

Справки по тел. +7 (498) 657-41-35

Топливные элементы – перспективные химические источники электрической энергии

С.И. Козлов, профессор, д.т.н.,

В.Н. Фатеев, заместитель директора Центра физико-химических технологий

НИЦ «Курчатовский институт», профессор, д.х.н.

Окончание. Начало в № 2 (38)

Материал представляет собой краткий обзор современного состояния дел по основным типам топливных элементов и энергоустановок на их базе ведущих западных и отечественных фирм.

Химические источники тока разделены на три большие группы – гальванические элементы одноразового применения, аккумуляторы и топливные элементы. Приведены их достоинства и недостатки. Дано описание устройства и принципа работы топливных элементов (ТЭ). Принципиально все ТЭ устроены одинаково, а отличаются они типом электролита и конструкционных материалов, рабочими температурами, электродными реакциями, конструктивным исполнением. Приведены электродные реакции в твердополимерных, щелочных, фосфорнокислых, расплавкарбонатных и твердооксидных ТЭ, а также принципиальная схема энергоустановки на ТЭ.

Представлен термодинамический анализ параметра «термический КПД» для ТЭ и тепловых двигателей. Приведены особенности конструкции энергоустановок (ЭУ) различного назначения на ТЭ с щелочным электролитом. Даны параметры ЭУ космических кораблей «Аполлон», «Шаттл», «Буран», а также описание особенностей конструкции ЭУ для подводной лодки проекта 613Э, автомобилей ВАЗ и стационарной когенерационной ЭУ «ЭЛТЭГ».

Энергоустановки на ТЭ с твердым полимерным электролитом (ТЭТПЭ) в настоящее время являются наиболее перспективными для решения широкого круга задач. Кроме транспорта, ТЭТПЭ начинают использовать для систем резервного/аварийного энергообеспечения, автономного теплоэлектроснабжения зданий, сооружений. Разработкой и производством ТЭТПЭ занимается большое число компаний, среди которых можно выделить американские компании Plug Power, UTC, канадскую компанию Ballard Power Systems Inc., немецкую компанию Siemens. Подобные исследования и разработки ТЭТПЭ проводят ФГУ РНЦ «Курчатовский институт», РФЯЦ-ВННИИЭФ, ЦНИИ СЭТ, компания НИК НЭП, ФГУП «Красная Звезда», а также ряд других исследовательских организаций. Описаны главные проблемы на пути создания ЭУ на ТЭТПЭ.

Энергоустановки на ТЭ с фосфорнокислым электролитом достигли стадии промышленного мелкосерийного производства. Описан опыт применения в России таких ЭУ. Дано описание результатов работ ведущих фирм по созданию ЭУ на ТЭ с расплавленным карбонатным электролитом и ЭУ на ТЭ с твердым оксидным электролитом, а также ТЭ с прямым окислением реагентов или портативных топливных элементов.

Ключевые слова:

топливные элементы, электродные материалы, катализаторы, энергоустановка.

Энергоустановки на ТЭ с расплавленным карбонатным электролитом

10

Расплавкарбонатные топливные элементы (РКТЭ) относятся к высоко-температурным ТЭ. Их рабочие температуры составляют 600...800 °С. Лабораторные образцы топливных элементов этого типа создали в конце 1950-х гг. голландские ученые G.H.J. Broers и J.A.A. Ketelaar, а в 1960-х гг. существенное развитие работ в области РКТЭ было достигнуто благодаря исследованиям английского инженера F. Васон. Первоначально РКТЭ разрабатывались в рамках космических программ, и именно они использовались в программах НАСА Apollo, Apollo-Soyuz и Scylab (США) в качестве источника бортового энергоснабжения (рис. 21).



Рис. 21. ЭУ на РКТЭ космического корабля Apollo (экспонат Музея космической истории, Нью-Мексико, США)

В середине 1970-х гг. Министерство энергетики США приняло решение о разработке РКТЭ для коммерческих целей, а в 1990-х уже были изготовлены

несколько ЭУ на РКТЭ мощностью до 250 кВт и начаты их испытания на авиабазе ВМФ США «Miramar» в Калифорнии.

В РКТЭ в качестве электролита используется эвтектическая смесь карбонатов щелочных металлов ($\text{Li}_2\text{CO}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3$ и/или Na_2CO_3) в пористой матрице на основе LiAlO_2 , модифицированного оксидами алюминия или циркония.

Основной материал электродов – пористый Ni, а также Ni с добавками Cr или Al (до 10 % масс.). В процессе работы пористый Ni окисляется, а оксид никеля взаимодействует с карбонатными ионами расплава и постепенно растворяется. Введение в расплав некоторых металлов (Sr, Ba) позволяет несколько снизить скорость растворения никеля.

Ведется разработка более стабильных катодных материалов, среди которых можно отметить NiO, модифицированный оксидами железа и кобальта, LiCoO_2 , LiFeO_2 , LiTiO_3 или Li_2MnO_3 , однако полностью проблема не решена.

РКТЭ работают при температурах 600...800 °С, что позволяет в качестве топлива использовать не только водород, но и некоторые другие восстановители, например, CO. Возможно использование CH_4 , его так называемой «внутренней конверсии» на аноде ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3\text{H}_2$), протекающей внутри батареи топливного элемента на отдельном катализаторе (рис. 22).

При «внутренней конверсии» состав топливной смеси (CH_4 и образующиеся продукты конверсии) меняется постепенно по мере ее прохождения по ячейкам РКТЭ, причем высокие температуры препятствуют полной конверсии метана. Все это снижает удельную мощность и КПД, более высокие при использовании уже конвертированного топлива. Таким образом, внешний конвертор предпочтителен, особенно при рабочей температуре РКТЭ ниже 700 °С, так как при этих температурах уменьшается степень превращения метана.

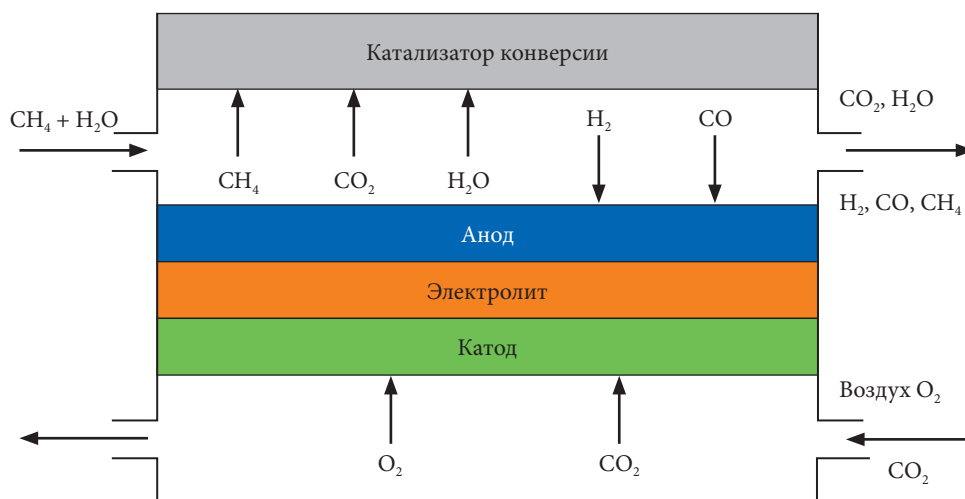


Рис. 22. Схема работы РКТЭ с прямой внутренней конверсией топлива

РКТЭ имеют высокий КПД – до 55 % по электричеству и до 85 % общей (тепловая + электрическая энергия), но низкий коэффициент использования топлива (20...30 %), что делает всю систему энергетически невыгодной. Этот недостаток может быть исправлен в комбинированных ЭУ РКТЭ с помощью паровой турбины с дополнительным производством электроэнергии. Высокотемпературные ТЭ позволяют использовать высокопотенциальную теплоту, что повышает КПД производства электроэнергии до 70 %.

К недостаткам РКТЭ следует отнести некоторые проблемы с ресурсом, обусловленные коррозией конструкционных материалов, которая существенно ускоряется примесями галогенидов и сульфидов в электролите, а также потерями электролита. ЭУ на РКТЭ в сравнении с низкотемпературными требуют относительно долгого запуска и не поддаются быстрой регулировке мощности.

Разработки РКТЭ интенсивно проводятся в США, Японии и ряде стран Европы. В России работы в основном ограничены НИР (ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург).

Американская компания FuelCell Energy – лидер в области производства ЭУ на РКТЭ – предлагает ЭУ различной

мощности (рис. 23). КПД этих установок по выработке электроэнергии 47 %, основное топливо – природный газ.



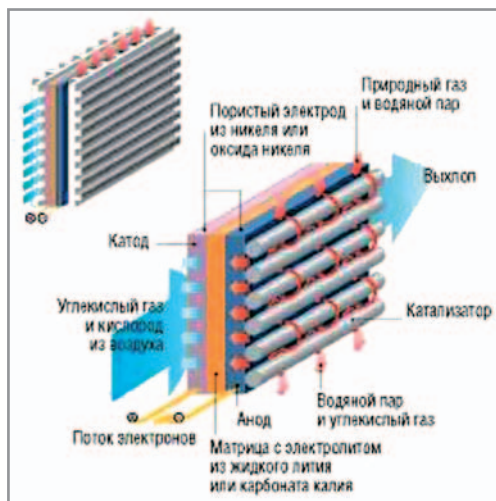
Рис. 23. Установка DFC1500 компании FuelCell Energy мощностью 1,4 МВт

ЭУ на РКТЭ мощностью 1 МВт успешно работает на предприятии по водоочистке County's South Wastewater Treatment Facility. Существенно, что топливом для этой установки служит получаемый на предприятии биогаз.

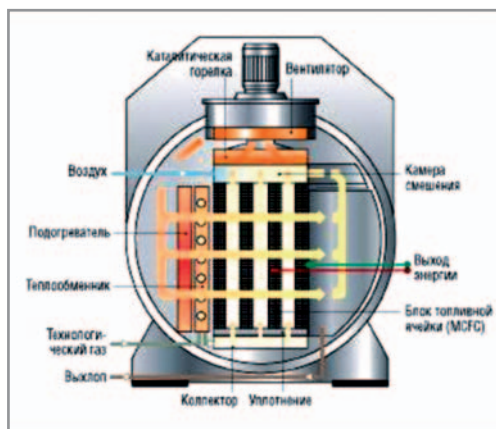
FuelCell Energy разрабатывает также ЭУ на РКТЭ мощностью 500 кВт для морского применения. Установка будет работать на стандартных жидких

топливах: авиакеросине и дизельном топливе. ЭУ создаются в модульном исполнении, что позволит их применять как на военных, так и на гражданских судах.

ЭУ на РКТЭ выпускает немецкая компания MTU CFC Solutions (рис. 24).



а



б

Рис. 24. Конструкция ячейки (а) и батареи (б) РКТЭ ЭУ фирмы MTU

ЭУ фирмы MTU может использоваться как для утилизации теплоты, так и для генерации холода. Энергоустановки MTU наработали суммарно около 180 тыс. ч и были рекомендованы к серийному производству. Они имеют низкий уровень эмиссии вредных веществ и требуют воздуха для горения значительно меньше, чем традиционные

двигатели внутреннего сгорания. Выходящий из ЭУ пар с температурой 400 °С может использоваться для различных технологических нужд: например, для стерилизации медицинских инструментов, вулканизации шин и т.д. Генерируемая теплота может также использоваться для генерации холода с помощью абсорбционных машин. Отмечается, что в ЭУ не используются какие-либо редкие материалы.

Фирма MTU разрабатывает мини-ТЭЦ мегаваттного уровня (рис. 25, табл. 4), состоящие из трех основных блоков:

- высокотемпературного модуля, который включает в себя батарею РКТЭ, камеру смешения наружного воздуха и газов, образующихся на анодах и катодах, сборник катодного газа, два циркуляционных вентилятора и подогреватель для запуска;
- блока подготовки газа для РКТЭ, обеспечивающего доочистку от серы, подогрев и увлажнение газа;
- инвертора с модулем управления.

При дооснащении мини-ТЭЦ паровыми турбинами суммарный КПД по производству электричества достигнет 65 %. Причем возможно использование различных газов в качестве топлива с сохранением высокого уровня КПД (природный и угольный газ, биогаз, синтетические газы и др.).

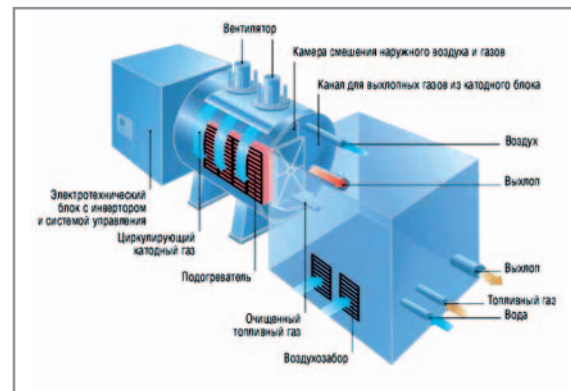


Рис. 25. Схема мини-ТЭЦ компании MTU CFC Solutions

Таблица 4

Основные технические показатели мини-ТЭЦ

Параметры	Значение
Габаритные размеры, м	7,3×2,5×3,2
КПД, % общий максимальный электрический / модуля РКТЭ	90 55/47
Электрическая мощность модуля ТЭ, кВт максимальная длительная	280 (постоянный ток) 245
Утилизируемая теплота, кВт	180
Температура уходящих газов, °С	~ 400
Объемный расход газа, максимальный, м ³ /ч	1500
Относительная влажность газа, % _{об}	18
Эмиссия при работе на природном газе, ppm SO ₂ NO _x CO	Нет Нет Менее 9

Европейский лидер в области ЭУ на РКТЭ – итальянская компания Ansaldo Fuel Cells (AFCo), которая вышла на уровень демонстрации установок мощностью 0,1...1 МВт, а также ведет разработку электростанций на 20...30 МВт (рис. 26).

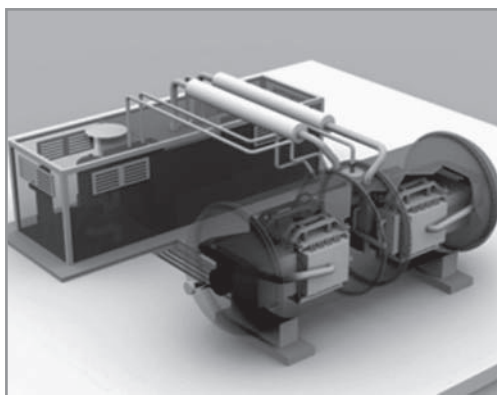


Рис. 26. Установка Series 2TW компании Ansaldo Fuel Cells

Таким образом, хотя первоначально ЭУ на РКТЭ разрабатывались для космических программ NASA, в дальнейшем в этой области их вытеснили ЩТЭ и ТЭТПЭ. Поэтому основной сферой применения РКТЭ считается стационарная энергетика, причем ЭУ могут работать как автономно, так и совместно с сетью.

Для городского автотранспорта, резервного энергоснабжения и т.п. РКТЭ не перспективны из-за высоких рабочих температур и значительного времени пуска. Очевидно, что КПД при мощностях РКТЭ менее 100 кВт будет снижаться, так как в этом случае сложнее избежать тепловых потерь. Однако для тех видов транспорта, где требуются высокие мощности и длительный стационарный режим работы (например, морской транспорт), РКТЭ представляют интерес, и работы в этом направлении продолжаются.

Технические характеристики установки Series 2TW

Ток, А.....	До 1200
Напряжение на батарее, В.....	90–150
Мощность, кВт.....	До 500
Выбросы, кг/МВт·ч.....	NO _x < 0,003; SO _x < 0,0005; CO < 0,001

Энергоустановки на топливных элементах с твердым оксидным электролитом

14

Основой твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) являются твердые керамические материалы – оксидные композиции с ионно-электронной проводимостью. Проводимость твердых электролитов обусловлена перемещением ионов по дефектам кристаллической решетки [1]. В ЭУ на ТОТЭ используются ионные проводники (твердые электролиты) на основе диоксида циркония (ZrO_2), стабилизированного Y_2O_3 , Sc_2O_3 , Yb_2O_3 или CaO , которые образуют с ним твердые растворы и обеспечивают стабильную эффективную ионную проводимость по дефектам кристаллической решетки. С учетом физико-химических свойств и стоимости в основном используют ZrO_2 с Y_2O_3 (7...9 %_{мольн}). Рабочие температуры 850...1000 °С, удельное сопротивление более 10 Ом·см при 1000 °С. Известны некоторые другие твердые электролиты, обладающие ионной проводимостью, например, $LaGaO_3$, CeO_3 , Cd_2O_3 , BaO_3 и др., которые имеют более низкое удельное сопротивление даже при более низких температурах, однако они либо уступают электролиту ZrO_2

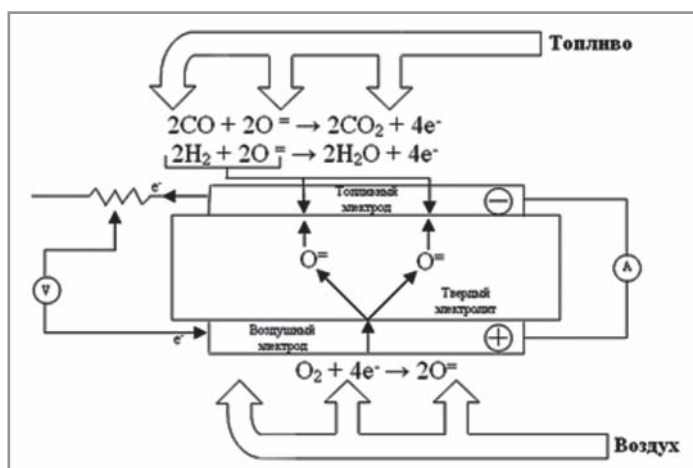


Рис. 27. Принцип работы ТОТЭ

по химической стабильности и величине электропроводности, либо имеют заметную долю электронной проводимости, снижающую напряжение и КПД.

Принцип работы ячейки ТОТЭ схематично представлен на рис. 27 [1].

Конструктивной особенностью ТОТЭ является возможность использования самого электролита в качестве несущей основы топливного элемента. Это привело к созданию ТОТЭ трубчатой, планарной и сотовой конструкций.

Варианты трубчатой и пластинчатой конструкций представлены на рис. 28. В трубчатой конструкции минимальная толщина электролита 30...50 мкм, пластинчатая конструкция позволяет уменьшить толщину в 2-3 раза.

На поверхность твердого электролита наносят пористый композит, состоящий из электронного проводника, катализатора и ионного проводника. Отсутствие жидкого электролита создает проблемы, аналогичные проблемам каталитических слоев в ТЭПЭ. Высокая рабочая температура ведет к тому, что кинетические (реакция на поверхности катализатора) и диффузионные ограничения в газовой фазе имеют существенно меньшее значение, чем для низкотемпературных систем, а разница в каталитической активности электродных материалов становится несущественной, но создает проблемы со стабильностью электродных материалов. В то же время появилась возможность полного исключения металлов платиновой группы. Так, в качестве материалов для анода используются $NiZrO_2$ или $CoZrO_2$, а в качестве материала катода – перовскиты (полупроводниковые оксиды), в частности $La_xSr_yMnO_3$ и $La_xSr_yCoO_3$. В качестве соединительных элементов ячеек применяют никель, его сплавы с железом, $LaCrO_3$. Однако при высоких температурах неплатиновые материалы катода и соединительных элементов за счет взаимной диффузии и химического взаимодействия с материалом твердого

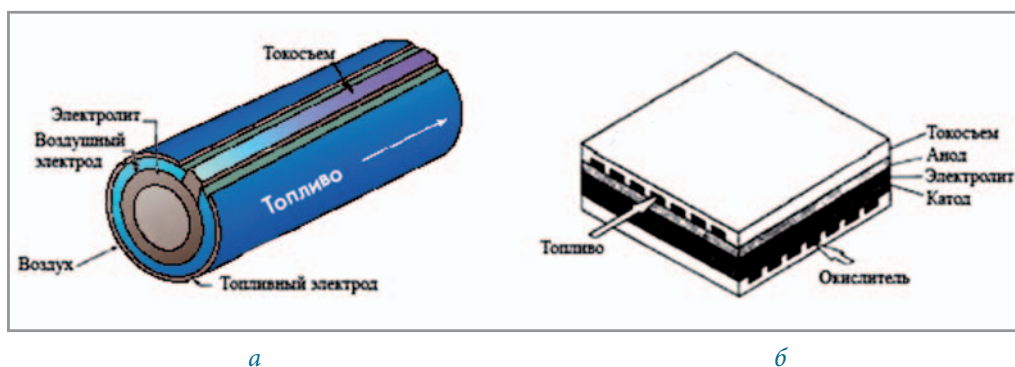


Рис. 28. Трубчатая (а) и пластинчатая (б) конструкции ТОТЭ

электролита образуют соединения с низкой электропроводностью.

Высокие рабочие температуры требуют решения ряда конструкционных проблем, в частности, проблем совместимости используемых материалов при температурном расширении, их взаимной диффузии и т.п. Как следствие, ТОТЭ требуют достаточно большего времени для выхода на рабочий режим, чтобы избежать разрушения компонентов батарей ТОТЭ.

ТОТЭ «всеядны», малочувствительны к каталитическим ядам и относительно легко встраиваются в различные энергетические циклы за счет высокопотенциальной теплоты продуктов реакции. Не менее важно то, что высокопотенциальная теплота и отходящий пар позволяют эффективно комбинировать ТОТЭ с паровыми и газовыми турбинами, повышая КПД установки приблизительно до 70 %.

ЭУ на ТОТЭ разрабатываются в основном для стационарного применения как источники тепловой и электрической энергии. Лидирующее положение в этой области занимает компания Siemens Power Generation [5].

В Siemens планируется выпуск ЭУ для производства тепловой и электрической энергии мощностью от 250 кВт до 3 МВт (для гибридных систем – ТОТЭ+турбина). Компания начала коммерциализацию установок двух основных типов.

Первый – ЭУ SFC-200 мощностью

125 кВт, работающая на природном газе и имеющая КПД по выработке электроэнергии 44...47 % (общий КПД с утилизацией теплоты для получения горячей воды более 80 %). ЭУ имеет воздушное охлаждение. Единственным детектируемым токсичным выбросом является NO_x (<0,5 ppm). Эта установка служит базой для создания ЭУ мощностью 500 кВт.

Второй тип установок – это гибридные установки мощностью 0,5 МВт и выше с паровой турбиной. КПД по выработке электроэнергии 58...70 % и около 80 % при использовании электрической и тепловой энергии (горячая вода/пар). Рабочее давление 0,3...0,4 МПа.

Siemens Power Generation разрабатывает и ТОТЭ пластинчатой конструкции – созданы варианты ТОТЭ, не требующих уплотнения. Совместно с компанией Fuel Cell Technologies Ltd изготовлен прототип ЭУ с пластинчатыми ТОТЭ мощностью 5 кВт (рис. 29).

Хотя применение ТОТЭ в качестве основной энергоустановки для различных видов транспорта маловероятно, однако их использование для питания вспомогательных систем на транспорте может оказаться весьма перспективным. Так, корпорация Boeing разрабатывает ЭУ на ТОТЭ для бортового питания самолетов на стоянке. ЭУ мощностью 440 кВт позволит сократить потребление керосина на 75 % во время стоянки самолета.



Рис. 29. Прототип ЭУ с пластинчатыми ТОТЭ мощностью 5 кВт

ТОТЭ малых мощностей разработали компании Sulzer Hexis (Швейцария) и EWE AG (Германия) [1]. В демонстрационных образцах ЭУ достигнуты плотности тока до 1 A/cm^2 при выходном напряжении $0,75 \text{ В}$, но в предлагаемых на рынке ЭУ плотности тока почти в 3 раза ниже.

На рис. 30 показана батарея ТОТЭ из 24 элементов, разработанная корпорацией Siemens Westinghouse Power Corporation [6]. ЭУ генерирует 109 кВт электроэнергии и 64 кВт теплоты (горячая вода). Установка подтвердила возможность получения электроэнергии с КПД 46% , а также показала высокую стабильность характеристик. Осмотр установки после работы в течение 16667 ч показал, что батареи топливных элементов находятся в хорошем состоянии.

В России разработка ТОТЭ проводится в Институте высокотемпературной электрохимии УрО РАН (г. Екатеринбург), в Российском федеральном ядерном центре ВНИИТФ (г. Снежинск)

и ГНЦ РФ Физико-энергетический институт (г. Обнинск).

Следует отметить, что Россия была одним из лидеров в области разработки ТОТЭ (ИВТЭ УрО РАН), и первая установка мощностью 1 кВт в Европе (Италия) была создана именно с батареей ИВТЭ УрО РАН, однако в дальнейшем темпы работ в этой области были заметно снижены и сейчас приходится наверстывать упущенное. Работы в этом направлении ведутся при поддержке ОАО «Газпром».

Так, при поддержке Газпрома в РФЯЦ-ВНИИТФ (г. Снежинск) совместно с РФЯЦ-ВНИИЭФ (г. Саров) и Институтом катализа РАН (г. Новосибирск) разработана ЭУ мощностью $1,5 \text{ кВт}$ с рабочей температурой более 900°C . Батарея ТЭ состоит из трубчатых модулей, имеющих удельную мощность до 200 мВт/см^2 и напряжение $0,55 \text{ В}$ (рис. 31). Установка имеет внешний конвертор топлива, и коэффициент использования топлива составляет 85% .

Пластинчатые ТОТЭ представляют большой интерес в связи с возможностью существенного снижения толщины твердого электролита и омических

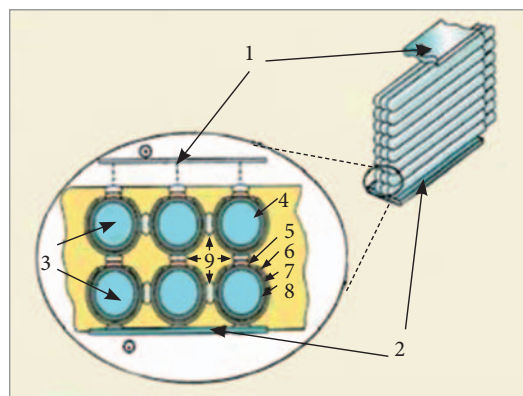


Рис. 30. Конструкция батареи SOFC фирмы Siemens Westinghouse Power Corporation:

1 – катодная шина; 2 – анодная шина; 3 – воздушные каналы; 4 – топливные каналы; 5 – коммутатор единичных ячеек; 6 – топливный электрод; 7 – электролит; 8 – воздушный электрод; 9 – никелевая «подушка»

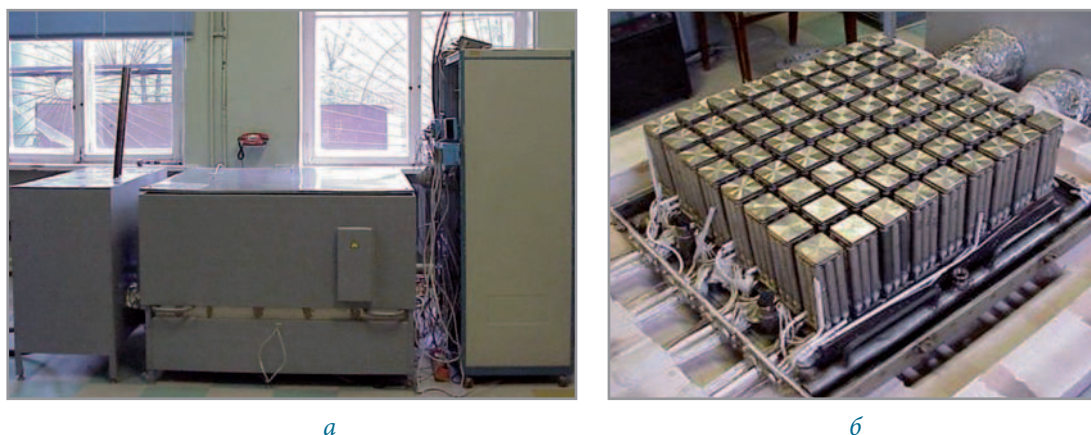


Рис. 31. Отечественная демонстрационная ЭУ (а) и модуль ТОТЭ трубчатого типа (б)

потерь в нем (рис. 32, 33). Однако создание промышленных ЭУ на основе такого типа тонких пленок – вопрос будущего.

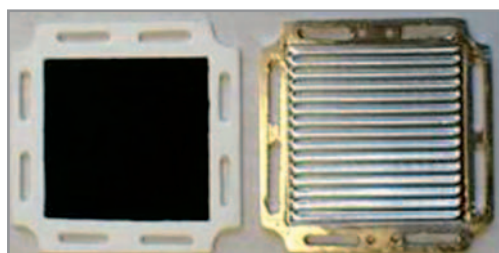


Рис. 32. катодная шина; 2 – анодная шина; (слева) и металлический коммутатор ячеек



Рис. 33. Батарея ТОТЭ с пятью пластинчатыми ячейками

Высокие рабочие температуры ТОТЭ в принципе позволяют решить проблему прямого использования углерода в топливных элементах. Для эффективного транспорта твердого реагента (углерод) к плоской поверхности электрода компанией CellTech Power (США)

предложена оригинальная конструкция ТЭ на основе диоксида циркония. В анодной зоне ТОТЭ находится расплав Sn и SnO_x, с которым и взаимодействует диспергируемый в нем углерод. Его окисление протекает по реакции: SnO₂+C=CO₂+Sn, а регенерация SnO₂ идет за счет восстановления Sn на поверхности анода. Рабочая температура (1100 °С) позволяет при такой организации процесса напрямую использовать любые виды топлива, включая биомассу, но усложняет подбор конструкционных материалов. Общая эффективность предлагаемого процесса пока не совсем ясна.

По многочисленным прогнозам ТОТЭ рассматриваются как наиболее перспективные ТЭ для децентрализованного энергоснабжения, и потенциальный объем их рынка считается вторым после ТЭТПЭ. Однако при этом подразумевается децентрализованное производство электроэнергии на основе органических топлив и, в первую очередь, природного газа. Хотя за счет более высоких значений КПД выброс CO₂ в этом случае существенно уменьшится, но это не радикальное решение проблемы парникового эффекта. На более отдаленную перспективу (после 2050 г.) следует полагать, что ТОТЭ должны стать одним из основных компонентов атомно-водородной энергетики.

Топливные элементы с прямым окислением реагентов или портативные топливные элементы

18

Такие ТЭ предназначены для питания мобильных телефонов, переносных компьютеров и т.п. Интерес к ним обусловлен тем, что для их зарядки не требуется источник электроэнергии, а необходима лишь замена топливного картриджа, что обеспечивает возможность длительного автономного использования переносной оргтехники.

К портативным топливным элементам (ПТЭ) относятся в первую очередь топливные элементы с прямым окислением спиртов (метанол, этанол) без предварительного получения водорода. Наиболее перспективными считаются ПТЭ с твердым полимерным электролитом (в англоязычной литературе принята аббревиатура DMFC – Direct Methanol Fuel Cell), так как в отличие от пористой диафрагмы в ЩТЭ полимерная мембрана позволяет существенно снизить скорость подачи восстановителя (топливо) к кислородному электроду и тем самым повысить удельную энергоемкость ПТЭ. Очевидно, что среднетемпературные и высокотемпературные топливные элементы не могут быть использованы в переносной оргтехнике.

Наибольшее развитие получили ПТЭ с прямым окислением метанола. Такие ТЭ уже предлагаются для питания портативной техники (рис. 34).

Одним из существенных преимуществ топливных элементов с прямым окислением метанола по сравнению с водородными топливными элементами является то, что топливо хранится в виде жидкого водного раствора, что более удобно и взрывобезопасно. По удельным характеристикам метанольные топливные элементы сравнимы с литийионными аккумуляторами и вполне могут их превзойти.

В качестве топлива в ПТЭ используется 0,5–4%-ный водный раствор метанола. Это обусловлено необходимостью уменьшения концентрации метанола для снижения скорости его переноса через мембрану, а также участием воды в анодной реакции. На аноде протекает реакция окисления метанола: $\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^-$. На катоде происходит восстановление кислорода: $3/2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e}^- \rightarrow 3\text{H}_2\text{O}$. Окислитель – кислород атмосферного воздуха. Суммарная реакция: $2\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$.

Рабочее напряжение на ячейке метанольного ТЭ около 0,6 В, то есть КПД ячейки около 50 %, но для его долговременной работы с максимальным КПД требуется достаточно сложная конструкция источника энергии (рис. 35), что нереально для компактных систем (например, для сотового телефона), а упрощение технологической схемы (удаление блока термостатирования, системы подачи воздуха и т.п.) ведет к снижению КПД до 30...40 % [1]. Тем не менее его энергетические характеристики остаются весьма высокими.



Рис. 34. Метанольные ТЭ компаний Hitachi (слева) и Toshiba

Для метанольных топливных элементов существует и ряд не решенных до конца проблем. Так, существенным недостатком ПТЭ является токсичность метанола (летальная доза метанола составляет 5628 мг на 1 кг массы тела человека).

Протонообменные мембраны обладают достаточно высокой проницаемостью по метанолу, вследствие чего он проникает с топливного электрода на кислородный, где происходит его каталитическое окисление, то есть имеют место расход топлива без производства полезной работы и снижение рабочего напряжения топливного элемента. При этом перенос метанола через мембрану растет с повышением температуры.

Ощутимые потери метанола создает перенос его на кислородный электрод при периодическом режиме работы, так как после отключения ПТЭ от потребителя находящийся в анодной камере метанол продолжает диффундировать через мембрану и окисляется на катоде. При массовом применении метанольных топливных элементов в ПТЭ, а также хранении и транспортировке возможны утечки метанола в атмосферу. Дополнительной проблемой является то, что продукты неполного электрохимического окисления метанола (формальдегид, муравьиная кислота и различные промежуточные СО-подобные продукты), прочно адсорбируясь на платиновом катализаторе, снижают его активность.

Стандартные коммерческие мембранно-электродные блоки для ПТЭ содержат 4 мг/см² Pt на катодном электроде и 4 мг/см² Pt-Ru на анодном электроде.

ПТЭ с прямым окислением метанола разрабатываются компаниями Smart Fuel Cell AG (Германия), Universal H₂Energy и Ultra Cell (США), IRD Fuel Cell A/S (Дания), Antig (Тайвань). Однако до сих пор масштабного проникновения на рынок метанольных ТЭ не произошло из-за высокой токсичности метанола.

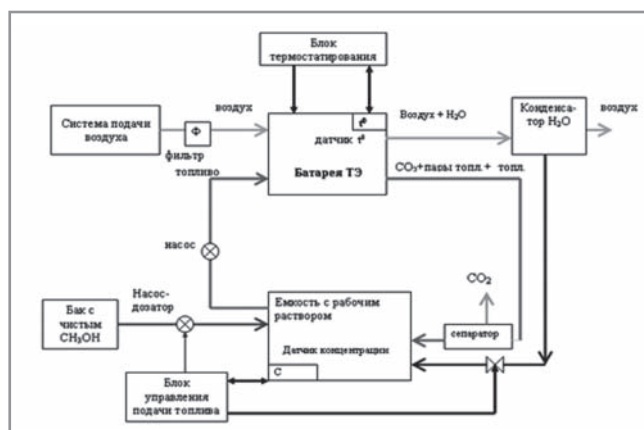


Рис. 35. Принципиальная схема источника энергии на ПТЭ

Этанол в отличие от метанола не токсичен, дешев, при окислении не создает проблем с повышением концентрации CO₂ в атмосфере, так как для его синтеза было затрачено эквивалентное количество углекислого газа из атмосферы. При полном окислении молекулы этанола образуется 12 протонов и 12 электронов. Однако активность лучших на сегодняшний день катализаторов окисления этанола (Pt-Ru и Pt-Sn) недостаточна для того, чтобы эффективно разрывать связь С-С в молекуле этанола при температурах ниже 170 °С в кислой среде. Даже при этих температурах основными продуктами реакции являются уксусный альдегид и уксусная кислота, а КПД сразу становится в 3 раза меньше максимального теоретического. Тем не менее, использование в качестве топлива этанола очень перспективно, однако говорить о замене метанола на этанол можно только после создания эффективных катализаторов, позволяющих разрывать связь С-С в кислой среде.

В России работы в этом направлении ведутся в Институте физической химии и электрохимии РАН.

Из других возможных видов топлива интересен диметилвый эфир (ДМЭ). При нормальных условиях ДМЭ – газ, который сжижается при давлении

около 0,6 МПа. Это позволяет совместить высокую плотность энергии сжиженного ДМЭ и легкость его подачи в ТЭ. В молекуле ДМЭ отсутствует связь С–С, что делает возможным его полное окисление (в частности, на Pt–Ru-катализаторе). Важно, что в отличие от метанола ДМЭ нетоксичен (используется в качестве пропеллента в парфюмерной промышленности). В атмосфере он разлагается в течение нескольких десятков часов и не разрушает озоновый слой. Однако достаточно серьезной проблемой при использовании ДМЭ является поддержание мембраны в увлажненном состоянии. Характеристики ТЭ на ДМЭ пока невысоки: при 100 °С и давлении кислорода 0,3 МПа плотность тока около 100 мА/см² при напряжении всего 0,4 В.

Кроме углеводородов, представляет интерес использование водного раствора борогидрида натрия в качестве топлива для ПТЭ [1]. Суммарная реакция в борогидридном ТЭ: $\text{NaBH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{NaBO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. При 25 °С напряжение электрохимической ячейки очень высокое – 1,64 В. Потенциально борогидрид натрия более выгодное топливо, чем метанол. Ячейка может работать при напряжении 0,8...0,9 В, удельная мощность при 50 °С достигает 150...200 мВт/см². При этом в качестве анодного катализатора можно использовать более дешевые, чем платина, металлы, например, никель. Однако борогидриднему ТЭ также присущи определенные проблемы – в водном растворе происходит гидролиз борогидрида натрия ($\text{NaBH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{NaBO}_2 + 4\text{H}_2$), причем скорость этого процесса в кислой среде очень велика.

При использовании NaBH_4 , а тем более его щелочных растворов, в мембране происходит замещение ионов водорода на ионы Na^+ , K^+ , и ее электросопротивление при комнатной температуре возрастает в 3-4 раза. Определенным недостатком такой системы является

также образование малорастворимого продукта реакции (соли борной кислоты), остающегося в топливном растворе. Борогидрид натрия токсичен (его летальная доза в твердой фазе составляет 162 мг на 1 кг массы тела человека). Кроме того, опасно возможное образование еще более токсичных соединений – диборанов – при хранении этого топлива.

Несмотря на перечисленные проблемы неводородные топливные элементы с прямым окислением реагентов представляют несомненный практический интерес, и первые шаги к коммерциализации в этом направлении уже сделаны.

Заключение

ЭУ на ТЭ любого типа обладают следующими достоинствами:

- количество удельных выбросов вредных компонентов на 1,5-2 порядка ниже, чем у тепловых машин;
- они практически бесшумны;
- имеют КПД 40...65 %, мало зависящий от изменения нагрузки в диапазоне от 20 до 100 %;
- затраты топлива на единицу вырабатываемой электроэнергии не превышают 0,25 м³/ч·кВт (для приводных газовых поршневых двигателей 0,302...0,291 м³/ч·кВт, для газотурбинных 0,59...0,51 м³/ч·кВт).

В 90-х гг. XX века считалось рациональным создание ЭУ мощностью 250...2000 кВт. В начале нынешнего века энергетики пересмотрели это положение в сторону уменьшения мощности ЭУ. Это объясняется тем, что наиболее привлекательным с позиций коммерциализации оказался рынок энергоустановок мощностью 5...100 кВт для децентрализованного энергоснабжения, где в наибольшей степени и быстрее могут реализоваться преимущества ЭУ на ТЭ. В этом сегменте рынка ЭУ на ТЭ имеют, кроме высокой экономичности и экологичности, дополнительные преимущества перед традиционными энергоустановками –

бесшумность, одновременную когенерацию электрической и тепловой энергии, малое время на обслуживание, высокое качество тока. При этом нет необходимости в создании специальной водородной инфраструктуры, так как для таких ЭУ целесообразней использовать местное углеводородное топливо (природный газ, биогаз и т.п.).

Стационарные ЭУ на ТЭ малой мощности имеют свои специфические особенности. Например, из-за менее жестких требований к массогабаритным показателям упрощается создание топливного процессора (система подготовки топлива) по сравнению с автомобильным. Если автомобильный топливный процессор должен иметь очень хорошие динамические характеристики, то стационарный (например, для отопления помещений) может быть не таким «быстрым», но ресурс должен иметь в 5-10 раз выше, чем автомобильный, да и обслуживаться должен не чаще одного раза в год.

По-видимому, в водородной энергетике применение энергоустановок на топливных элементах малой мощности в децентрализованном энергоснабжении самое реальное и перспективное направление. Разработчики энергоустановок понимают, что создать абсолютно новый продукт и сразу завоевать рынок практически невозможно, поэтому ищут такие ниши для применения этих ЭУ, где заказчик на начальном этапе внедрения согласился бы на несколько повышенную цену 1 кВт установленной мощности. В частности американские фирмы используют для этого армейскую нишу, а также прямые государственные инвестиции.

Развитию малой энергетике особое внимание уделяет корпоративный сектор экономики для обеспечения энергобезопасности своих предприятий, так как система централизованного энергоснабжения России переживает кризис – модернизация электрического хозяйства

и ввод в эксплуатацию новых генерирующих мощностей не успевают за ростом потребления электричества. Генерирующие мощности необходимо увеличивать минимум на 3 % в год, а по данным Минпромэнерго, рост составляет менее 1 %, что явно не соответствует необходимым темпам.

ОАО «Газпром» начало научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы в области водородной энергетики в 1992 г. Совместно с Федеральными ядерными центрами министерства по атомной энергии РФ (в настоящее время Федеральное агентство по атомной энергии – Росатом) были проведены комплексные исследования по всем типам топливных элементов. В результате этих работ для практической реализации «Газпром» выбрал два направления – создание энергоустановки с протонообменной мембраной (ближайшая перспектива) и твердооксидным электролитом на более отдаленную перспективу (10-15 лет).

В настоящее время ОАО «Газпром» совместно с РФЯЦ-ВНИИЭФ создало экспериментальный образец автономной энергоустановки с протонообменной мембраной мощностью 5 кВт для питания систем связи, АСУ-ТП, катодной защиты трубопроводов (рис. 36).

Мощность энергоустановки и ее конструктивное исполнение (автономное) выбраны с учетом особого положения, которое сложилось в области малой энергетике (энергоустановки мощностью 100...5000 Вт). В этом диапазоне мощностей вообще нет серийных машин, работающих на природном газе. Исключение составляют лишь паротурбинные энергоустановки Ormat (Франция-Израиль) мощностью от 0,4 до 2,1 кВт. Отличительные особенности этих машин: низкий КПД (~3 %) и огромная стоимость – до 50 000 долл. за 1 кВт установленной мощности. Заменяющей отечественной техники для решения перечисленных



а



б

Рис. 36. Энергетическая установка на топливных элементах ОАО «Газпром»:
а – экспериментальная энергоустановка в контейнере;
б – электрохимический генератор ЭУ

выше задач пока нет. Российские термоэлектрические генераторы мощностью 150 Вт имеют примерно такие же эффективность и удельную стоимость. Таким образом, совместный проект ОАО «Газпром» и РФЯЦ-ВНИИЭФ направлен на решение актуальной проблемы для нефтегазового комплекса страны.

ОАО «Газпром» совместно с Росатомом и Российской академией наук намерено продолжать работы по созданию энергоустановок на топливных элементах, пригодных для практического применения. Главными направлениями являются отработка надежности (ресурс работы), создание

мощностного ряда ЭУ и снижение стоимости 1 кВт установочной мощности.

Примечательно, что при разработке топливного процессора необходимо решать те же задачи, что и при разработке малотоннажных устройств газохимии, в частности, малотоннажных комплексов по производству синтетических жидких топлив. Так что решая задачи по созданию энергоустановок на топливных элементах ОАО «Газпром» одновременно создает задел по водородной энергетике для нового типа высокотехнологичных установок переработки так называемого низконапорного газа.

Литература

1. Фильштих В. Топливные элементы. – М.: Мир, 1968. – 416 с.
2. Козлов С.И., Фатеев В.Н. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы / Под ред. Е.П. Велихова. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 520 с.
3. Бродянский В.М. Вечный двигатель – прежде и теперь. – М.: Энергоиздат, 1989. – 252 с.
4. <http://www.ballard.com>
5. Smitha B., Sridhar S., Khan A.A. Synthesis and characterization of proton conducting polymer membranes for fuel cells // Journal of Membrane Science. – 2003. – № 225. – P. 63–76. <http://www.siemenswestinghouse.com>
6. Fuel Cell – HFP Brussels 17/18 March 2005 – EEV – Ref. PR0501855 – Issue 1.
7. 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.

Перспективы отдельных видов альтернативных энергоресурсов в сфере освоения водородной энергетики на отечественном транспорте

В.М. Фомин, профессор МГМУ (МАМИ), д.т.н.

Анализируется накопленный научно-технический потенциал в отечественной исследовательской практике, основанный на успехах конкретных технических решений по применению отдельных видов водородных энергоресурсов в сфере транспортной энергетики. По результатам анализа делается вывод, что несмотря на существующие финансовые и технологические трудности отрасли есть потенциальная возможность реального вхождения в ближайшие годы подобных энергоресурсов в энерготехнологическую структуру российского транспорта.

Ключевые слова:

водородные энергоресурсы, бортовое производство водорода, водородная энергетика, энергопотребление, экологическая и энергетическая безопасность.

Увеличение доли водородной энергетики в общем балансе способно существенно повлиять на структуру потребления энергетических источников на органической основе, а также на результирующие показатели по повышению энергетической и экологической безопасности на транспорте. Однако применение водорода в качестве энергоносителя для автотранспортных средств (АТС) в настоящее время связано с решением ряда сложных проблем. Существенной национальной проблемой применения водорода является отсутствие инфраструктуры его производства и распределения в необходимых

количествах для массового использования на транспорте. Известные системы транспортирования и бортового хранения водорода неприемлемы для АТС вследствие малой энергоемкости или технической сложности и недостаточной эксплуатационной безопасности.

Одним из радикальных решений этих проблем является реализация бортового аккумулирования (хранение) водорода в химически связанном состоянии, что существенно минимизирует затраты в распределении водорода (АЗС) и решает проблему эксплуатационной безопасности. В свою очередь производство этого газа непосредственно на борту АТС обуславливает необходимость

разработки эффективных методов, процессов и технических средств для его синтеза.

Основными характеристиками исходного сырьевого продукта, определяющими его пригодность для производства водорода на борту АТС, являются:

- содержание водорода в продукте;
- сложность и стоимость переработки продукта;
- наличие сырьевой базы, в том числе и возобновляемого сырья;
- стоимость продукта.

Среди перспективных носителей водорода в мировой исследовательской практике важное место отводится биомассе – неисчерпаемому, ежегодно возобновляемому растительному продукту. Следует отметить также, что использование биомассы обеспечивает уменьшение парникового эффекта в атмосфере, так как выбросы диоксида углерода CO_2 с продуктами сгорания практически полностью компенсируются процессами фотосинтеза при выращивании биологического сырьевого продукта.

Экономически наиболее оправданно осуществлять перевод потребляющих нефтяное топливо энергетических установок на альтернативное топливо местного производства. Целесообразность этого обусловлена, прежде всего, тем, что практически все регионы России имеют в своем распоряжении разнообразные местные ресурсы биологического топлива, что позволяет удаленным от традиционных мест добычи и переработки нефти регионам создать устойчивую топливно-энергетическую базу, практически не зависящую от привозного углеводородного топлива.

Приемлемость различных носителей водорода и способов их термохимического преобразования (конверсия) в водородосодержащий газ оценивается с учетом эффективности и возможности адаптации к условиям энергоустановки АТС по следующим параметрам:

- рабочая температура конверсионного процесса;
- содержание водорода в продуктах конверсии – синтез-газе;
- содержание в них диоксида углерода;
- суммарное содержание в продуктах конверсии инертных и горючих компонентов;
- энергетические затраты на нагрев реагентов и их термохимическое преобразование.

Наиболее важными из перечисленных параметров являются суммарные энергетические затраты на выработку водорода и его содержание в продуктах конверсии. Значимость последнего параметра обусловлена главным образом высокой эффективностью реакционного воздействия водорода на повышение кинетических и экологических показателей рабочего цикла двигателя.

Энергетические требования к условиям проведения реакций конверсии существенно упрощаются в случае использования в качестве сырьевого продукта легких углеводородов, имеющих наиболее простую структуру молекул. К таким углеводородным соединениям в первую очередь следует отнести низшие спирты (метанол, этанол), которые могут быть подвержены термokatалитическому преобразованию (каталитическая конверсия) в водородосодержащий газ при относительно невысокой температуре, что обуславливает возможность использования в качестве греющего теплоносителя тепловой энергии выпускных газов двигателя.

В современной исследовательской практике использование в качестве носителя водорода биометанола, вырабатываемого из биомассы, считается наиболее целесообразным. Массовый показатель среды аккумуляции водорода в виде жидкого метанола весьма высок – в 8,5 кг метанола содержится 1 кг водорода. Из всех известных потенциальных носителей водорода метанол имеет наиболее массовое крупнотоннажное

производство и уже относительно давно используется как заменитель нефтяных топлив, а технологические приемы его конверсии на борту АТС детально отработаны, в том числе и в отечественной исследовательской практике [1, 2]. В составе метанола практически не присутствуют серосодержащие соединения, что позволяет использовать высокоэффективные катализаторы, способствующие существенному снижению уровня рабочей температуры конверсии. Благодаря этому возможна утилизация низкопотенциальной энергии выпускных газов двигателя, что отражается на повышении эффективности его работы [1].

Прогнозируемый высокий эколого-экономический эффект, получаемый при использовании синтезированных водородосодержащих газов (синтезгазы) в транспортной энергетике, послужил стимулом для проведения за последнее десятилетие поисковых исследований в Университете машиностроения (МАМИ). В рамках поиска изучались различные варианты возможного применения этих газов. Во всех исследованиях, рассмотренных ниже, были использованы водородосодержащие продукты конверсии метанола (ПКМ), генерируемые в бортовом термокаталитическом реакторе с использованием тепловой энергии, отводимой с ОГ двигателя. Примерный компонентный состав ПКМ: 65 % H_2 и 35 % CO [1, 2].

Водородосодержащие продукты конверсии метанола в двигателях с искровым зажиганием в качестве основного топлива

Для предварительной оценки целесообразности применения ПКМ в качестве топлива для АТС проведено исследование топливно-экономических показателей двигателя автомобиля ВАЗ-2112, работающего на этом виде топлива с организацией рабочего про-

цесса аналогичного традиционному газовому двигателю. Опытная апробация [2] проводилась на моторном стенде путем снятия стандартных характеристик ДВС в соответствии с ГОСТ 14846–81 – холостого хода, нагрузочной (при $n=3000 \text{ мин}^{-1}$) и внешней скоростной характеристик. Были использованы два вида топлива: бензин и газообразные ПКМ, имеющие различные показатели по теплоте сгорания и агрегатному состоянию. Поэтому сравнение показателей эффективности работы двигателя и его топливной экономичности проводилось традиционно для подобного случая с использованием обобщенного энергетического показателя, то есть по уровню расхода тепловой энергии (в кДж), вводимой в ДВС с топливом, или по расчетному значению КПД.

В ходе опытной апробации установлено, что при работе двигателя на режиме холостого хода наблюдается существенное снижение расхода топлива (по энергетическому эквиваленту) в сравнении с бензиновым аналогом. При этом было отмечено, что уровень топливной экономичности двигателя на режиме холостого хода зависит от частоты вращения вала двигателя. При низких значениях частоты вращения (от 1000 до 2500 мин^{-1}) снижение расхода топлива оказалось не столь существенным вследствие недостаточной температуры отработавших газов (ОГ) для эффективного протекания процесса конверсии метанола в реакторе. Наиболее ощутимое повышение этого показателя (на 15,5 %) наблюдалось в диапазоне частоты вращения коленчатого вала от 2800 до 3300 мин^{-1} при температуре выпускных газов на входе в реактор 350...450 °С. Это объясняется тем, что в рассматриваемом диапазоне скоростного режима ДВС располагаемая энергия теплоносителя (ОГ) полностью компенсировала затраты тепловой энергии на организацию эндотермического процесса конверсии в реакторе [1].

При работе двигателя на режимах

нагрузочной характеристики ($n=3000 \text{ мин}^{-1}$) отмечалось повышение его эффективного КПД по сравнению с работой на бензине в среднем на 24,4 %. Для режимов, соответствующих внешней скоростной характеристике двигателя, повышение КПД составило в среднем 21,6 %.

Следует отметить, что повышение эффективного КПД исследуемого двигателя при его работе на водородосодержащих ПКМ обусловлено совокупным влиянием двух факторов: эффектом термохимической регенерации (утилизация) теплоты ОГ [1] и улучшением кинетических показателей сгорания за счет реакционного влияния на этот процесс водорода [2].

Для выделения доли участия в повышении эффективности цикла каждого из названных факторов было проведено дополнительное испытание двигателя. При этом для питания двигателя из автономных баллонов в цилиндры подавался синтез-газ, компонентный состав которого соответствовал составу ПКМ. Так как в этом случае термохимический реактор не использовался, то эффект регенерации тепловой энергии ОГ отсутствовал.

По итогам сравнительного анализа результатов испытаний ДВС, работающего с реактором и без него, был выявлен уровень энергосберегающего эффекта, обусловленного утилизацией теплоты ОГ.

На режимах холостого хода повышение топливной экономичности за счет эффекта термохимической регенерации ОГ составило в среднем 4,3 %, а максимально – 5,3 % при частоте вращения коленчатого вала 3300 мин^{-1} . Повышение эффективности работы двигателя за счет термохимической регенерацией теплоты ОГ при работе по нагрузочной характеристике с $n=3000 \text{ мин}^{-1}$ составило по среднеинтегральному показателю 4,7 %. Понятно, что дополнительное повышение эффективности рабочего цикла ДВС до указанных выше значений

было обусловлено улучшением кинетических характеристик сгорания за счет участия в нем водорода в качестве активирующего средства.

При последующем увеличении нагрузки доля эффекта регенерации снижается с 5,3 до 4,1 %, что связано с чрезмерно высоким температурно-энергетическим потенциалом ОГ, который становится выше того уровня, который необходим для компенсации эндотермического процесса конверсии метанола, поступающего в систему питания двигателя. Это избыточное количество тепловой энергии теплоносителя (ОГ), превышающее энергетические потребности конверсионного процесса, уже не может быть регенерировано в рабочий цикл двигателя [1]. По этой причине для режимов работы двигателя по внешней скоростной характеристике повышение энергосберегающего эффекта не превысило по среднему показателю 4,2 %.

Сравнительная оценка экологических качеств ДВС проводилась путем снятия токсических характеристик двигателя, работающего на двух видах топлива: бензине и ПКМ. Регистрация концентраций CO , CH , NO_x в ОГ осуществлялась при отсутствии в системе выпуска штатного каталитического нейтрализатора.

При работе двигателя на ПКМ наблюдалось снижение вредных выбросов во всем поле нагрузочной характеристики двигателя. Наиболее ощутимо оно было на низких и средних нагрузках, характерных для условий эксплуатации автомобиля в городе.

Результаты стендовых испытаний нашли свое подтверждение в последующей серии «ездовых» исследований автомобиля ВАЗ-2112, оснащенного штатной и опытной системами питания, на стенде с беговыми барабанами.

На предварительном этапе испытаний определяли топливную экономичность автомобиля в соответствии с ГОСТ 20306–85. Установлено, что для

автомобиля с двигателем, работающим на ПКМ, путевой расход топлива (по энергетическому эквиваленту) оказался меньше на 15,1 %, чем для автомобиля с бензиновым двигателем. В то же время у ДВС с питанием синтез-газом (компонентный состав аналогичен ПКМ) топливная экономичность возросла всего лишь на 4,8 %, что связано в данном случае с отсутствием эффекта термохимической регенерации теплоты ОГ и обусловлено улучшением кинетических характеристик сгорания используемого водородосодержащего топлива.

На последующем этапе проведено исследование экологических качеств этого автомобиля по процедуре Правил 83 ЕЭК ООН. Результатами сравнительных испытаний установлено, что питание двигателя автомобиля от бортовой системы синтеза водородосодержащим топливом позволяет снизить выбросы СО на 88 %, СН – на 71 %, NO_x – на 60 % по сравнению с серийно оборудованным автомобилем, работающим на бензине.

Особо следует отметить тот факт, что согласно результатам проведенных ранее исследований [3] двигателя, работающего на водороде, содержание NO_x в ОГ оказывалось всегда значительно выше по сравнению с выбросами при работе на бензине. Чрезмерный рост выбросов оксидов азота и тепловой напряженности деталей камеры сгорания (КС) водородного двигателя при его работе на стехиометрическом составе смеси ($\alpha=1$) вынуждает прибегнуть к повышению коэффициента избытка воздуха до $\alpha=2$, что связано с потерей мощности ДВС примерно в два раза [3]. Подобное решение, очевидно, неприемлемо для практики.

Заметим, что при переводе ДВС на питание синтезированными продуктами конверсии метанола, в которых водород находится в составе газовой смеси, одновременно снимаются все перечисленные проблемы.

Применение синтезированного водородосодержащего газа для повышения стартовой эффективности двигателя и системы нейтрализации

Переход отечественного законодательства на новые экологические стандарты обуславливает существенное повышение требований, связанных с процедурой проведения сертификационных испытаний в условиях низких температур. Это предопределяет необходимость разработки эффективных средств и методов, обеспечивающих необходимую степень очистки ОГ, особенно от СО и СН за период первой холодной фазы испытательного цикла. Выбросы названных компонентов в этой фазе существенно возрастают при холодном пуске автомобильного двигателя и в ряде случаев могут достигать 60...80 % суммарного количества за весь цикл испытания. Основными причинами повышенного выброса СО и СН в этих условиях являются неэффективная работа непрогретого нейтрализатора и повышенная концентрация этих компонентов в ОГ из-за низкого качества процесса образования смеси и пониженной полноты ее сгорания в условиях холодного ДВС.

По результатам предварительного теоретического исследования предложен вариант решения обсуждаемой проблемы [4] на основе метода комплексного использования содержащегося в ПКМ водорода. Общеизвестно, что водород обладает необычайно высоким воздействием на кинетику сгорания любых видов топлива. Например, известна способность углеводородного топлива в присутствии водорода к окислению (сгорание) при существенном обеднении топливно-воздушной смеси. Кроме того, водород имеет уникальную способность экзотермически окисляться на поверхности платинового

катализатора даже при комнатной температуре благодаря тому, что энергия, необходимая для начала реакции окисления водорода, примерно в 10 раз ниже той, которая необходима для углеводородов. Водород, обладает высокой скоростью диффузии, из-за которой он за очень короткий промежуток времени образует с другими компонентами горючую смесь как в цилиндре ДВС, так и при его введении в газовую среду проточного тракта системы нейтрализации. При горении водорода толщина зоны гашения (пристеночный слой, в котором не идут окислительные процессы) примерно в 5 раз меньше, чем у углеводородных топлив. Это свойство водорода предопределяет его высокую эффективность воздействия как химического реагента в порах еще непрогретого каталитического блока.

Перечисленные свойства водорода и легли в основу разработки предлагаемого метода [4], реализация которого включает в себя две взаимосвязанные стадии.

Первая стадия связана с использованием водородосодержащих газов в качестве реакционной добавки к базовому топливу для организации устойчивого рабочего процесса двигателя после его холодного пуска на обедненных смесях. При использовании этой добавки и обеднении рабочей смеси эмиссия токсических веществ непрогретого двигателя существенно уменьшается. Кроме того, в условиях режима горения бедной топливно-воздушной смеси (коэффициент избытка воздуха $\alpha > 1$) на выпуске двигателя обеспечивается концентрация в ОГ избыточного (остаточный) кислорода, что принципиально важно для реализации второй стадии.

Вторая стадия предусматривает использование водорода в качестве химического реагента для ускорения прогрева нейтрализатора. Продукты конверсии, содержащие свободный водород, вводятся в газовую среду проточного тракта нейтрализатора. Смесь

водорода и остаточного кислорода, экзотермически окисляясь (без проявления видимого пламени) на поверхности катализатора, выделяет большое количество теплоты (низшая теплота сгорания H_2 равна 120000 кДж/кг), которая охватывает практически весь объем сотовой структуры каталитического блока, способствуя его равномерному ускоренному прогреванию.

Кроме того, взаимодействие водорода с кислородом позволяет извлечь (химически связать) свободный кислород из компонентного состава ОГ, что создает необходимые условия для эффективной реализации восстановительных реакций на бифункциональном катализаторе для нейтрализации оксидов азота. Оставшийся в ОГ водород как химически активный реагент способствует ускоренному выходу катализатора на режим эффективного функционирования даже при относительно низких температурах в течение периода его прогревания.

Опытная апробация предложенного метода проводилась на моторном стенде, а также на стенде с беговыми барабанами. В качестве объекта исследования на моторном стенде был использован двигатель автомобиля ВАЗ-2112. В структуре электронного управления топливоподачей двигателя исходные программы были откорректированы с учетом его работы на бензине и с использованием ПКМ. Для холодного пуска ДВС программа функционировала согласно алгоритму штатного режима питания топливными форсунками, обеспечивающими подачу бензина в течение периода пуска двигателя и его работы до момента прогрева реактора. С этого момента в двигатель одновременно с бензином вводились водородосодержащие ПКМ, а в системе питания бензином производилась автоматическая корректировка на обедненный состав смеси. Расход ПКМ, поступающих в двигатель, контролировался запорным клапаном и регулировался форсункой

с электромагнитным управлением. Необходимое количество ПКМ, поступающих в нейтрализатор, отслеживалось электромагнитным клапаном. Параметры работы реактора по расходным характеристикам были функционально согласованы с энергетическими параметрами теплоносителя (ОГ двигателя) [1, 4].

Спустя 8 с после выхода ДВС на режим холостого хода и прогрева реактора во впускной тракт двигателя через электромагнитную форсунку вводились ПКМ, а топливно-воздушная смесь обеднялась, и ее состав поддерживался на уровне $\alpha=1,25$.

В начальный период после пуска двигателя прослеживалось характерное для всех ДВС, работающих на бензине, интенсивное возрастание содержания в ОГ несгоревших СН и СО. С момента поступления в цилиндры водородосодержащей добавки происходило столь же быстрое снижение концентрации этих продуктов. Регистрировалось снижение массовых выбросов с ОГ СН и СО до 75 и 55 % соответственно.

На последующем этапе исследования проведена оценка реакционно-го влияния водородного активатора на динамику разогревания каталитического блока нейтрализатора. Установлено, что время нагревания блока до выхода его на эффективный режим работы снижается в 5,6 раза.

Заключительный этап опытной апробации эффективности метода проведен на автомобиле ВАЗ-2112 с тем же двигателем на стенде с беговыми барабанами по методике испытательного цикла NEDC (New European Driving Cycle) правил 83 ЕЭК ООН. Автомобиль с серийной системой нейтрализации (Евро-3) оснащался бортовой системой синтеза водородосодержащего газа. Этот газ подавался одновременно в ДВС и нейтрализатор в течение 20 с на начальной стадии испытаний. Последующая работа уже прогретого двигателя в условиях эффективно

функционирующего нейтрализатора осуществлялась в штатном режиме на бензине с отключенной системой синтеза. Установлено, что за период первой холодной фазы (195 с) испытательного цикла выбросы автомобилем СН снижаются на 45 %, СО – на 40 % по сравнению с его серийным аналогом. При этом только 0,2 МДж химической энергии водорода использовалось при испытании. За весь испытательный цикл NEDC выбросы СН и СО составили 0,08 и 0,85 г/км соответственно, а выбросы NO_x – 0,076 г/км. По сравнению с серийным аналогом выбросы этих компонентов снижены на 33, 36 и 12 % соответственно. Полученные показатели соответствуют (даже с некоторым запасом) нормативным требованиям Правил 83-05 ЕЭК ООН.

По результатам опытной апробации можно заключить, что реализация предложенного метода обуславливает ряд преимуществ при переходе российского транспортного комплекса на перспективные экологические нормы. В этом случае могут быть использованы существующие системы нейтрализации, что исключает необходимость капиталовложений в создание дорогих систем нового поколения. Благодаря высокой эффективности предложенного метода при его внедрении создаются предпосылки для экономии драгметаллов платиновой группы и снижения себестоимости нейтрализаторов.

Применение водородосодержащих газов в бензиновых двигателях с внутренним смесеобразованием

Высокий уровень топливно-экономических показателей автомобильных двигателей с непосредственным впрыскиванием бензина (НВБ) стимулирует повсеместное стремление исследователей к их развитию

и дальнейшему совершенствованию. В целях ликвидации сложившегося отставания в данной области отечественного двигателестроения и повышения конкурентоспособности многие российские научные центры и производители, несмотря на скудное финансирование, проводят работы по перспективной разработке ДВС с НВБ. Наряду с финансовыми проблемами производство и внедрение ДВС с НВБ в сферу отечественного транспорта связаны также с решением целого ряда серьезных технических и технологических задач.

Общеизвестно, что на режимах частичных нагрузок, характерных для условий городской езды, автомобильный двигатель с НВБ переводится на работу с послойной организацией смесеобразования, что обуславливает возможность его устойчивой работы на существенно обедненных горючих смесях ($\alpha \gg 1$). При этом достигается значительное повышение топливной экономичности (одна из отличительных особенностей этого типа ДВС). Но глубокое обеднение смеси сопровождается выбросом в атмосферу оксидов азота вследствие потери восстановительной способности (очистки ОГ от NO_x) традиционного бифункционального нейтрализатора. Для снижения выбросов NO_x до уровня нормативных требований зарубежные производители ДВС с НВБ вынуждены использовать дополнительную систему вторичной очистки накопительного типа, содержащую сорбционный аппарат (нейтрализатор NO_x) и сложную схему для управления его работой. Этот нейтрализатор требует часто повторяющейся (примерно через каждые 60...70 с) регенерации, то есть удаления накопленных в нем соединений NO_x и серы при рабочей температуре свыше 650 °С. Для условий России проблема усугубляется низким качеством отечественного бензина, в частности, повышенным содержанием в нем серы, что проявляется в снижении

эффективности нейтрализатора NO_x , активной сульфатизации каталитического блока, что в свою очередь требует его дезактивации.

Проведение постоянно чередующегося высокотемпературного процесса регенерации нейтрализатора сорбционного типа обуславливает необходимость резкого повышения температуры ОГ за счет кратковременного перевода двигателя на энергетически убыточный режим работы (угол зажигания $\sim 10^\circ$ после ВМТ, $\alpha < 1$), что негативно отражается на ресурсных характеристиках двигателя, а также на процессе «старения» (потеря эффективности) каталитического блока.

Нейтрализаторы накопительного типа значительно дороже традиционных трехкомпонентных и требуют более частой замены. При отсутствии необходимых материалов и собственного производства нейтрализаторов с учетом их высокой стоимости и низкой надежности применение подобных систем на отечественном автомобильном транспорте представляется малоперспективным.

Рассмотренные проблемные вопросы, связанные с разработкой перспективных отечественных двигателей с НВБ, стимулируют необходимость поиска средств и новых технических решений, приемлемых для современных российских технологий. В рамках поисковых исследований разработан метод [2, 5], основанный на использовании ПКМ, вводимых в горючую смесь в качестве химического реагента в период работы ДВС на послойном смесеобразовании. Участие ПКМ в процессе горения углеводородного топлива (бензин) способствует замедлению (ингибирование) скоростей реакций окисления азота [2], минимизирует выход NO_x с ОГ, что позволяет отказаться от дорогого и ненадежного сорбционного нейтрализатора NO_x при сохранении исходных экологических качеств ДВС с НВБ. Апробация способа по методике

New European Driving Cycle Правил 83-05 ЕЭК ООН применительно к автомобилю, оснащённому экспериментальным двигателем с НВБ, показала, что этот автомобиль удовлетворяет нормативным требованиям Правил при отсутствии нейтрализатора NO_x [5].

Реализация успешного поиска экономически оправданных и эффективных решений (в том числе как альтернативы) на основе предложенного метода позволит при минимальных финансовых затратах более оперативно решать актуальную проблему отечественного двигателестроения – создание российского автомобильного бензинового двигателя нового поколения с внутренним смесеобразованием.

Применение водородосодержащих газов в транспортных дизелях

С целью совершенствования эколого-экономических характеристик АТС с дизельным приводом предложен метод [6], иллюстрирующий еще одну возможность реального применения синтезированных водородосодержащих газов в среде транспортного энергопотребления.

Согласно предложенному методу дизель работал совместно с бортовой системой синтеза водородосодержащего газа. Этот газ в качестве компонента смеси топлива поступал в рабочее пространство дизеля через впускной трубопровод вместе с воздушным зарядом, где он воспламенялся и сгорал при впрыскивании в цилиндр запальной порции дизельного топлива (аналог газодизельного цикла).

Опытная апробация данного способа организации рабочего процесса осуществлена применительно к условиям работы дизеля типа 4Ч 10,5/12. Было достигнуто следующее улучшение эколого-экономических показателей исследуемого дизеля: снижение дымности ОГ на 45 %, выбросов оксидов азота на 16 % при повышении эффективного КПД на 8,5 % [6].

Применение водородосодержащего газа в дизелях, работающих на биодизельном бинарном топливе

Одним из решений проблем повышения экологической и топливно-энергетической безопасности в сфере эксплуатации мобильной дизельной техники является использование биологических добавок к базовому углеводородному топливу. Однако для окончательного решения проблемы в целом требуется разработка дополнительных мер, в частности, для снижения эмиссии оксидов азота, что является типичной проблемой, связанной с применением в дизелях практически любого вида биологического топлива. Для ее решения разработан метод [7], который реализуется с использованием синтезированного водородосодержащего газа (ПКМ).

Метод базируется на двух основных положениях, которые в общем виде могут быть сформулированы следующим образом.

1. Добавка биологического компонента к базовому топливу является эффективным средством улучшения экологических качеств дизеля по целому ряду нормируемых токсических компонентов: CO , CH и дисперсные частицы. Достижение максимального улучшения этих качеств возможно при условии оптимального добавления биологического компонента к базовому топливу с учетом конкретного способа организации рабочего процесса дизеля.

2. Одной из сопутствующих проблемных задач, возникающих при использовании биологических добавок к дизельному топливу, является повышение эмиссии оксидов азота, а в ряде случаев и снижение эффективности рабочего цикла дизеля. Понятно, что без успешного решения этих задач целесообразность применения подобных добавок представляется проблематичной.

С целью снижения эмиссии с ОГ оксидов азота в состав рабочего тела дизеля дополнительно вводится строго дозированная порция водородосодержащих ПКМ в качестве химического реагента [2]. Благодаря его применению прогнозируется также повышение эффективности использования энергии смесового биоуглеводородного топлива.

Таким образом, концепция предлагаемого метода отображает скоординированное и совокупное воздействие на процессы рабочего цикла дизеля одновременно двух факторов, один из которых привнесен оптимизированной биологической добавкой к базовому топливу, а другой – применением водородосодержащего газа в качестве строго дозированной присадки к рабочему телу. В данном случае этот газ выполняет функции активирующего средства, которое повышает уровень экологических качеств дизеля, обеспечивая при этом возможность решения типичных проблем.

Для опытной апробации предложенного метода проведены испытания на моторном стенде с дизелем типа 4Ч 10,5/12. Программа испытаний строилась в русле стандартного регламента восьмимодного испытательного цикла Правил ЕЭК ООН № 96 для дизелей транспортных средств категории «Т». В качестве биологического продукта использовался метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ).

Установлено, что среднеинтегральные за испытательный цикл удельные выбросы нормируемых компонентов (СО, СН) и углеродных (сажевые) частиц в ОГ для исследуемого дизеля при его переводе на работу на смесовом топливе с оптимизированным компонентным составом (60 % дизельного топлива + 40 % МЭРМ) были снижены. Однако при этом выбросы оксидов азота, как и ожидалось, возросли по отношению к исходному варианту (работа на дизельном топливе). Отмечалось также и снижение (хотя и незначительное) эффективного КПД двигателя.

При работе дизеля на том же смесовом топливе с присадкой водородосодержащего газа к рабочему телу среднеинтегральные за цикл удельные массовые выбросы оксида углерода уменьшились на 11,2 %, углеводов на 32,8 %, сажи на 48 %. При этом выбросы NO_x оказались ниже уровня выбросов этого компонента ОГ не только для дизеля, работающего на смесовом биоуглеводородном топливе, но и для его исходного варианта (на 11,9 %). Среднеинтегральный за цикл удельный эффективный расход топлива увеличился на 1,3 % вследствие более низкой теплоты сгорания смесового топлива по сравнению с углеводородным (дизельное) топливом. Однако эффективность использования энергии этого топлива возросла, о чем свидетельствует повышение результирующего за испытательный цикл эффективного КПД на 3,5 %.

С учетом данных опытной апробации можно заключить, что использование биоуглеводородных смесовых топлив способствует совершенствованию экологических качеств транспортных дизелей, а также энергообеспечению транспорта альтернативными видами топлива из возобновляемых сырьевых источников. Несмотря на указанные преимущества при использовании подобных смесовых топлив возникают сопутствующие проблемы, сдерживающие их широкое применение на транспорте. Предложенный метод обуславливает возможность решения этих задач и потенциальную перспективу реального внедрения этого вида топлива в сферу транспортного энергопотребления.

По приведенным в статье результатам исследований можно заключить, что накопленный опыт по изучению функциональных свойств и применению в качестве основного или частично-заменителя углеводородных топлив синтезируемых в бортовых системах водородосодержащих газов обуславливает возможность их перспективного использования в энергоустановках

транспортных средств. Увеличение их доли в сфере транспортного энергобаланса способно существенно повлиять на снижение потребления энергетических источников на органической основе и создать предпосылки для комплексного подхода к решению актуальных проблем современного автотранспорта по повышению экологической и энергетической безопасности.

Концепция создания для АТС энергетической установки в составе традиционного поршневого двигателя и системы синтеза водородного газа представляется на ближайший период достаточно перспективной для российских автотранспортных технологий. Ее практическая реализация не требует изменений базовой конструкции двигателя, серьезных технических и финансовых затрат. Важным стимулом дальнейшего развития подобной концепции является то, что она в своей основе способствует совокупному совершенствованию двигателей АТС по комплексу показателей. Организация бортового синтеза водорода, в частности, позволяет

утилизировать отходящую тепловую энергию и за счет этого повысить КПД, улучшить экологические качества ДВС, обеспечивая при этом частичную или полную замену традиционного нефтяного топлива альтернативным энергоносителем из возобновляемых, в том числе, биологических источников.

Несмотря на финансовые и технологические трудности отрасли накопленный научно-технический потенциал в отечественной исследовательской практике, основанный на успехах конкретных технических решений, в том числе и обсужденных в данной статье, убедительно свидетельствует о том, что существует потенциальная возможность обеспечения в ближайшие годы реального вхождения отдельных видов водородных энергоресурсов в энерготехнологическую структуру российского транспорта. Практическое внедрение в стране водородных технологий на транспорте позволит приблизить сроки более широкого освоения отечественной водородной энергетики.

Литература

1. **Fomin V.M., Makunin A.V.** Thermo chemical recovery of heat contained in exhaust gases of internal combustion engines (a general approach to the problem of recovery of heat contained in exhaust gases) // Theoretical foundations of chemical engineering. – 2009. – Vol.43. – No5. – P. 834–840.
2. **Фомин В.М., Платунов А.С.** Водород как химический реагент для совершенствования показателей работы автомобильного двигателя с НВБ // Транспорт на альтернативном топливе. – 2011. – № 4 (22). – С. 30–37.
3. **Гальшев Ю.В.** Анализ перспективы создания водородных двигателей // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAEE. – 2005. – № 2 (22). – С. 19–23.
4. **Фомин В.М., Каменев В.Ф., Хрипач Н.А.** Стратегия стартового прогрева автомобильной системы нейтрализации на основе использования водородного реагента // Труды НАМИ. – 2009. – Вып. № 242. – С. 105–132.
5. **Фомин В.М., Платунов А.С.** Метод совершенствования показателей работы бензинового двигателя с внутренним смесеобразованием // Известия МГТУ «МАМИ». – 2011. – № 2 (12). – С. 84–95.
6. **Фомин В.М., Каменев В.Ф., Хрипач Н.А.** Теоретические и экспериментальные исследования работы двигателя на водородно-дизельных топливных композициях // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAEE. – 2005. – № 7. – С. 32–42.
7. **Фомин В.М., Атраш Рами.** Улучшение показателей работы дизеля на бинарном биоуглеводородном топливе // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 5 (29). – С. 53–56.



Проблемы производства альтернативных источников энергии

В марте компания CREON Energy провела три международных конференции, тематика которых связана с альтернативными топливами:

25 марта – 2-ю международную конференцию «Водород 2014» при поддержке Международной и Национальной ассоциаций водородной энергетики;

26 марта – 5-ю международную конференцию «Попутный нефтяной газ 2014» (при поддержке Общероссийской общественной организации «Деловая Россия», генеральными информационными партнерами выступили «Российская Бизнес-газета» и журнал «Нефть России»);

27 марта – 2-ю международную конференцию «Технологии GTL и CTL 2014» при поддержке Общероссийской общественной организации «Деловая Россия».

Водород

В зарубежных странах использование водорода на транспорте и в энергетике – перспективное направление, на которое возлагаются большие надежды. Экологичность и возобновляемость – все это делает водород достойной альтернативой традиционным видам топлива.

Как отметил в приветственном слове директор департамента углеводородного сырья CREON Energy **Анастас Гагунок**, в последние годы в России наблюдается положительная динамика в развитии нефтепереработки и нефтехимии, где водород используется в различных процессах в качестве сырья. Модернизируются действующие мощности, вводятся в строй новые.

С докладом на конференции выступила руководитель отдела аналитики CREON Energy **Лола Огрель**. Она сравнила мировой и российский рынки водорода и обозначила тенденции их развития. В структуре производства промышленных газов в России водород занимает около 15 %. Сфера его применения чрезвычайно широка (химия и нефтехимия, металлургия, пищевая, стекольная, электронная, электротехническая промышленность). Потенциально водород может использоваться в двигателях внутреннего сгорания, газовых турбинах и топливных элементах. Этот газ имеет практически неограниченную сырьевую базу. Его получают и выделяют физическими, электрохимическими и химическими способами. Основной из них – каталитическая конверсия природного газа.

Объем мирового производства водорода оценивается в 55...58 млн т. Доля России составляет примерно 8 %. В 2013 г. в нашей стране было произведено почти 4,5 млн т. За последние годы структура производства водорода в России изменилась. Доля химической промышленности сократилась с 80 до 70 %, при этом заметно выросла доля водорода, производимого на нефтеперерабатывающих предприятиях.

В отличие от других промышленных газов водород в России практически не является товарным продуктом – чаще всего он вырабатывается и используется на одном и том же предприятии. В 2013 г. в структуре потребления водорода преобладало производство аммиака (55 %), далее идут нефтепереработка (22 %) и получение метанола (13 %). К 2020 г. прогнозируется рост потребления во всех этих сферах.

Современные потребности в жидком водороде в России крайне ограничены, хотя инфраструктура его производства, хранения и транспортировки существует. Он рассматривается как топливо будущего. Ракетно-космическая отрасль России планирует создание новейших ракет-носителей и разгонных блоков космических комплексов, использующих в качестве топлива жидкий водород. Так, в 2015 г. планируются летные испытания кислородно-водородного разгонного блока РБ КВТК.

Лола Огрель отметила, что ситуация с водородом в России развивается по-иному, нежели за рубежом. Во-первых, в мире 40 % водорода производится газификацией угля, в России же CTL-технология сейчас не применяется. Во-вторых, в мировой практике хорошо развит рынок товарного водорода, у нас же это направление только появляется. В-третьих, основную роль в структуре мирового потребления водорода занимает нефтепереработка, а в нашей стране – производство химических продуктов, прежде всего аммиака и метанола. В заключение эксперт добавила, что за рубежом ожидается рост спроса на этот газ в транспортном секторе и энергетике.

Александр Раменский, вице-президент по России и СНГ Международной ассоциации водородной энергетики (IAHE), рассказал о техническом регулировании водородных технологий. В РФ этим вопросом занимается Росстандарт в рамках Технического комитета по стандартизации «Водородные технологии» (ТК 029). В настоящее время в России введено 11 национальных стандартов в области водородных технологий, большая часть которых разработана на базе международных стандартов ИСО. В ближайшее время их число может вырасти в два раза. Сейчас в РФ идет реформирование нормативной базы, так как некоторые существующие российские

нормативы противоречат международным. По словам А. Раменского, их гармонизация даст толчок дальнейшему развитию отечественного рынка водородных технологий. Например, Россия сможет поставлять сырье для катализаторов, применяемых в энергоустановках на топливных элементах для водородных автомобилей, серийное производство которых в Корее, Японии, Китае, Европе и США планируется начать в 2015 г. Наличие в России гармонизированной нормативно-технической базы позволит ускорить продвижение инновационных водородных технологий в нашей стране.

О деятельности своих компаний в этом направлении рассказали руководитель отдела развития «Линде Газ Рус» **Артем Тарасенко**, руководитель проекта по развитию водородного бизнеса Air Liquide **Алексей Войнов** и менеджер по развитию бизнеса в Foster Wheeler **Артем Шахраманиян**.

Дмитрий Дубровский, главный технолог химического завода ОАО «АНХК» (принадлежит НК «Роснефть»), рассказал об эксплуатации установки выделения водорода из водородосодержащих газов. С вводом в действие в 2008 г. техрегламента «О требованиях к автомобильным бензинам...» российские нефтеперерабатывающие предприятия были вынуждены значительно увеличить инвестиции в реконструкцию своих НПЗ для выпуска топлив с улучшенными экологическими свойствами. Одно из основных требований к современным топливам – снижение содержания в них серы, которое невозможно без расширения и строительства новых установок по производству водорода. АНХК в 2000 г. ввела в эксплуатацию установку извлечения водорода методом диффузии через мембраны (установка Medal компании Air Liquide). Продолжением расширения производства водорода стало строительство второй очереди установки. Завершающий этап модернизации водородной схемы АНХК – введение в 2016 г. в эксплуатацию установки производства водорода методом парового риформинга углеводородов по лицензии фирмы Haldor Topsøe. Пуск этих установок позволит значительно снизить затраты на производство водорода и повысить качество товарных топлив.

Железнодорожные цистерны – один из основных способов транспортировки жидкого водорода. О разработках своей компании в этой области рассказал генеральный конструктор «Уралкриомаш» **Олег Черемных**. Первая модель цистерны была разработана на предприятии еще в советское время для нужд ракетно-космической отрасли. Выпускаемая сейчас цистерна обладает рядом преимуществ по сравнению с прошлыми моделями: увеличена перевозимая масса водорода, снижены потери при транспортировке.

Возможно ли использование жидкого водорода в авиации? Доклад на эту тему представил **Алексей Игнатов**, советник директора департамента авиационной промышленности Министерства промышленности и торговли РФ, ведущий специалист по работе с государственными органами компании «Туполев». В СССР была разработана программа по изучению применения жидкого водорода на транспорте, в рамках которой в ОКБ Туполева на базе серийного пассажирского самолета Ту-154 был создан экспериментальный самолет Ту-155. На нем было выполнено около 100 продолжительных полетов на жидком водороде и СПГ, доказана реальная возможность создания самолетов, использующих криогенные топлива.

Сейчас за рубежом самолеты А-380 и Б-52 проходят испытания с использованием синтетического топлива, получаемого из угля, биомассы или природного газа. Авиакомпания Qatar Airways планирует использовать природный газ вместо керосина, Boeing работает над созданием крупноразмерного высотного беспилотного летательного аппарата с использованием жидкого водорода. Этот газ обладает рядом свойств, которые делают его перспективным для использования в качестве авиатоплива. Благодаря высокой теплоте сгорания существенно повышаются летно-технические качества летательных аппаратов. Экология обеспечивается высокой полнотой сгорания, в результате которой образуются водяные пары и выхлопные газы, практически не содержащие вредных веществ.

Сергей Коробцев, исполнительный директор центра физико-химических технологий НИЦ «Курчатовский институт», рассказал, что использование плазменных и/или плазменно-каталитических процессов позволяет модернизировать и интенсифицировать технологии промышленного получения водорода из углеводородов. Кроме того, плазменные технологии дают возможность организовать производство водорода из воды и нетрадиционных источников, например, сероводорода. Водород, полученный в процессе плазменной конверсии природного газа, может быть естественным образом использован для производства метано-водородных смесей – перспективного энергоносителя и химического сырья.

Доклад на тему металлгидридных материалов, систем хранения и компримирования водорода представил **Борис Тарасов**, заведующий лабораторией Института проблем химической физики РАН. Принцип действия металлгидридных аккумуляторов и компрессоров водорода основан на обратимой реакции гидрирования различных металлов, интерметаллических соединений, сплавов и композиционных материалов на их основе. Достоинствами металлгидридных аккумуляторов являются высокое объемное содержание водорода, широкий интервал

рабочих давлений и температур, постоянство давления при гидрировании и дегидрировании, регулируемость давления и скорости выделения водорода, многократность использования, компактность и безопасность. Такие устройства можно использовать для хранения, очистки и транспортировки водорода. Металлогидридные термокомпрессоры имеют существенные преимущества перед механическими из-за отсутствия движущихся частей и смазывающих материалов.

Старший научный сотрудник ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН» **Марина Навалихина** рассказала о разработанном способе производства водорода на основе алюминия, благодаря которому обеспечивается производство чистого водорода высокого давления (на выходе из установки до 0,1 МПа) при отсутствии затрат на его компримирование.

«Отрадно отметить, что использование водорода в России расширяется, но пока рано говорить о полноценном появлении в нашей стране в ближайшей перспективе водородной энергетики», – резюмировал Анастас Гагунок.

Попутный нефтяной газ

Во многих странах мира ПНГ из побочного продукта нефтедобычи давно превратился в ценное сырье для нефтегазохимии. В России же добывающие компании по-прежнему сжигают значительные объемы попутного газа на факельных установках. Однако постепенно уровень полезного использования повышается.

В приветственном слове глава CREON Energy **Фарес Кильзие** отметил, что первое мероприятие по тематике ПНГ компания провела в 2007 г. сразу после послания Президента РФ, в котором было уделено внимание этому продукту. На тот момент казалось, что поставленная государством задача – достичь уровня утилизации ПНГ в 95 % – до 2012 г. будет выполнена. Однако по факту процесс затянулся. По словам Ф. Кильзие, проблема попутного газа делится на две составляющие – экологическую и экономическую. Первая успешно выполняется: введена система штрафов за выбросы при сжигании газа, она уже показала свою эффективность. Коммерческая же сторона реализуется медленно, однобоко. Добывающие компании действуют двумя простыми способами: закачивают ПНГ обратно в пласт или просто снижают уровень добычи нефти для минимизации суммы штрафов.

Анастасия Артамонова, руководитель группы мониторинга газовой промышленности ЦДУ ТЭК, рассказала об объемах добычи и полезного использования ПНГ в России. С 2009 г. добыча постоянно росла, достигнув по итогам 2013 г. 74,4 млрд м³. Прогноз на 2014 г. предусматривает снижение показателя до 71,5 млрд м³. Доля сжигаемого ПНГ с 2009 г. стабильно увеличивалась. Лишь в 2013 г. наметился перелом этой негативной тенденции – на факелах вместо 17,1 млрд м³ (2012 г.) было сожжено 15,8 млрд (21,2 % от объема добычи). По словам эксперта, прогноз на 2014 г. обещает дальнейшее улучшение ситуации – сжигание 14,6 % добытого газа. Однако целевой показатель полезного использования в 95 % по-прежнему остается туманной перспективой. Прошедший год показал, что далеко не все недропользователи стремятся быть социально ответственными. Например, если лидер по рациональному использованию ПНГ «Новатэк» достиг уровня 93,1 %, то независимые производители утилизировали всего 61,8 % объема добытого газа.

Даже эти данные не всегда говорят именно о рациональном использовании ПНГ. Обратная закачка в пласт и выработка энергии для собственных нужд – это тоже варианты утилизации, хотя и малоэффективные. В 2013 г. из 78,8 % полезного использования на переработку на ППЗ направлено всего 48,7 %. Оставшиеся 30 % были освоены другими способами. Формально законодательство соблюдено, этот объем ПНГ не сожжен на факелах. По факту же сырье не подвергалось дальнейшей переработке для получения высокодоходных продуктов.

По словам А. Артамоновой, в целом прогноз на 2014 г. благоприятен – полезное использование ПНГ в России должно вырасти на 6,6 %.

О рациональном использовании ПНГ в ХМАО-Югре рассказала **Ирина Макуха**, начальник отдела развития инфраструктуры ТЭК и переработки нефти и газа департамента по недропользованию региона. О важности учета региональных особенностей при реализации бизнес-стратегии использования ПНГ рассказал **Алексей Книжников**, руководитель программы по экологической политике ТЭК WWF Russia.

Компания CREON Energy объявила о совместном с WWF Russia проекте – первом в России рейтинге экологической ответственности нефтегазодобывающих компаний России. По словам ее главы Фареса Кильзие, сейчас в компаниях зачастую отсутствует культура экологии. Однако задача современных предприятий – не только выгодно разрабатывать природные ресурсы, но и быть социально ответственными. Рейтинг, планируемый как ежегодный, даст ответ на вопрос, какие компании заботятся об экологии, а какие нет. Уже проработаны основные методы исследования, опирающиеся на публичные данные. Работа будет вестись в нескольких направлениях газо- и нефтедобычи. Итоги рейтинга будут обнародованы 9 декабря 2014 г. на 2-м международном форуме «Нефтегазопереработка в России 2014».

Ахмед Гурбанов, старший менеджер управления координации газоэнергетической деятельности компании «Лукойл», рассказал о принципах ценообразования на ПНГ в России, а менеджер стратегического сырьевого обеспечения «Сибура» **Юрий Столбов** – о роли компании в обеспечении нефтехимии легким углеводородным сырьем.

В ходе дальнейшей дискуссии **Сергей Константинов**, главный специалист департамента нефтегазодобычи НК «Роснефть», обозначил позицию своей компании по полезному использованию ПНГ. Поскольку себестоимость попутного газа очень высока, строительство собственных ГПЗ имеет смысл только при наличии крупных запасов газа и что еще важнее – концентрации этих запасов на одном участке.

О влиянии государственного регулирования на практику применения технологий переработки ПНГ рассказал директор по развитию бизнеса компании «Газохим техно» **Евгений Рябов**. Для достижения требуемого показателя 95 % утилизации ПНГ необходимо сменить приоритеты усилий нефтяных компаний и органов федеральной и региональной власти. Залог успеха – не различные санкции (вплоть до отзыва лицензий на право пользования недрами), а изменение экологической эффективности проектов по утилизации ПНГ. Итогом должна стать рентабельность переработки всех неостребованных в настоящее время ресурсов: ПНГ малых и средних удаленных месторождений нефти, свободного газа газоконденсатных месторождений и низконапорного природного газа. Этому будет способствовать изменение существующих технических норм и требований к строительству объектов переработки газа. Также предлагается ввести обнуление акцизных сборов и освобождение от уплаты экспортных пошлин на продукцию органического синтеза. Евгений Рябов подчеркнул, что прибыльная переработка малых объемов газа по действующим технологиям сейчас невозможна. Переработка собранного ПНГ возможна с помощью мини-установки GTL.

Проблемам использования ПНГ в России был посвящен доклад, подготовленный совместно советником генерального директора ООО «Газпром ВНИИГАЗ» **Александром Гриценко** и экспертом «СТГ Инжиниринг» (Группа компаний «Стройтрансгаз») **Валерием Плотниковым**. Перспективы нефтегазохимии в нашей стране связаны с инвестиционно-инновационной экономической моделью развития. Она предусматривает добычу газа не только на крупных, но и на средних и малых месторождениях. Для этого должны создаваться газоперерабатывающие и газонефтехимические объекты, а также мини-установки на промыслах. Переработка попутного газа на небольших месторождениях может вестись различными путями – получение метанола, производство продукции по GTL-технологии или моторного топлива на базе КПП и СПГ. Все эти варианты требуют строительства дополнительных мощностей.

Алексей Аксенов, генеральный директор НО Ассоциация «Ростехэкспертиза», представил анализ инструкторско-методических указаний по взиманию платы за выбросы загрязняющих веществ при сжигании или рассеивании ПНГ, утвержденных приказом Минприроды и вступивших в силу. О решениях «ГЕА Рефрижерейшн РУС» в области добычи и переработки ПНГ рассказал **Олег Муравьев**, руководитель отдела углеводородных проектов компании.

Тему комплексных решений для проектов по использованию ПНГ продолжил **Андрей Непомнящий**, исполнительный директор компании «БлюЛайн Проджект». В качестве примера он привел сотрудничество с НК «Роснефть» на месторождении Приразломное. После внедрения более эффективной технологии уровень утилизации ПНГ там достиг 98 %. Для эффективного использования ПНГ недостаточно только усилий недропользователей. Необходимо разрабатывать единые технические решения для отдельных территорий при активном участии государства.

Доклад о технологиях утилизации ПНГ на основе микротурбин представил **Павел Козлов**, руководитель коммерческого блока «БПЦ Инжиниринг». О технологии переработки ПНГ малоресурсных и малонапорных месторождений в метановодородные смеси и товарный природный газ рассказал профессор института катализа им. Борескова СО РАН **Валерий Кириллов**. Технология должна обеспечивать переработку любых, в том числе и «жирных» составов ПНГ.

«Введенная система штрафных санкций за выбросы при сжигании попутного газа работает, но работает в основном на старых месторождениях. Заявленный курс на поддержание и увеличение уровня добычи нефти ставит компании перед необходимостью запуска и разработки новых месторождений, вот только их планы не включают в себя затраты на полезное использование попутного газа, что вновь приводит к увеличению уровня сжигания ПНГ», – сказал в заключение директор департамента углеводородного сырья CREON Energy Анастас Гагунок.

Технологии GTL и CTL

Одно из наиболее перспективных направлений монетизации газа – производство синтетического жидкого топлива. GTL-установки являются оптимальным вариантом для небольших или удаленных месторождений. Однако российские компании не торопятся вкладываться в инновационные, но малоизученные технологии.

За год, прошедший с проведения первой конференции по технологиям GTL (gas to liquids – газ в жидкость), интерес участников рынка к этой теме вырос, отметил генеральный директор CREON Energy **Санджар Тургунов**. Многие компании просчитывают такие проекты, однако реализованы только два, оба на Юрхаровском месторождении. В качестве возможной причины С. Тургунов назвал ориентированность GTL-проектов на местные нужды, которые весьма малы. А для рентабельности предприятия необходимо выпускать значительные объемы продукции. Поэтому компании заняли выжидательную позицию, желающих сделать первый шаг и брать на себя все сопутствующие риски пока не находится.

Обзор российского и мирового рынков GTL-технологий представил ведущий аналитик CREON Energy **Константин Нижегородов**. Долгое время развитие GTL- и CTL-технологий (coal to liquids – уголь в жидкость) было обусловлено исключительно политическими факторами. Сейчас в мире действуют четыре крупнотоннажных GTL-производства, наиболее крупные и современные расположены в Катаре и принадлежат компаниям Shell и Sasol. Основная доля капиталов для открытия производства по GTL-технологиям приходится на закупку оборудования (80 %). В структуре операционных затрат ключевое значение имеет удаленность завода от месторождения. Разрабатываемые GTL-установки малой и средней мощности позволяют производителю существенно сэкономить на логистике. Наиболее целесообразное расположение заводов – вблизи от месторождения, что обеспечивает доступное сырье и удобную транспортировку продукции.

Мировой рынок синтетических жидких топлив (СЖТ), произведенных по GTL-технологии, в 2012 г. превысил 2 млрд долл. США (10...12 млн т), к 2020 г. прогнозируется рост до 3,2 млрд. В России сейчас действуют одна опытно-промышленная и одна промышленная установки по производству метанола мощностью 12,5 и 40 тыс. т соответственно, они работают на Юрхаровском месторождении компании «Новатэк».

Насколько рентабельно GTL-производство в России? Этот вопрос прокомментировал директор по развитию бизнеса компании «Газохим техно» **Евгений Рябов**. Он провел аналогию с производством метанола, взяв для примера заводы компании «Новатэк». Считалось, что малотоннажное производство метанола нерентабельно. Однако заводы по производству метанола показали свою эффективность в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа. Решающим фактором остаются конкретные условия: место, сырье, требования к качеству продукции, спрос.

По словам ассистента РГУ нефти и газа им. Губкина **Максима Крючкова**, проблемы с внедрением в России GTL-технологий связаны и с общим инвестиционным климатом. Разработанные государством программы поддержки инноваций либо не работают, либо ориентированы на малые и средние проекты. Поэтому пока на российском рынке GTL-технологий лидируют иностранные компании. Отечественные производители не готовы идти на высокие инвестиционные риски без поддержки государства.

Доцент МГУ им. М.В. Ломоносова **Дин Фантаццини** представил широкий обзор технических, экономических и экологических проблем, связанных с GTL- и CTL-технологиями. По его словам, прогнозируется падение мирового экспорта нефти даже при сохранении прежних объемов добычи. В этой связи уже сейчас идет речь о технологиях производства ее синтетического аналога из газа, угля и даже биомассы.

Что касается технологии CTL, то энергоэффективность прямого сжижения угля превышает 70 %, непрямо сжижение дает не больше 60 %. Мировые мощности сейчас составляют 210 тыс. барр./день. Однако экономика CTL становится невыгодной. Даже Китай – мировой лидер – начал отказываться от данной технологии. Причинами стали дефицит воды (для процесса производства требуется большой ее объем) и крайне высокие финансовые и экологические издержки. В этом отношении GTL-технология является более перспективной. Однако эксперт подчеркнул, что крупнотоннажные GTL-производства требуют огромных первоначальных вложений, поэтому мало- и среднетоннажные предприятия более рентабельны.

О производстве синтетического топлива и других перспективных направлениях монетизации газа рассказал **Павел Жельвис**, вице-президент по развитию бизнеса в России и СНГ компании «Фостер Уилер». Несмотря на множество вариантов монетизации газа возможность их реализации напрямую связана с расстоянием до рынка сбыта и объемом добычи. Так, перекачка по трубопроводу рентабельна на расстоянии не более 2 тыс. км. При его увеличении до 5 тыс. км самые выгодные пути монетизации – это СПГ и СЖТ. Что касается метана, то помимо традиционных способов конверсии, в настоящее время разрабатываются новые технологии.

Далее участники конференции перешли к обсуждению технологических аспектов GTL-производства. О проектных решениях мини-установки GTL рассказал **Александр Дергачев**, главный инженер «Газохим техно». Компания проектирует и строит опытно-промышленную мини-установку GTL мощностью 10,2 млн м³/год. Область ее применения – удаленные или вновь разрабатываемые месторождения с годовым объемом ПНГ от 10 до 200 млн м³, на которых нет ин-

фраструктуры для утилизации ПНГ традиционными методами и спроса на продукты его переработки. Установка отличается автономностью и мобильностью. Модульная система позволяет варьировать ее мощность.

Тему малотоннажных GTL-установок продолжил менеджер по развитию бизнеса в РФ компании Velocys **Майкл Пручни**, который представил решения в этой сфере. Россия по-прежнему является мировым лидером по объемам сжигания ПНГ, хотя наметилась тенденция к сокращению имеющегося показателя. Производство СЖТ – хороший способ получения отдачи от попутного газа. Системы малотоннажного производства СЖТ предназначены для труднодоступных месторождений природного газа. В частности, они используются в регионах без трубопроводов либо с отсутствием доступа к ним производителя газа. По словам М.Пручни, это хороший способ вывести на рынок недооцененный газ или производить дизтопливо для местного спроса.

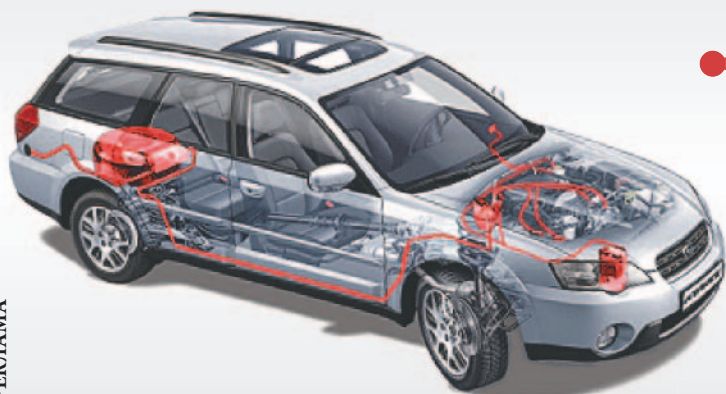
О применении компрессоров для GTL- и CTL-технологий рассказал **Раиль Загретдинов**, менеджер по развитию бизнеса отдела углеводородных проектов компании «ГЕА Рефрижерейшн РУС». **Андрей Тарахнов**, менеджер по развитию бизнеса «Байер Технологический сервис», поделился опытом сотрудничества своей компании с CompactGTL в области разработки GTL-технологии. Компания участвует в создании модульных GTL-установок.

Марина Навалихина, старший научный сотрудник Объединенного института высоких температур РАН, рассказала о создании моторных топлив на основе GTL- и CTL-технологий за счет применения новых нанокатализаторов. Она считает, что альтернативой традиционной нефти является экологически чистое моторное топливо из синтез-газа, получаемого на основе GTL-, CTL- и VTL-технологий (biomass to liquids – биомасса в жидкость).

«В последние годы совместно с западом российские инжиниринговые компании ведут активные и вполне успешные разработки в сфере GTL-технологий. Введение в действие мини-установок GTL поднимет технологический уровень РФ, приведет к увеличению глубины переработки, поддержит необходимый уровень добычи углеводородов,» – подвел итоги конференции АнастасГатунок, директор департамента углеводородного сырья CREON Energy.

БАЛСИТИ

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



ПРОДУКЦИЯ:

АВТОМОБИЛЬНЫЕ БАЛЛОНЫ ДЛЯ СЖИЖЕННОГО УГЛЕВОДОРОДНОГО ГАЗА:

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



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

На предприятии компании внедрена и действует система менеджмента качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 (ISO 9001-2008). Баллоны сертифицированы по Международным правилам ЕЭК ООН № 67-01 с дополнениями 1-9, а также на соответствие требованиям Технического регламента «О безопасности колесных транспортных средств».

Выставка «Автокомплекс–2014»: не отставать от требований дня!

И.А. Домбровская, зав. отделом рекламы ООО «АЗС-ЭКСПО»

40

Выставка «Автокомплекс–2014» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг), пройдя 20-летний путь, настойчиво ищет пути дальнейшего совершенствования с той целью, чтобы не отставать от требований дня.



Несмотря на снижение продаж легковых автомобилей и сложности в развитии экономики России, строительство автодорог и развитие придорожного сервиса признаны одними из приоритетных направлений в деятельности федеральных, региональных и муниципальных структур. На эти цели выделяются большие капитальные вложения, активно привлекаются частные инвестиции.

В дорожный сервис активно внедряются общепризнанные в мировой экономике опыт и технологии. Сегодня никого не удивляют платные автострады, многофункциональные зоны придорожного сервиса и т.д. Масштабы пока желают оставлять лучшего, но, несомненно, они будут наращиваться. Следовательно, оборудование и технологии для автозаправочных комплексов, станций технического обслуживания, гаражей, паркингов, кемпингов, систем быстрого питания и других сопутствующих видов сервиса будут востребованы не только в данное время, но и в дальнейшем. То есть российские и иностранные фирмы, ориентированные на рынки России и СНГ, должны быть уверены в правильности выбора.

Отрадно отметить, что по состоянию на 15 апреля более 60 фирм из 7 стран уже приняли решение об участии в предстоящей выставке, которая состоится 29–31 октября 2014 г. в павильоне № 7 и на открытых площадках ЦВК «Экспоцентр». Это наши постоянные отечественные партнеры ОАО «Промприбор», «Татсуно Рус», ООО НПК «Шельф», Expertek, «АйТи. Смарт Системы», «ГАЗ-Коммаш», ООО «Нева-Сервис», ТД ООО «Все для АЗС», ООО «Ситинет-ЭКСПРЕСС», «Компания ИНЖТЕХсервис», а также известные иностранные компании Gilbarco Veeder-Root, Scheidt & Bachmann GmbH, Wayne – A GE Business, VDS, OPW, Beijing Sanki Petroleum Technology Co., Ltd.

Поступили заявки и от новых партнеров: ООО «Крафтоил», Zhejiang Chunhui Intelligent Control Co. Ltd, ООО «ПАКС-металл», ООО «Петролеум Технолоджи», ООО «СИЕСТА», «ТТС- Центр», ООО «Текса» и других.

Традиционно на нашей выставке широко представлена тема «Газ как моторное топливо». В текущем году среди экспонентов будут такие фирмы как Flussiggas Anlagen GbmH (FAS), ООО «Еврогалс», ООО «Техно Проект» и другие.

Совместно с Государственной компанией «Автодор» развернута подготовка круглого стола по теме «Опыт и перспективы развития многофункциональных зон дорожного сервиса». Деловая программа выставки находится в стадии формирования, и мы готовы рассмотреть предложения по актуальным темам.

Пользуясь случаем, хочу обратиться к редакции и читателям уважаемого журнала «Транспорт на альтернативном топливе» с предложением об организации конференции, круглого стола или презентации. Мы готовы всячески содействовать в подготовке этих мероприятий. Нас интересуют программы развития инфраструктуры по эксплуатации электромобилей, сетей газовых заправочных станций, а также другие аспекты экологически чистых технологий на транспорте и в заправочном бизнесе.

Дирекция выставки будет всячески содействовать участию в ней как отдельных компаний, так и коллективных организаторов. Мы нацелены на поиск и закрепление новых возможностей.

Международная выставка «Автокомплекс–2014» представляет превосходные возможности для оснащения АЗС, объектов автосервиса, гаражей и паркингов самым современным оборудованием и технологиями.

Приглашаем к участию!

Более подробная информация на сайте: www.autocomplex.net

Снижение токсичности и дымности выбросов дизеля добавкой СПБТ и изменением рабочего объема

Н.Н. Патрахальцев, профессор РУДН, д.т.н.,
И.А. Петруня, аспирант РУДН,
Р.О. Камышников, аспирант РУДН,
Д.О. Скрипник, магистрант РУДН

Современные двигатели, особенно в условиях городского движения, эксплуатируются при низких коэффициентах загрузки. Это приводит к повышению расхода топлива и ухудшению экологических качеств транспортного средства. Одним из методов решения этих проблем является использование добавки пропана-бутана к топливу и применение регулирования двигателей изменением рабочего объема.

Ключевые слова:

дизель, дымность, токсичность, газодизель с внутренним смесеобразованием, изменение рабочего объема.

В числе методов снижения токсичности и дымности выбросов дизеля возможно применение присадок к дизельному топливу (ДТ) различных альтернативных топлив и других веществ, например, сжиженного пропан-бутана топливного (СПБТ), диметилэфира, легких синтетических парафиновых углеводородов, спиртов, водного раствора хлорида бария и т.д. Такие методы обеспечивают нередко не только снижение дымности отработавших газов (ОГ), но и уменьшение выбросов с ОГ оксидов азота и углерода, а также углеводородов [1].

Современные двигатели длительное время эксплуатируются при малых нагрузках и на холостых ходах, а следовательно при повышенных удельных расходах топлива и выбросах ряда токсичных компонентов. Одним

из методов улучшения этих показателей является регулирование двигателя, работающего с низкими нагрузками, изменением его рабочего объема, а в простейшем случае – отключением части цилиндров или циклов [2].

Представляет интерес также такой вопрос – в какой степени применение альтернативных топлив, например, сжиженного пропан-бутана, и регулирование двигателя изменением рабочего объема могут повлиять на экономичность и токсичность выбросов дизеля.

Нередко существенное снижение дымности тем или иным способом сопровождается ростом концентрации в ОГ, например, оксидов азота и углерода. В этом случае для оценки суммарного эффекта по снижению токсичности выбросов целесообразно воспользоваться показателем условной суммарной токсичности [3],

выраженным в единицах вредности компонентов ОГ. Такой единицей является индекс токсичности K_1' – отношение концентрации данного компонента ОГ к его предельно допустимой среднесуточной концентрации (ПДК_{сс}) в окружающей атмосфере (таблица). Таким образом, условные токсичности компонентов ОГ (CO' , CH' , NO_x' и C') определяются с учетом их индексов токсичности K_1' . Например, $NO_x' = K_1' \cdot NO_x$, где NO_x – концентрация токсичного компонента в ОГ на данном режиме. Или, например, $CO' = 0,34 \cdot CO$; $CH' = 0,67 \cdot CH$; $NO_x' = 25 \cdot NO_x$; $C' = 20 \cdot C$, где CO , CH , NO_x и C – концентрации токсичных компонентов в ОГ (мг/м³). Суммарная условная токсичность K_{Σ} двигателя определяется по соотношению

$$K_{\Sigma} = CO' + CH' + NO_x' + C'$$

При этом расчеты проводятся в соответствии с режимами работы двигателя, например, по 13-ступенчатому испытательному циклу. Доля токсичности T_i , вносимая каждым i -м компонентом ОГ в общую токсичность газов, определяется по соотношению $T_i = 10^2(i/K_{\Sigma})$.

Экспериментальное исследование было проведено на стенде с дизелем типа Д-240 (4Ч11/12,5), оснащенным системой подачи СПБТ через клапаны регулирования начального давления (РНД) [4] (рис. 1).

Принцип работы системы топливоподачи заключается в следующем. При отсечке подачи топлива насосом высо-

кого давления 21 нагнетательный клапан 20 садится в седло и своим разгрузочным пояском формирует в линии высокого давления (ЛВД) 2 волну пониженного давления. При подходе этой волны к клапану регулирования начального давления 23 он открывается, смещаясь вниз в сторону полости ЛВД, и СПБТ из емкости 10 через невозвратный клапан 12 и трубчатый шток 14 вводится в полость ЛВД, смешиваясь с ДТ. В очередном цикле топливоподачи полученное смесевое топливо впрыскивается в цилиндр дизеля штатной форсункой 1.

При необходимости отключения подачи топлива в цилиндр на электромагнитную катушку 6 подается электропитание. Катушка втягивает (вниз) магнитный элемент 8, связанный со штоком 14, который нажимает на клапан РНД 23. Однако открытие клапана происходит только тогда, когда к нему подходит волна пониженного давления. Тогда он открывается и остается в таком состоянии. В очередном нагнетательном цикле насосом 21 подаваемое им топливо поступает не к форсунке 1, а через полость клапана РНД 23, трубчатый шток 14 и через редукционный клапан 12 сливается в линию низкого давления (слив). Цилиндр отключен.

Возможную величину подачи СПБТ в дизельное топливо и цилиндр ограничивает показатель пониженного цетанового числа такого смесевого топлива.

Предельно допустимые концентрации и индексы токсичности вредных веществ ОГ

Вредные вещества	Контролируемые			Косвенно контролируемые	Неконтролируемые		
	CO	NO _x	CH		С	ПАУ	Альдегиды
ПДК _{сс} , мг/м ³	3,0	0,004	1,5	0,05	0,000001	0,012	0,05
K_1'	0,34	25,0	0,67	20	$1 \cdot 10^6$	83	20

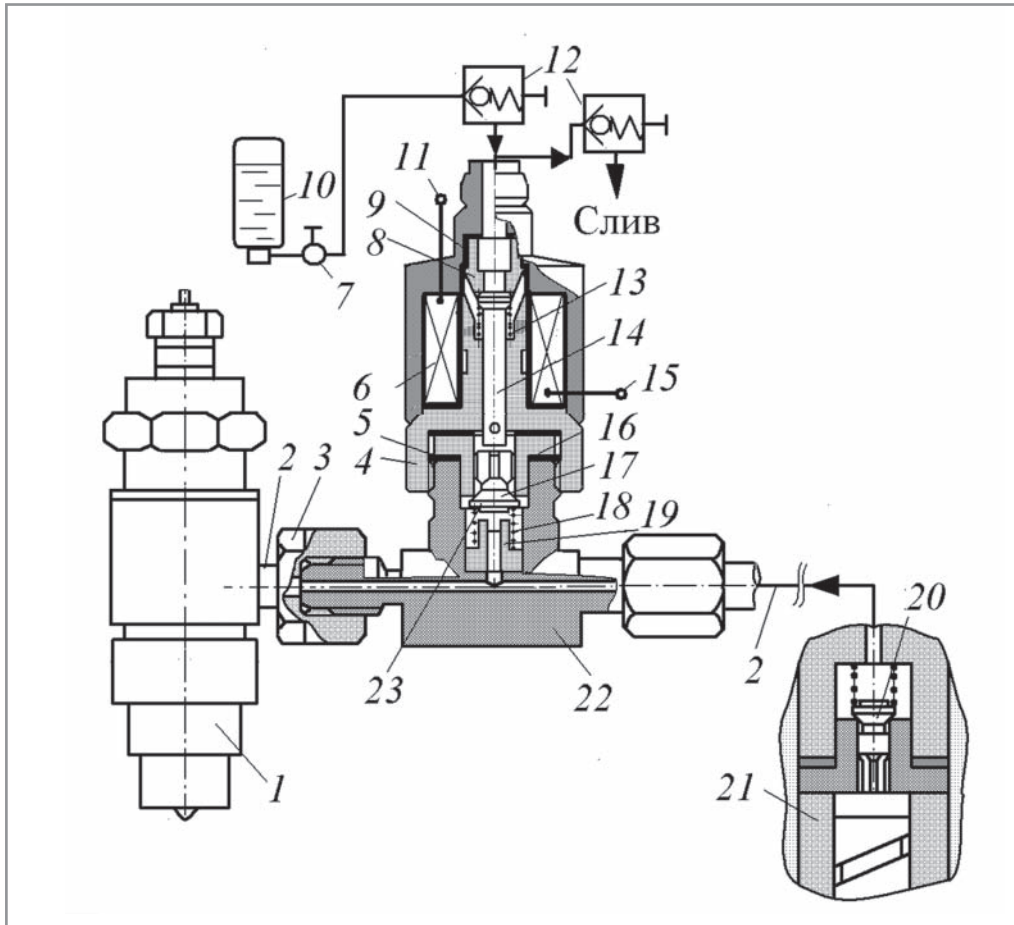


Рис. 1. Схема системы топливоподачи с вводом СПБТ в дизельное топливо в ЛВД между циклами топливоподачи через клапан РНД и отключения подачи топлива в деактивируемые цилиндры:

1 – форсунка закрытого типа; 2 – ЛВД; 3 – штуцер; 4 – корпус электромагнита; 5 – прокладка; 6 – электромагнитная катушка; 7 – запорный вентиль; 8 – магнитный элемент; 9 – уплотнение; 10 – баллон с СПБТ; 11, 15 – контакты электромагнита; 12 – невозвратные регулируемые клапаны; 13 – возвратная пружина; 14 – трубчатый шток удержания клапана РНД; 16 – седло клапана РНД; 17 – запорный конус клапана РНД; 18 – пружина клапана РНД; 19 – ограничитель хода клапана РНД; 20 – нагнетательный клапан топливного насоса высокого давления (ТНВД) с разгрузочным пояском; 21 – ТНВД; 22 – корпус узла с клапаном РНД; 23 – клапан РНД

Поэтому на режимах малых нагрузок и холостых ходов, то есть при пониженном тепловом состоянии цилиндра, подачу СПБТ следует отключать. Это снижает эффективность метода по уменьшению дымности. Поэтому на таких режимах целесообразно отключить часть цилиндров, что повысит нагруженность работающих цилиндров и их тепловое состояние. Тогда подача СПБТ

в эти цилиндры сохраняется, а эффективность метода возрастает.

Испытания проведены на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла, то есть на режимах 100, 75, 50 и 25 % нагрузки (по положению рейки ТНВД) при номинальной частоте вращения и частоте максимального крутящего момента (условно принята равной 0,6 от номинальной).

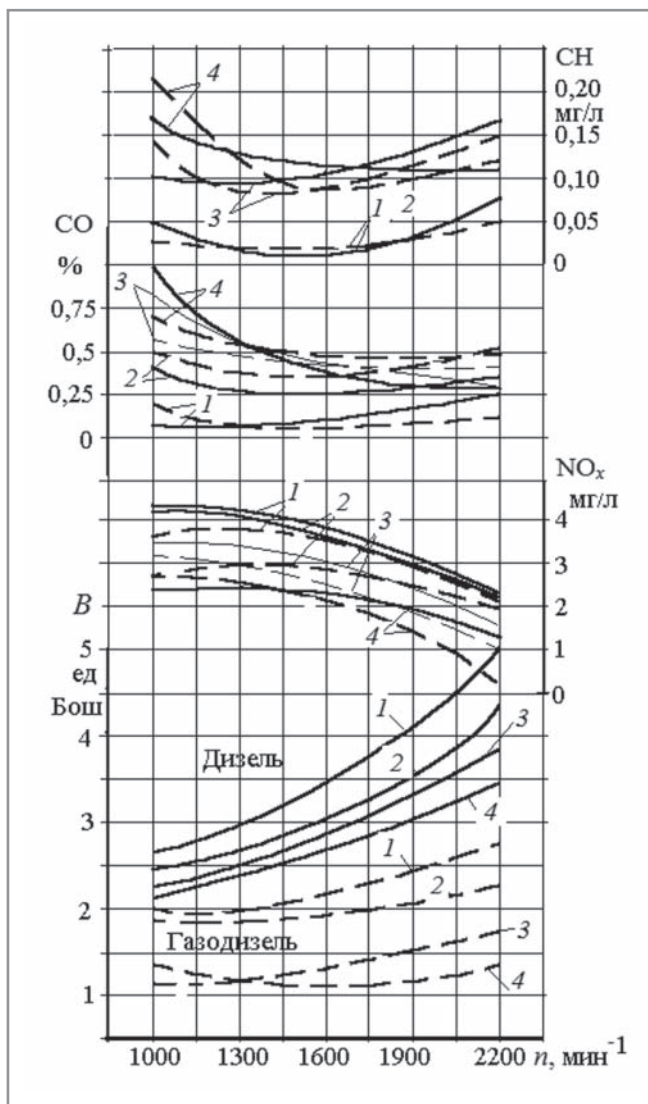


Рис. 2. Скоростные характеристики дизеля 4Ч11/12,5 по показателям дымности (B) по шкале Бош и концентрациям токсичных компонентов в ОГ (CO , CH , NO_x) и газодизеля с внутренним смесеобразованием на его базе: 1-4 – работа при положениях регулирующего органа соответственно 100, 75, 50 и 25 % (от номинального положения соответственно дизеля и газодизеля), при этом для газодизеля номинальным, то есть обеспечивающим получение такого же номинального крутящего момента, что и у исходного дизеля, является положение рейки $h_p=84\%$

На рис. 2. приведены результаты испытаний дизеля и его газодизельной модификации (с внутренним

смесеобразованием), когда жидкая фаза СПБТ подается в ЛВД вблизи форсунки через клапан РНД.

Результаты анализа показателей токсичности представлены в виде диаграмм (рис. 3), отражающих вклад токсичного компонента в суммарную условную токсичность выбросов двигателя. На рисунке площади диаграмм пропорциональны величинам суммарной условной токсичности каждого компонента. Доли каждого компонента выражены в процентах от общей суммарной токсичности.

Можно отметить, что суммарная токсичность газодизеля с внутренним смесеобразованием снижается почти на 25 % по сравнению с аналогичным показателем дизеля при работе по 13-ступенчатому циклу. Это достигается как существенным снижением выбросов сажи, так и некоторым снижением концентраций оксидов азота в ОГ.

Однако преимущественное влияние оказывает все же снижение дымности ОГ. Об этом свидетельствует тот факт, что при общем уменьшении суммарной токсичности доля оксидов азота в суммарной «вредности» возрастает примерно на 4 %.

Диаграммы показывают, что доля токсичности, вносимая оксидами азота, достигает и даже превышает 90 % суммарной токсичности выбросов, определенной по четырем компонентам ОГ. Доля токсичности NO_x в суммарной токсичности газодизеля на 4 % выше, чем у дизеля. Однако суммарная условная токсичность газодизеля на 25 % ниже, чем у штатного дизеля, а доля токсичности, вносимая выбросом сажи, почти в три раза ниже, чем у дизеля. Очевидно, это и является основным достоинством такого газодизельного процесса еще и потому, что снижение дымности ОГ позволяет форсировать рабочий процесс по составу смеси, следовательно, и по мощности, без превышения установленного для дизеля предела дымления.

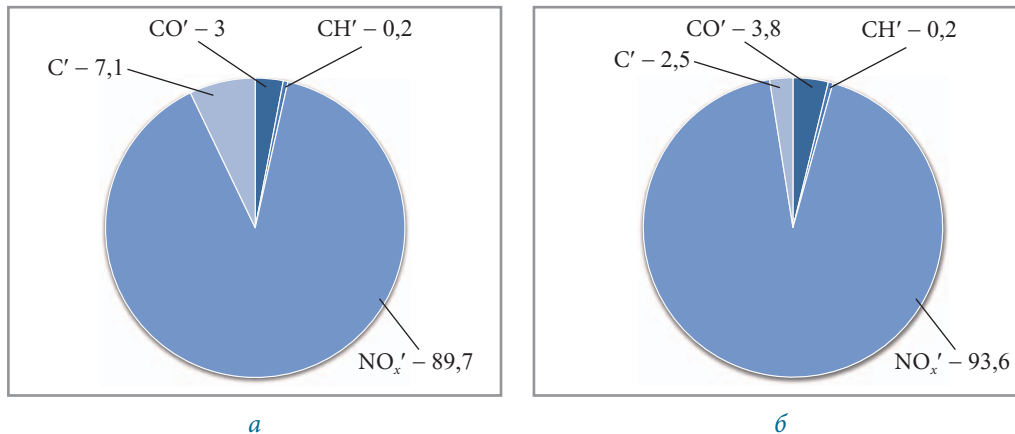


Рис. 3. Сравнение долей вредности, вносимых токсичным компонентом ОГ (в условных единицах) в суммарную условную токсичность (K_z) дизеля Д-240 и газодизеля с внутренним смесеобразованием на его основе по четырем основным компонентам ОГ:

а – дизель ($K_z=65200$); *б* – газодизель ($K_z=49100$); CO' , CH' , NO_x' , C' – в процентах от суммарной условной токсичности; K_z – суммарная условная токсичность (площадь круга пропорциональна суммарной условной токсичности выбросов данного двигателя)

При работе газодизеля доля СПБТ, которая может быть добавлена к ДТ при высоких показателях протекания рабочего процесса, ограничивается низким цетановым числом образуемого таким образом смесового топлива. В результате на режимах малых нагрузок и холостого хода приходится либо уменьшать ввод СПБТ в топливо с помощью каких-то дополнительных регулирующих устройств, либо отключать его подачу. В результате снижается доля замещения ДТ газом, падает эффективность использования этого альтернативного топлива.

Одним из методов повышения допустимого процента замещения ДТ сжиженным газом (СПБТ) является отключение части цилиндров или циклов на режимах малых нагрузок и холостого хода, когда низкое тепловое состояние двигателя не позволяет применить добавку сжиженного газа. При отключении (деактивации) части цилиндров работающие (активные) имеют повышенные нагрузки и, следовательно, повышенные тепловые состояния, что позволяет применять СПБТ и другие легкие углеводороды с низкими цетановыми числами в качестве добавок к ДТ (рис. 4 и 5).

При работе дизеля с малыми на-

грузками происходило отключение части цилиндров. При нагрузке несколько менее 50 % дизель работал на двух цилиндрах, а при нагрузке несколько менее 25 % – на одном цилиндре. В обоих случаях активные цилиндры работали с полной нагрузкой. Дымность ОГ от каждого активного цилиндра составляла тот же уровень, что и при 100 % нагрузки. Но ОГ при отключении цилиндров разбавляются воздухом из отключенных цилиндров. В результате при применении системы отключения цилиндров и циклов (СОЦЦ) концентрация сажи в ОГ снизилась на 23 %.

Очевидно, что основную роль в повышении токсичности выбросов дизелей играют оксиды азота. Однако применение газодизельного процесса, использование отключения цилиндров и циклов позволяют снизить общую токсичность ОГ. Роль выбросов СН практически не ощутима (составляет порядка 0,2 % суммарной токсичности). Вклад СО и С также сравнительно мал.

При этом если отключение цилиндров и перевод дизеля на газодизельный процесс снижают выбросы сажи, то выбросы СО несколько возрастают. В конечном итоге применение отключения

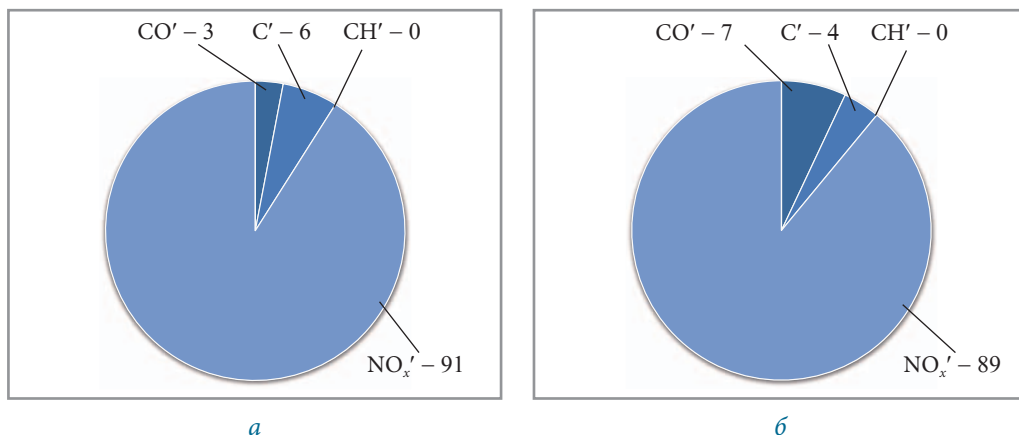


Рис. 4. Влияние системы отключения цилиндров и циклов (СОЦЦ) на суммарную условную токсичность и доли вредности компонентов ОГ дизеля (Д) и газодизеля (ГД) с внутренним смесеобразованием при выполнении 13-ступенчатого испытательного цикла:
 а – дизель с СОЦЦ, $K_{\Sigma}=50000$; б – газодизель с СОЦЦ, $K_{\Sigma}=45500$ (K_{Σ} Д с СОЦЦ : K_{Σ} ГД с СОЦЦ=100 : 91)

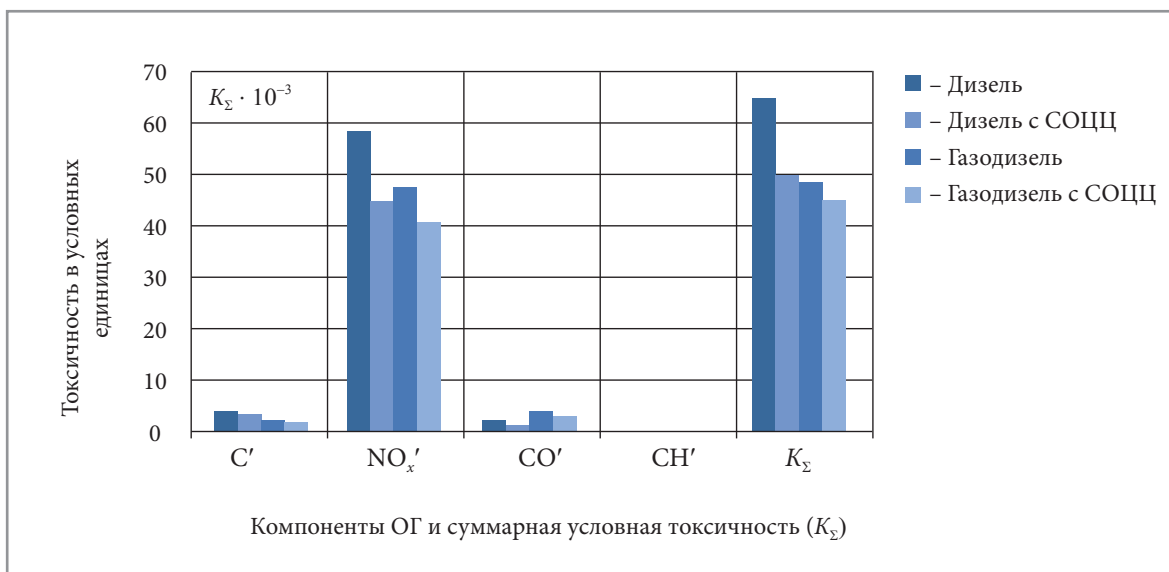


Рис. 5. Сравнение условных токсичностей компонентов ОГ и суммарных условных токсичностей дизеля, дизеля с СОЦЦ, газодизеля и газодизеля с СОЦЦ по результатам реализации 13-ступенчатого цикла

цилиндров, перевод двигателя на газодизельный процесс с внутренним смесеобразованием и совместное использование этих методов позволяют снизить общую суммарную условную токсичность двигателя K_{Σ} . Относительное уменьшение этой токсичности показано на рис. 6. Видно, что если принять суммарную условную токсичность дизеля в

штатном исполнении за 100 %, то уровень суммарной токсичности газодизеля с системой отключения цилиндров составит около 70 %. Переход на газодизельный процесс с внутренним смесеобразованием может снизить суммарную условную токсичность на 25 %.

При применении СОЦЦ снижается токсичность выбросов как дизеля, так

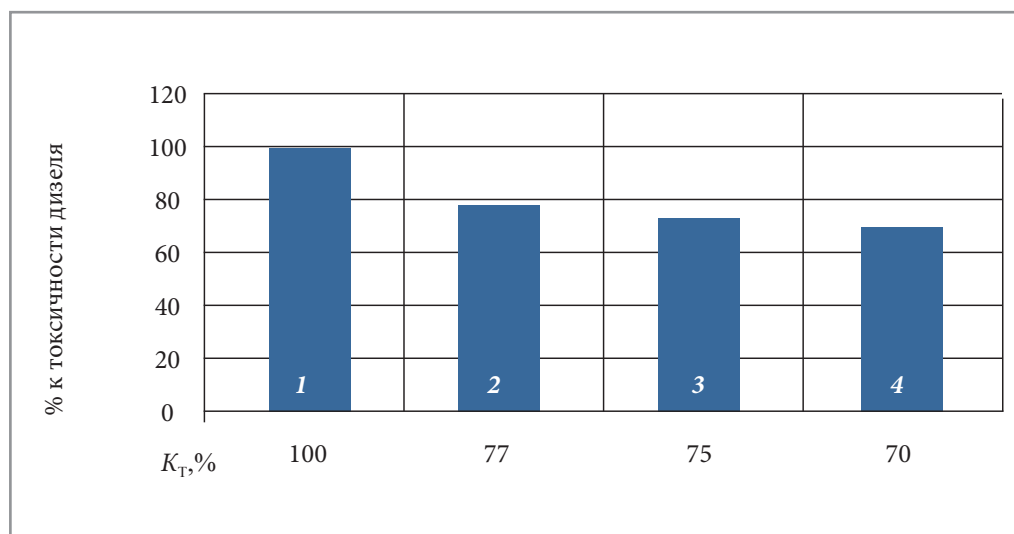


Рис. 6. Относительная условная токсичность (K_T) разных модификаций двигателя:
1 – дизель; 2 – дизель с СОЦЦ; 3 – газодизель; 4 – газодизель с СОЦЦ

и газодизеля. Правда, для газодизеля этот метод дает лишь 9 % снижения в суммарной условной токсичности. Интересно, что газодизель с СОЦЦ имеет в общей суммарной токсичности меньшую долю NO_x , на 2 % меньше сажи, но на 4 % больше CO . Доля токсичности, вносимой углеводородами, составляет около 0,2 %.

Приведенные расчетно-экспериментальные данные являются в определенной мере приближенными, так как исследования проведены на установившихся режимах, то есть на прогревом

двигателе и при постоянных значениях нагрузки. В реальных условиях эксплуатации результаты исследования будут изменены наличием переходных процессов в системах, а также переменностью и неравенством нагрузок, выбранных в исследовании.

И все же результаты подтверждают целесообразность применения как методов добавки к дизельному топливу сжиженного пропан-бутана, так и методов регулирования дизеля изменением рабочего объема двигателя.

Литература

1. Патрахальцев Н.Н. Повышение экономических и экологических качеств двигателей внутреннего сгорания на основе применения альтернативных топлив: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 267 с., ил.
2. Патрахальцев Н.Н., Страшнов С.В., Мельник И.С., Корнев Б.А. Изменение числа работающих цилиндров дизеля – вариант повышения экономичности его режимов малых нагрузок // Автомобильная промышленность. – 2012. – № 2. – С. 11-13.
3. Игнатович И.В., Кутенев В.Ф., Рывтинский Г.Н. Квалиметрический метод оценки токсичности двигателей // Вестник машиностроения. – 1991. – № 7. – С. 9-12.
4. Патрахальцев Н.Н., Савастенко А.А., Виноградский В.Л. Регулирование начального давления топлива – методы и средства повышения экономичности и эффективности работы дизелей // Автомобильная промышленность. – 2002. – № 3. – С. 8-19.

Стендовый способ определения механических потерь в пневматической шине

И.К. Александров, Вологодский государственный университет, д.т.н.

Предложен способ определения механических потерь в пневматической шине с использованием стандартного роликового стенда.

Ключевые слова:

пневматическая шина, механические потери.

Для определения механических потерь в пневматических шинах по известным методикам необходимо изготавливать специальные установки, что связано со значительным удорожанием и снижением оперативности исследований. В данной работе рассмотрен пример реализации способа определения потерь на трение в пневматической шине [1], основанного на использовании существующих диагностических роликовых стендов [2, 3]. В этом случае отпадает необходимость в изготовлении специальной установки, так как используется штатное (изготавливаемое промышленностью) оборудование.

Указанные роликовые стенды предназначены для определения мощности на колесах автомобилей. Однако они не используются для непосредственного измерения механических потерь на пневматических колесах.

Согласно традиционным методикам [2, 3], относительные механические потери на роликовом стенде представляют постоянным коэффициентом, определяющим долю потерь от мощности на колесах, развиваемой испытуемым транспортным средством. В действительности же потери на стенде нельзя достоверно определить с помощью постоянного коэффициента, так как они существенно зависят от многих факторов: технического состояния стенда, которое меняется в процессе его эксплуатации (в частности, из-за износа элементов стенда); геометрических размеров колеса, устанавливаемого на ролики стенда; давления в шинах испытуемых колес; вертикальной нагрузки, действующей на систему роликовый стенд – колесо.

Кроме того, существенным недостатком стандартной методики является то, что принимаемый коэффициент представляется как интегральный показатель потерь в системе стенд – колесо, то есть он объединяет в себе механические потери как в самом стенде, так и в шинах, устанавливаемых на роликах стенда. Следовательно, применяя традиционную методику, невозможно величину механических потерь в самой шине выделить из общих потерь в системе стенд – колесо. Исключение всех указанных недостатков обеспечивается за счет предложенного способа (рис. 1).

Суть способа заключается в том, что испытания системы роликовый стенд – колесо проводят в два этапа.

На первом этапе (тарировка стенда) определяют потери в системе при использовании в качестве колеса его недеформируемого аналога, радиус которого равен радиусу R_k качения пневматического колеса (табл.1). Ввиду того, что в недеформируемом

Рис. 1. Схема реализации способа:

1 – испытуемое колесо с шиной; 2 – ролики стэнда; 3 – рычаг для нагружения системы крутящим моментом; 4 – сектор рычага; 5 – динамометр; 6 – нерастяжимая нить, соединяющая сектор рычага с динамометром; P_c – окружное усилие на колесе (усилие сопротивления вращению колеса); F_n – нормальная сила, передаваемая на ролик; R_k – радиус качения; G_n – вертикальная нагрузка; l – длина рычага; R_p – радиус ролика; L – расстояние между роликами

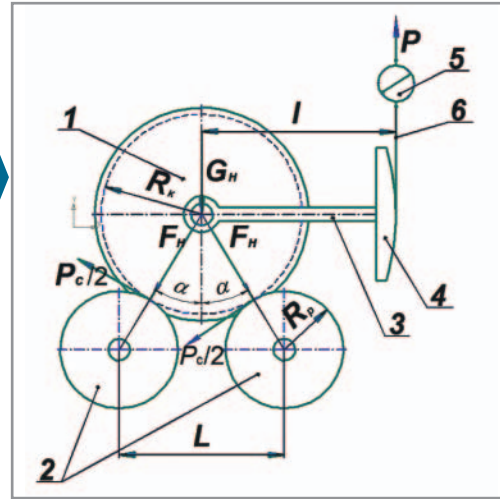
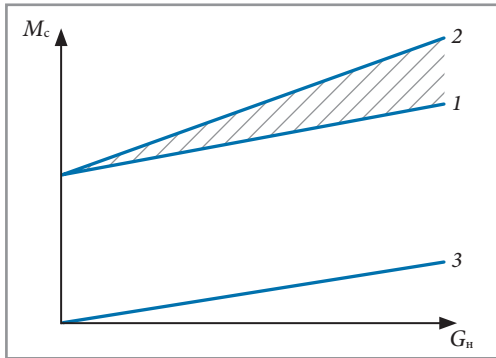


Рис. 2. Зависимости момента сопротивления системы прокручиванию:

1 – стэнд – недеформируемый аналог колеса (собственные потери стэнда); 2 – стэнд – колесо с пневмошиной; 3 – момент сопротивления движению колеса с пневмошиной

аналоге практически не возникают потери, в системе фиксируются «чистые» потери в роликах стэнда в виде зависимости момента сопротивления системы прокручиванию от вертикальной нагрузки на колесо (колесную пару) $M_{C1} = f(G_n)$.

На втором этапе проводят испытания по той же программе системы роликотый стэнд – колесо с деформируемой шиной (табл.2-4) и определяют вторую зависимость момента сопротивления системы прокручиванию от вертикальной нагрузки $M_{C2} = f(G_n)$.

По разности моментов сопротивления на втором и первом этапах испытаний (рис. 2) определяют механические потери в шине в виде функциональной зависимости $M_{C3} = f(G_n) = M_{C2} - M_{C1}$.

Представим силовые зависимости в системе роликотый стэнд – колесо с учетом его геометрических параметров. Сила сопротивления качению колеса (см. рис. 1)

$$P_k = 2f_k \frac{1}{2} G_n \cos \alpha = f_k G_n \cos \alpha,$$

где f_k – коэффициент сопротивления качению; G_n – вертикальная нагрузка на испытуемую колесную пару, Н; α – угол между вертикалью и нормальной силой, передаваемой от колеса к ролику, град.

Суммарное окружное усилие на колесе определяется потерями в колесе и самом стэнде (в подшипниках опорных роликов) $P_c = P_k + P_{ст}$, где $P_{ст}$ – окружное усилие, определяющее величину потерь в стэнде (считаем, что эти потери описываются законом Амонтона–Кулона) [4, 5].

$$P_{ст} = k G_n + P_{XX},$$

где k – относительные механические потери [4]; P_{XX} – окружное усилие, определяемое величиной потерь на холостой ход стэнда.

Следовательно, можем записать:

$$P_c = f_k G_n \cos \alpha + k G_n + P_{XX}. \quad (1)$$

Умножив правую и левую части уравнения (1) на радиус R_k качения колеса, получим зависимость момента M_c сопротивления системы прокручиванию:

$$M_c = f_k G_n \cos \alpha R_k + k G_n R_k + P_{XX} R_k = f_k G_n \cos \alpha R_k + k' G_n + M_{XX}, \quad (2)$$

где $k' = k R_k$.

На основании (1) и (2) появляется возможность определения коэффициента сопротивления качению испытуемого колеса

$$f_k = \frac{P_c - kG_n - P_{XX}}{G_n \cos \alpha} = \frac{M_c - k'G_n - M_{XX}}{G_n \cos \alpha R_k} \quad (3)$$

Геометрические параметры установки определяются следующими соотношениями (см. рис. 1):

$$L = 2(R_k + R_p) \sin \alpha; \quad \alpha = \arcsin \left[\frac{L}{2(R_k + R_p)} \right].$$

Применительно к конкретным испытаниям пневмошины размером 165-80-R13 имеем: $R_k = 0,285$ м; $R_p = 0,115$ м; $L = 0,420$ м; $\alpha = 31,7^\circ$.

Таблица 1

Результаты испытаний системы стэнд – недеформируемый аналог колеса (тарировка стэнда)

Номер испытания	Осевая нагрузка G_n , Н	Среднее значение усилия P_{cp} , Н	Длина рычага l , м	Момент сопротивления системы стэнд – колесо M_c , Н·м
1	1251	33,3	0,528	16,534
2	1751	36,3		18,109
3	2251	39,6		19,870
4	3251	43,7		21,994

Аппроксимирующая функция: $M_c = 0,0027 G_n + 13,33$.

Таблица 2

Результаты испытаний системы стэнд – пневматическая шина с давлением 0,2 МПа

Номер испытания	Осевая нагрузка G_n , Н	Среднее значение усилия P_{cp} , Н	Длина рычага l , м	Момент сопротивления системы стэнд – колесо M_c , Н·м
1	555	34,4	0,528	17,088
2	755	37,6		18,818
3	961	39,0		19,533
4	1461	43,3		21,823
5	1961	47,3		23,926
6	2461	52		26,396
7	2961	56,3		28,691

Аппроксимирующая функция в диапазоне $0 < G_n < 961$: $M_c = 0,006 G_n + 13,93$.

Аппроксимирующая функция в диапазоне $961 < G_n < 2961$: $M_c = 0,00458 G_n + 15,1$.

Таблица 3

Результаты испытаний системы стэнд – пневматическая шина с давлением 0,17 МПа

Номер испытания	Осевая нагрузка G_n , Н	Среднее значение усилия P_{cp} , Н	Длина рычага l , м	Момент сопротивления системы стэнд – колесо M_c , Н·м
1	555	36	0,528	17,088
2	755	39,3		18,818
3	961	42,7		19,533
4	1461	49,3		21,823
5	1961	52,7		23,926
6	2461	57,3		26,396

Аппроксимирующая функция в диапазоне $0 < G_n < 961$: $M_c = 0,00867 G_n + 13,14$.

Аппроксимирующая функция в диапазоне $961 < G_n < 2961$: $M_c = 0,0038 G_n + 17,68$.

Результаты испытаний первого и второго этапов представлены в виде графиков на рис. 3.

Оценим на основании проведенных исследований влияние давления в шине на коэффициент сопротивления качению. Используем для этой цели формулу (3). Вычисления проведем для условия максимальной осевой нагрузки равной 2961 Н. Коэффициент сопротивления качению для шины с давлением соответственно 0,2; 0,17; 0,15 МПа: $f_{k0,2} = 0,0103$; $f_{k0,17} = 0,011$; $f_{k0,15} = 0,014$.

На рис. 4 представлена зависимость коэффициента качения f_k от давления в пневмошине.

По функциональной зависимости $f_k = f(p_n)$ видно, что снижение давления в шине ниже рекомендуемого приводит к резкому (на 40 %) увеличению коэффициента сопротивления качению.

Таблица 4

Результаты испытаний системы стэнд – пневматическая шина с давлением 0,15 МПа

Номер испытания	Осевая нагрузка G_n , Н	Среднее значение усилия P_{cp} , Н	Длина рычага l , м	Момент сопротивления системы стэнд – колесо M_c , Н·м
1	555	37,64	0,528	18,82
2	755	41,01		20,6
3	961	44,61		22,5
4	1961	53,66		27,28
5	2461	56,66		28,86
6	2961	61,68		31,51

Аппроксимирующая функция в диапазоне $0 < G_n < 961$: $M_c = 0,0091 G_n + 13,7$.

Аппроксимирующая функция в диапазоне $961 < G_n < 2961$: $M_c = 0,0044 G_n + 18,31$.

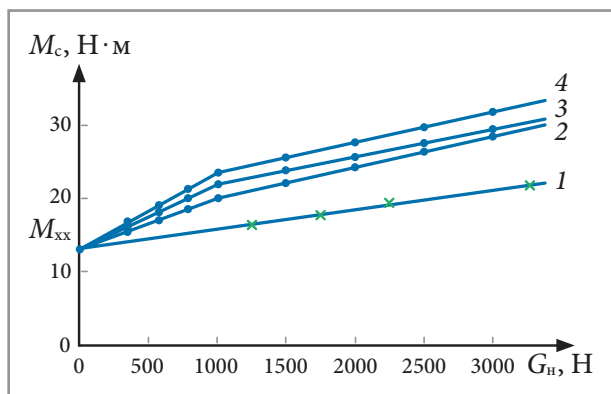


Рис. 3. Графическое представление результатов экспериментальных исследований на роликовом стэнде: 1 – тарировочная характеристика (собственные потери стэнда); 2 – стэнд + шина с давлением 0,2 МПа; 3 – стэнд + шина с давлением 0,17 МПа; 4 – стэнд + шина с давлением 0,15 МПа

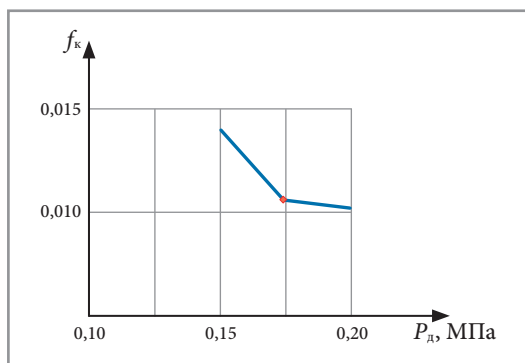


Рис. 4. Зависимость коэффициента качения от давления в пневмошине

Литература

1. Патент 2096750 РФ: МПК G01M17/02. Стендовый способ определения механических потерь в шине / И.К. Александров. – Заявлен 5.05.1994; опубл. 20.11.1997, Б.И. № 32.
2. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / под ред. Г.В. Крамаренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1983. – 488 с.
3. **Харазов А.М.** Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей / А.М. Харазов. – М.: Высшая школа, 1990. – 252 с.
4. **Александров И.К.** Определение потерь в кинематических парах и механических трансмиссиях на основе закона Амонтона–Кулона // Вестник машиностроения. – 2010. – № 5. – С. 8-15.
5. **Aleksandrov I.K.** Determining the Losses in Kinematic Pairs and Mechanical Transmissions on the Basis of the Amontons-Coulomb // ISSN 1068-798X, Russian Engineering Research. – 2010. – Vol. 30, No5. – С. 435-441.

Удмуртия: пилотный регион № 18

Удмуртия вошла в число регионов РФ, где реализуются пилотные инвестиционные проекты по развитию рынка газомоторного топлива. Теперь их стало 18. Соответствующая договоренность была достигнута по итогам встречи министра промышленности и энергетики УР Олега Радионова, генерального директора ОАО «Удмуртавтотранс» Альберта Ахметшина и генерального директора ООО «Газпром газомоторное топливо» Михаила Лихачева.

В рамках подписанного соглашения каждая сторона взяла на себя обязательства выполнить необходимые мероприятия в соответствии с графиком синхронизации: Удмуртия переводит общественный автотранспорт на природный газ, «Газпром газомоторное топливо» осуществляет развитие газозаправочной инфраструктуры.

Правительство республики обеспечило высокую степень проработки вопроса. Благодаря совместным действиям министерств транспорта и дорожного хозяйства, промышленности и энергетики, а также

АНО «Агентство по энергосбережению УР» и ОАО «Удмуртавтотранс» была разработана и в ноябре 2013 г. утверждена подпрограмма «Развитие рынка газомоторного топлива» государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики в Удмуртской Республике на 2014–2020 годы». На субсидирование затрат по приобретению автотранспорта будет направлено 92,6 млн руб. из федерального бюджета и 7,2 млн – из республиканского. Благодаря поддержке бюджетов двух уровней ОАО «Удмуртавтотранс» получило возможность привлечь еще около 150 млн руб. в качестве инвестиций. Наличие крупного потребителя в свою очередь гарантирует, что созданная инфраструктура будет использоваться с достаточной экономической эффективностью.

Специалисты ОАО «Удмуртавтотранс» просчитали все риски и проверили расчеты в ходе опытной эксплуатации первых автобусов на газомоторном топливе, полученных в прошлом году.

Реализация проекта перевода общественного транспорта на газомоторное топливо является положительным примером государственно-частного партнерства. Залогом его успеха генеральный директор ОАО «Удмуртавтотранс» Альберт Ахметшин считает тот факт, что обозначенный вектор развития компании совпал с общегосударственной политикой, сформулированной в поручениях Президента и распоряжении Правительства РФ от 13 мая 2013 г. № 767.

Первым шагом в развитии газозаправочной инфраструктуры в республике стало заключение в декабре 2013 г. соглашения между правительством Удмуртии и ООО «Газпром газомоторное топливо» о расширении использования КПП в качестве моторного топлива. В настоящее время создана рабочая группа по развитию рынка газомоторного топлива в республике, куда вошли представители органов власти и хозяйствующих субъектов, заинтересованных в развитии данного направления в регионе.

С целью обеспечения безопасности перевозок, которая является одной из приоритетных задач, производственная инфраструктура Воткинского филиала приведена в соответствие с требованиями нормативной документации. Создана необходимая база для обеспечения технического обслуживания и ремонта газобаллонных автомобилей. Более 150 работников предприятия в специализированных учебных учреждениях прошли обучение безопасной эксплуатации и обслуживанию ГБА. Первым объектом новой газозаправочной сети станет модуль, смонтированный в Воткинске. Дальнейшее развитие предусматривает строительство стационарной АГНКС, поскольку производительность модуля ограничена.

В настоящее время начинается стадия активных действий, работа будет идти в рамках достигнутых соглашений и в соответствии с расставленными ориентирами. Синхронно с развитием газозаправочной сети до конца года будут введены в эксплуатацию 50 новых автобусов в Воткинске. Это позволит добиться повышения экономической эффективности за счет снижения эксплуатационных расходов, поскольку стоимость 1 м³ КПП в республике сегодня в три раза ниже цены 1 л дизельного топлива.

Итоги тестовых испытаний показали, что экономия на топливе в газовом цикле достигает 60 % по сравнению с дизельными аналогами, а в целом себестоимость перевозок может снизиться на 10 %. Также уменьшается нагрузка на окружающую среду – расчеты показывают, что к 2017 г., когда число автобусов, работающих на газомоторном топливе, достигнет запланированных 370 ед., выбросы в атмосферу загрязняющих веществ сократятся на 55 %, или на 300 т/год.

52



Автобус
Yutong на КПП

Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС

А.А. Евстифеев, начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.

В статье представлена методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС, а также способы повышения эффективности управления процессами и объектами сети. Представлена схема информационно-логических связей и задач методологии рационального построения региональной сети АГНКС. Предложены подходы к формированию краткосрочных и перспективных планов модернизации и развития сети АГНКС.

Ключевые слова:

совершенствование региональной сети АГНКС, повышение эффективности управления производственными процессами, информационно-логические связи, компримированный природный газ.

Методологию рационального построения региональной сети АГНКС можно представить в виде набора взаимоувязанных постановок задач, показателей, методов, алгоритмов, моделей и информационно-логических схем. Совокупность этих элементов формирует теоретические основы рационального построения структур региональной сети АГНКС и позволяет повысить эффективность управления производственными процессами в сети АГНКС.

Структура и состав методологии представлены на рис. 1. Методология в своем составе содержит семь основных стадий:

- анализ внешней среды;
- построение условий принятия решения;

- построение станций заданной производительности;
- построение региональной сети АГНКС;
- анализ эффективности функционирования сети;
- корректировка моделей, методов и средств;
- корректировка типовых проектных решений.

На стадии анализа внешней среды проводится сбор и обработка информации по следующим направлениям:

- действующие транспортные потоки грузового транспорта, осуществляющего перевозку грузов на постоянной основе, городских и пригородных автобусов, работающих на регулярных маршрутах с установленными пунктами остановки и поворотно-отстойными площадками [1];



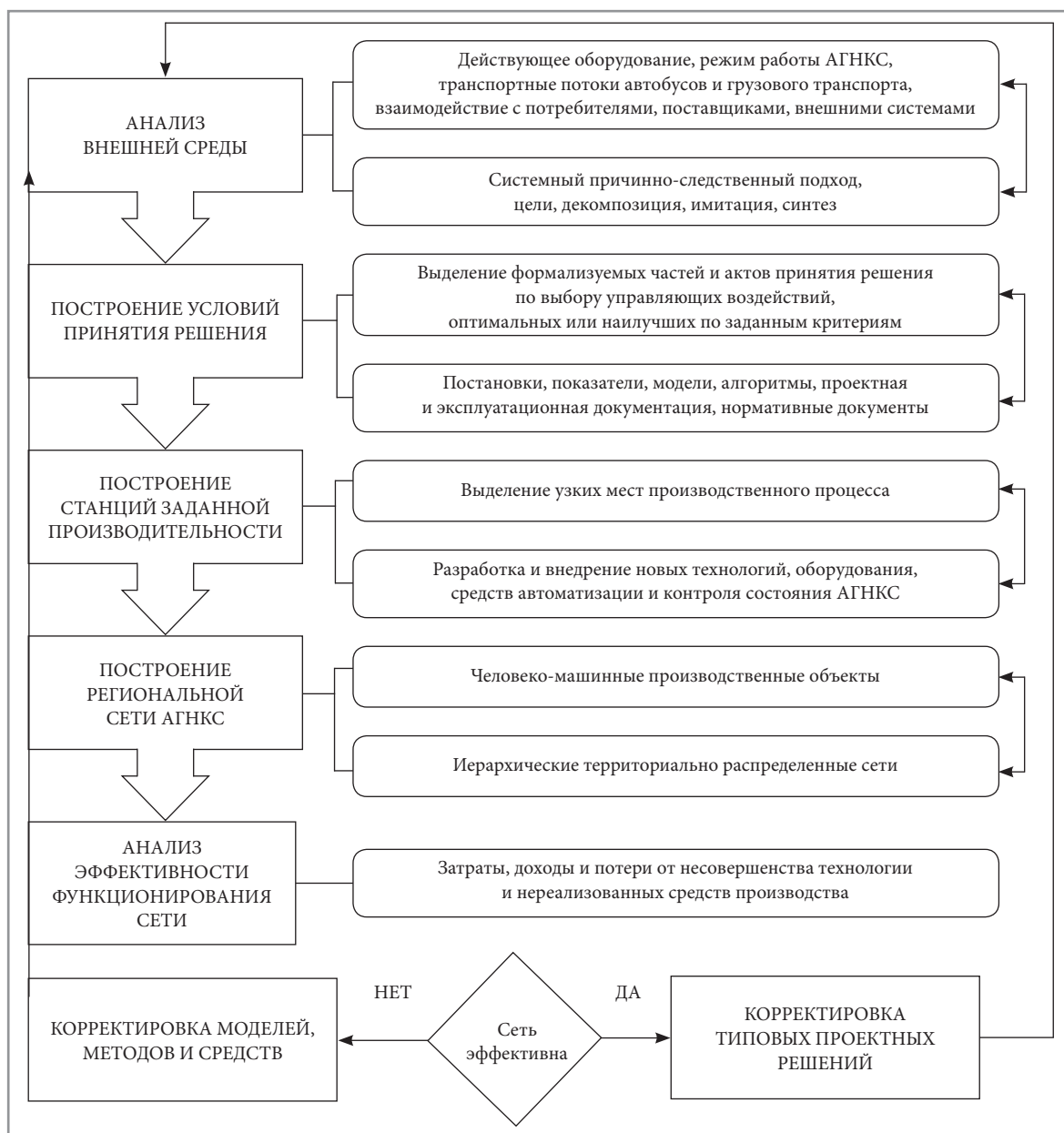


Рис. 1. Структура и состав методологии рационального построения региональной сети АГНКС

- состояние улично-дорожной сети с учетом утвержденных перспективных и генеральных планов ее развития и строительства [2];
- наличие технической возможности подключения к различным поставщикам топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и исходного сырья для производства газового моторного топлива [3];
- наличие потребителей газового моторного топлива в регионе и места их фактической дислокации;

- наличие в регионе действующих АГНКС, режимы их работы и фактическое местонахождение, а также юридический статус и принадлежность;
- наличие поставщиков оборудования и сервисных центров по его обслуживанию;
- наличие особенностей в региональных подзаконных актах, нормативно-правовое регулирование деятельности по заправке транспортных средств.

Улично-дорожная сеть и действующие потоки грузового транспорта, городских и пригородных автобусов

Вопросы транспортных потоков хорошо изучены институтом системного анализа Российской академии наук [1, 4-6]. В его работах проводилось исследование транспортных потоков крупных городов, для которых строились математические модели, однако в данных моделях не учитывались приток транзитных транспортных средств, периодичность движения грузового и муниципального пассажирского транспорта.

В ряде крупных городов в настоящее время сформирована инфраструктура улично-дорожной сети, имеющая наряду с общими полосами для движения транспорта выделенные полосы, используемые для движения общественного транспорта. Данное обстоятельство привело к изменению математической модели, а также к необходимости рассматривать как общую улично-дорожную сеть, используемую для грузового транспорта, так и сеть для общественного транспорта.

Основными характеристиками улично-дорожных сетей являются:

- время передвижения;
- доступность для определенных видов транспортных средств (радиусы поворотов и разворотов, ограничения на длину и вес автопоезда и т.д.);
- дополнительные задержки на различных элементах транспортной сети (время парковки, ожидания, обслуживания);
- денежные затраты (платные магистрали, плата за въезд в определенные зоны города);
- условные штрафные добавки времени, используемые для моделирования различных особенностей транспортной сети и методов управления

транспортом (светофоры, ремонтно-восстановительные дорожные работы);

- холостые пробеги (необходимость уходить с маршрута для заправки, остановки на отдых или парковки).

Для решения задач моделирования транспортных потоков и расчета их интенсивности улично-дорожная сеть представляется в виде направленного графа. Узлами графа принимаются перекрестки улично-дорожной сети, а дугами – отрезки, соединяющие перекрестки с учетом их протяженности, ширины, типов покрытия (жесткое, грунтовое и т.д.), разрешенной скорости движения и т.д. Маршруты движения строятся как подграфы графа улично-дорожной сети.

Все дополнительные характеристики, описывающие движение конкретного транспортного средства на маршруте, получаются как производные от времени и траектории движения.

Наличие технической возможности подключения к поставщикам ТЭР

Современные АГНКС могут быть выполнены в различных конфигурациях и потреблять для своего функционирования от одного (природный газ) до четырех видов топливно-энергетических ресурсов [7].

Наличие на основном производственном оборудовании (компрессоры, блоки осушки, блоки очистки, системы контрольно-измерительной аппаратуры, коммерческого учета отпущенного газа) мощных потребителей электроэнергии в ряде случаев требует решения вопросов доступности необходимых для функционирования АГНКС электрических мощностей, способов и условий подключения, а также стабильности данных подключений и поиска альтернативных поставщиков электроэнергии.

Требуется также наличие подключения к источнику магистрального

сетевого природного газа с определенными уровнем влажности, калорийностью и давлением.

Следует учитывать необходимость доставки и хранения запасов резервного топлива, таких как мазут, дизельное топливо или уголь, для обеспечения теплом и электроэнергией от автономных источников генерации при отсутствии возможности подключения АГНКС к сетевым источникам тепловой или электрической энергии.

Сбор информации производится в виде обзорной карты масштаба 1:10000 с нанесенными в единой системе координат слоями (электрические сети, газопроводы, тепловые сети) с указанием следующих характеристик:

- **для газопроводов и точек врезки**
 - давление газа в трубе;
 - свободный объем природного газа;
 - владелец газопровода;
 - затраты на приобретение единицы объема;
- **для электрических сетей**
 - территориальные границы обслуживания сетевых организаций района;
 - наличие ограничений на присоединенную мощность в сетевом узле;
 - эксплуатирующая организация;
 - затраты на приобретение единицы электроэнергии;
- **для резервного топлива**
 - источники резервного топлива (базы и склады ТСМ);
 - затраты на доставку и хранение резервного топлива;
 - затраты на приобретение единицы резервного топлива;
 - предельно допустимый срок хранения.

В результате формируется балансная матрица наличия топливно-энергетических ресурсов вдоль основных транспортных магистралей с указанием расстояния до источника ТЭР, его свободной мощности, эксплуатирующей организации, категории и затрат на приобретение единицы данного ресурса.

Наличие потребителей газового моторного топлива в регионе

Для определения мощности станции и состава основного производственного оборудования производится опрос автотранспортных предприятий региона с целью сбора характеристик структуры транспортных средств, среднегодовых пробегов и основных маршрутов движения. Проводится работа по выстраиванию взаимодействия с потребителями с целью заключения долгосрочных партнерских соглашений и формирования портфеля постоянных крупных потребителей.

В результате формируется карта-схема с нанесенными на нее местами фактической дислокации функционирующего газомоторного парка и перспективными местами дислокации вновь вводимого газомоторного транспорта с указанием его типа, численности, среднесуточного пробега, режима работы, маршрутов движения.

При обработке информации, полученной в результате первичного сбора, используются методы системного анализа, например, причинно-следственный подход, целеполагание, декомпозиция и синтез.

Для работы с картографической информацией используются геоинформационные системы, обеспечивающие возможность проведения как послойного, так и межслойного анализа средствами штатной функциональности геоинформационной системы. Сформированный массив исходной информации структурируется, обобщается и подготавливается для использования при проведении расчетов и моделировании на следующих стадиях методологии.

Так, на стадии построения условий принятия решения проводится выделение формализуемых частей и актов по выбору управляющих воздействий, оптимальных или наилучших

по заданным критериям, в процессе которых проводятся работы по формированию критериев по следующим направлениям:

- определение оптимального состава производственного оборудования;
- размещение АГНКС возле ключевых потребителей и в местах с максимальной интенсивностью потоков транспортных средств;
- размещение АГНКС с учетом требований пожарных и санитарных норм и состояния улично-дорожной сети;
- определение оптимальной структуры региональной сети АГНКС и их параметров;
- построение алгоритмов и выбор управляющих воздействий – оптимальных или наилучших – по заданным критериям.

В результате выполнения данной стадии формируются целевые показатели и технические характеристики, предъявляемые к объектам и оборудованию региональной сети АГНКС.

На стадии построения станций заданной производительности проводится определение узких мест производственного процесса в существующих типовых проектных решениях для АГНКС, а также поиск элементов и оборудования, не отвечающих сформированным на предыдущей стадии требованиям и характеристикам.

По результатам проведенного поиска осуществляется мониторинг известных и апробированных технологических решений и оборудования, позволяющих устранить несоответствие требованиям и характеристикам. В некоторых случаях сделать это на базе существующих проектно-технологических решений не удается. В этом случае проводится формулирование требований к новым техническим и технологическим средствам, составляется программа исследований и проводятся опытно-конструкторские работы по созданию новых образцов технологического

оборудования для удовлетворения потребностей развития региональных сетей АГНКС.

Полученные разработки апробируются и внедряются в опытно-промышленную эксплуатацию, по результатам которой принимаются решения о пригодности созданных технических средств и технологий к промышленному использованию и внедрению в типовые проекты. Цикл разработки нового оборудования составляет от двух до пяти лет, а технологии – от трех до семи.

На стадии построения региональной сети АГНКС проводится формирование перспективного плана реконструкции и строительства новых заправок, в рамках которого по ранее определенным критериям и реестру типовых проектных решений производится формирование иерархической территориально распределенной сети АГНКС и человеко-машинных производственных объектов региональной сети АГНКС.

Выбор типового технического решения для известных ситуаций осуществляется проектировщиком на основании наиболее общей причинно-следственной связи. Далее выполняется проверка качества внедрения результатов моделирования, в случае необходимости может производиться коррекция типовых проектных решений.

При недостаточности данных для выбора проводится коррекция модели [8], разрабатываются и апробируются новые технологические и проектные решения, по результатам опытно-промышленной эксплуатации производится последовательное их уточнение и корректировка.

На стадии анализа эффективности сети проводится обработка результатов производственно-хозяйственной деятельности функционирующих объектов региональной сети АГНКС с помощью известных общепринятых экономических методов – например, анализ затрат или потерь товарной продукции из-за

несовершенства технологии производства, транспортировки и хранения, метод денежных потоков, нереализованные средства производства, затраты на эксплуатацию и запасные части.

Результаты анализа эффективности функционирования сети используются для корректировки планов ее развития по следующим ключевым направлениям:

- приоритетность строительства и реконструкции объекта региональной сети АГНКС;
- регулирование требований к производственным объектам региональной сети АГНКС;

- регулирование типовых проектных решений и способов обеспечения потребителей газовым моторным топливом.

В результате применения методологии удается сформировать оптимальный или наилучший относительно заданных критериев план реконструкции и строительства региональной сети АГНКС.

При необходимости можно провести корректировку исходных показателей принятия решения или требований по уровню эффективности функционирования сети АГНКС. В случае невозможности выполнить такую коррекцию формируются рекомендации по отсрочке

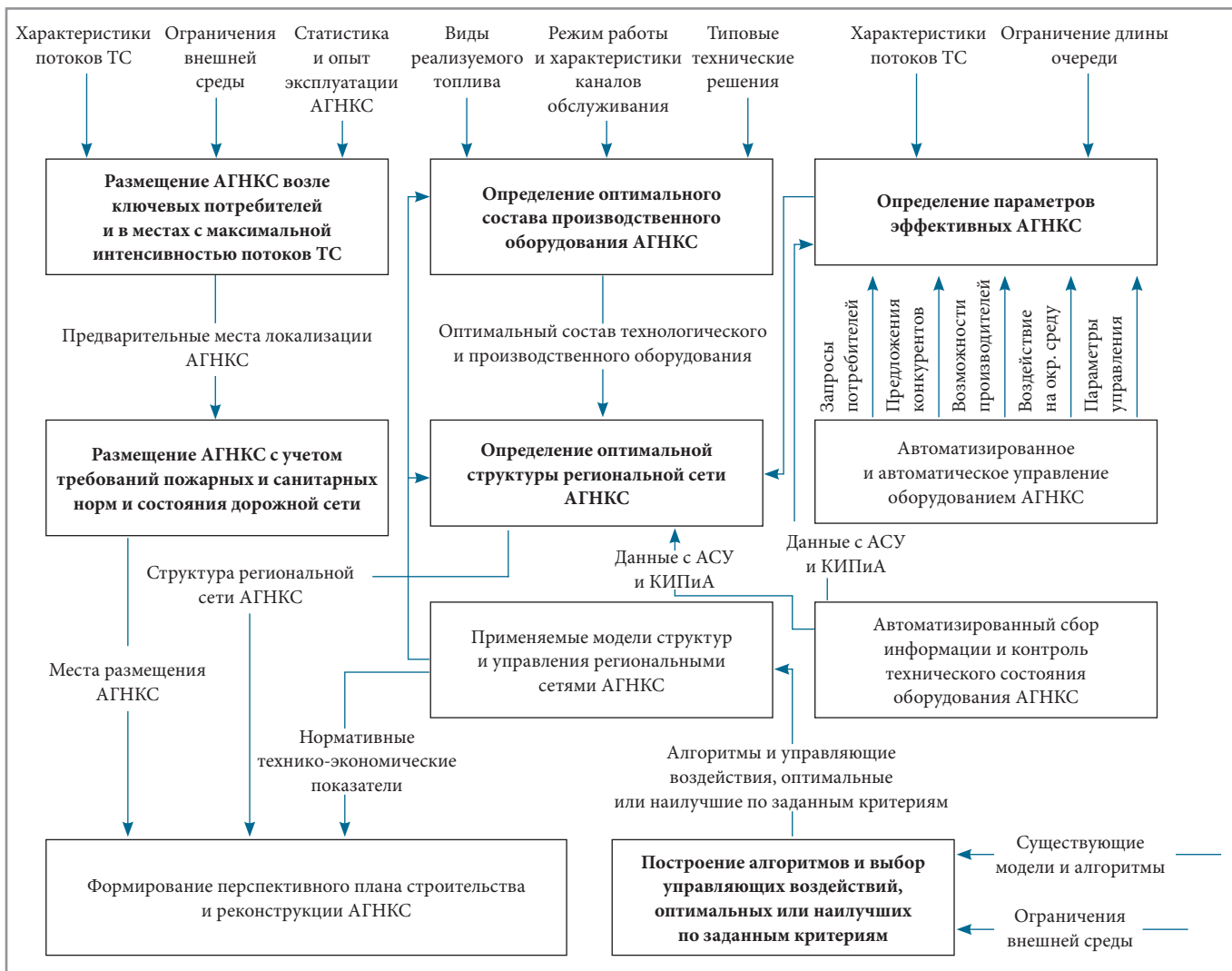


Рис. 2. Схема информационно-логических связей и задач методологии рационального построения региональной сети АГНКС

реализации формирования и развития региональной сети для данного региона.

Информация о региональной сети АГНКС, среде и результатах моделирования заносится в банк типовых проектных решений путем декомпозиции по уровням, периодам управления и видам технологического оборудования и производственных задач.

Общая задача представляется в виде взаимосвязанной совокупности частных проблем (рис. 2), к которым относятся следующие:

- поиск мест с максимальной интенсивностью потоков транспортных средств и возле ключевых потребителей для размещения АГНКС;
- размещение заправок с учетом требований пожарных и санитарных норм и состояния дорожной сети;
- определение оптимального состава производственного оборудования АГНКС;
- определение оптимальной структуры региональной сети заправок;
- определение параметров эффективных АГНКС;
- автоматизированное и автоматическое управление оборудованием станции;
- применение модели структур и управления развитием региональных сетей АГНКС;
- автоматизированный сбор информации и контроль технического состояния оборудования АГНКС;
- построение алгоритмов управления и выбор управляющих воздействий, оптимальных или наилучших по заданным критериям;
- формирование перспективного плана строительства и реконструкции АГНКС.

Все перечисленное взаимосвязано, и результаты, полученные в рамках решения вышестоящей задачи, используются на нижестоящих уровнях. Например, для решения задачи по формированию перспективного плана строительства и

реконструкции необходимо знать места размещения, структуру региональной сети АГНКС и нормативные технико-экономические показатели, которые являются результатами решения задач более высокого уровня.

Размещение АГНКС возле ключевых потребителей и в местах с максимальной интенсивностью потоков транспортных средств

Процесс поиска мест, подходящих для размещения АГНКС, состоит в формировании множества альтернатив, удовлетворяющих следующим условиям:

- непосредственное прилегание свободной территории к проезжей части с интенсивным движением;
- наличие источника исходного производственного сырья достаточной мощности и минимальное расстояние до него;
- отсутствие в непосредственной близости объектов производства и распространения газового моторного топлива конкурентов;
- наличие крупных потребителей газового топлива (автобусные парки, крупные автотранспортные предприятия, почтовые станции, таможенные терминалы) и минимальное расстояние до них [9].

В результате на картографической подложке формируется множество предварительных мест возможной локализации АГНКС.

Размещение АГНКС с учетом требований пожарных и санитарных норм и состояния улично-дорожной сети

Полученное множество предварительных мест возможной локализации АГНКС оценивается на соответствие требованиям действующей нормативной базы, в частности нормативных

документов в следующих областях:

- размещение опасных производственных объектов;
- противопожарная безопасность;
- объекты, подключаемые к трубопроводным источникам природного газа;
- санитарные нормы и правила.

В результате из предварительно отобранных мест составляется список тех, что соответствуют действующим нормативным документам, а из них выбираются наиболее подходящие для размещения АГНКС, а также для составления плана реконструкции и строительства региональной сети газовых заправок.

На рис. 2 полужирным шрифтом выделены задачи, требующие применения новых подходов к их решению. Модели нижних уровней используют данные от предыдущих уровней. При функционировании региональной сети АГНКС

применяются устройства автоматического управления компрессорным оборудованием, блоками очистки и осушки природного газа, системой вентиляции производственных помещений и иным оборудованием.

Последовательное решение задач информационно-логической модели в соответствии с разработанной методологией позволяет сформировать на определенный момент времени наиболее рациональный план реконструкции и развития сети АГНКС с учетом актуальных действующих и перспективных транспортных потоков. Оно также позволяет подобрать адекватный состав основного и вспомогательного производственного оборудования, достичь снижения стоимости строительства и реконструкции объектов сети АГНКС за счет применения механизма типовых унифицированных технических решений.

Литература

1. **Лившиц В.В., Стрельников А.И.** Калибровка и проверка гравитационной статистической модели трудовых корреспонденций. – М.: ЦНИИП градостроительства, 1983. – С. 79–101.
2. Закон города Москвы от 05.05.2010 г. № 17 «О Генеральном плане города Москвы».
3. **Евстифеев А.А.** Расчет надежности системы поставок газового моторного топлива потребителям // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 4 (34). – С. 61–65.
4. **Sen A.** Maximum likelihood estimation of gravity model parameters // J. Regional Sci. – 1986. – V. 26. – P. 461–474.
5. **Швецов В.И.** Математическое моделирование транспортных потоков // АиТ. – 2003. – № 11. – С. 3–46.
6. **Алиев А.С., Попков Ю.С., Швецов В.И.** Моделирование транспорта в ИСА РАН. Сб. труд. Компьютерные модели развития города. – СПб.: Наука, 2003. – С. 78–89.
7. **Люгай С.В., Евстифеев А.А.** Анализ систем автоматизации нефтегазового комплекса, применимых для автомобильных газонаполнительных станций // Транспорт на альтернативном топливе. – 2012. – № 6 (30). – С. 22–24.
8. **Савельев И.В.** Курс общей физики. Том I. Механика, колебания и волны. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1976.
9. **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.

Оптимизация процессов управления складом автомобильных запасных частей

В.Н. Катаргин, профессор Сибирского федерального университета, к.т.н.,
В.М. Терских, ассистент кафедры Сибирского федерального университета

В статье приводится пример имитационной модели управления запасами, адаптированной для автотранспортного предприятия. Целью является создание экспертной системы, позволяющей эффективно использовать складские ресурсы и планировать объемы приобретаемых запасных частей по ряду показателей. Предложенная методика также дает возможность на практике формализовать технологические процессы на складе с наименьшими затратами управленческих ресурсов, что повышает эффективность работы предприятий автомобильного транспорта и степень удовлетворенности потребителей их услуг.

Ключевые слова:

автомобильные запасные части, автомобильный сервис, автоматизация технологических процессов, складская логистика.

В настоящее время в технологическом процессе управления складом автомобильных запасных частей (рис. 1) существует одна неформализованная процедура, а именно составление заказа на пополнение запасов. Это связано с тем, что каждое конкретное предприятие должно само для себя определять номенклатуру хранимых запасных частей, их количество, когда, что и сколько нужно заказывать. Так как критериями оценки эффективности работы склада могут служить оборачиваемость запасов Z , уровень обслуживания U , средний складской запас \bar{N} , уровень дефицита D и т.д., то все задачи, связанные с управлением складом автомобильных запасных частей и материалов, являются многокритериальными [1, 2]. Вследствие этого возникает необходимость в оптимизации этих параметров.

На основе исходных данных, полученных от одной красноярской компании, занимающейся продажей запасных частей для автомобилей КАМАЗ, был проведен имитационный эксперимент [2, 3].

В процессе моделирования изменялись два входных параметра системы управления запасами (СУЗ) – минимальный N_{\min} и максимальный N_{\max} уровни складских запасов [4]. Коэффициент N_{\min} изменяли в пределах от 10 до 30 (что означает среднее потребление соответственно за десять дней и за месяц) с шагом 5, а N_{\max} от $N_{\min}+10$ до $N_{\min}+30$ с шагом 5 для каждого N_{\min} . Номенклатура запасных частей и материалов в экспериментальной модели склада составляла 2000 наименований. Для расчетов использовались данные о движении запасных частей на складе за 2004–2011 гг.

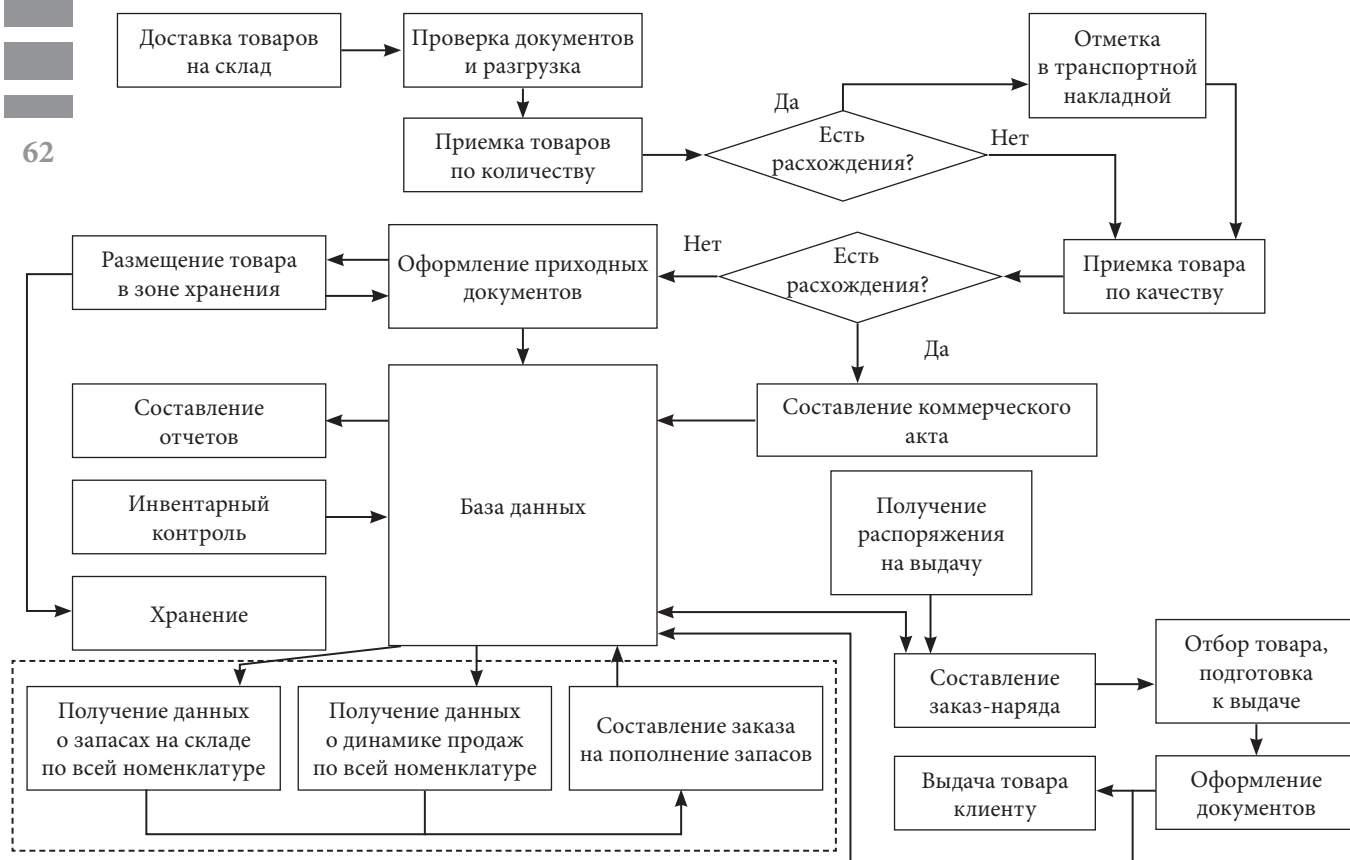


Рис. 1. Технологический процесс управления складом

Используя полученные данные, можно подобрать оптимальные значения N_{\min} и N_{\max} в зависимости от целей и приоритетов компании. Смыслом определения значений параметров СУЗ для компаний, занимающихся только продажей запасных частей, является максимизация прибыли. Поэтому оптимальными будут такие параметры СУЗ, при которых сумма издержек, связанных с хранением запасов, и недополученной прибыли по причине дефицита становится минимальной:

$$I_{\text{деф}} + I_{\text{скл}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $I_{\text{деф}}$ – упущенная прибыль по причине дефицита на складе; $I_{\text{скл}}$ – складские издержки.

В свою очередь, упущенная прибыль и издержки от хранения равны:

$$I_{\text{деф}} = DPV_{\text{спрос}}, \quad (2)$$

$$I_{\text{скл}} = V_{\text{скл}} (Y_{\text{хр}} + Y_{\text{ЗС}}), \quad (3)$$

где D – доля упущенных продаж от

всего объема спроса (дефицит), %; P – доля прибыли компании в отпускной стоимости деталей; $V_{\text{спрос}}$ – общий годовой спрос, руб.; $V_{\text{скл}}$ – средний запас на складе, руб.; $Y_{\text{хр}}$ – доля затрат на хранение запаса в его стоимости, %; $Y_{\text{ЗС}}$ – затраты на обеспечение запасов, связанные с замораживанием средств, в % от его стоимости.

Результаты имитационного моделирования и определение значений N_{\min} и N_{\max} представлены графически на рис. 2. Точка (или область), где затраты принимают минимальное значение, проецируется на плоскость $0N_{\min}N_{\max}$ и показывает оптимальные значения входных параметров СУЗ (в данном случае оптимальными будут $N_{\min}=20$ и $N_{\max}=35$).

Интерпретировав полученные в ходе имитационного эксперимента результаты, можно представить их в виде зависимости одного выходного

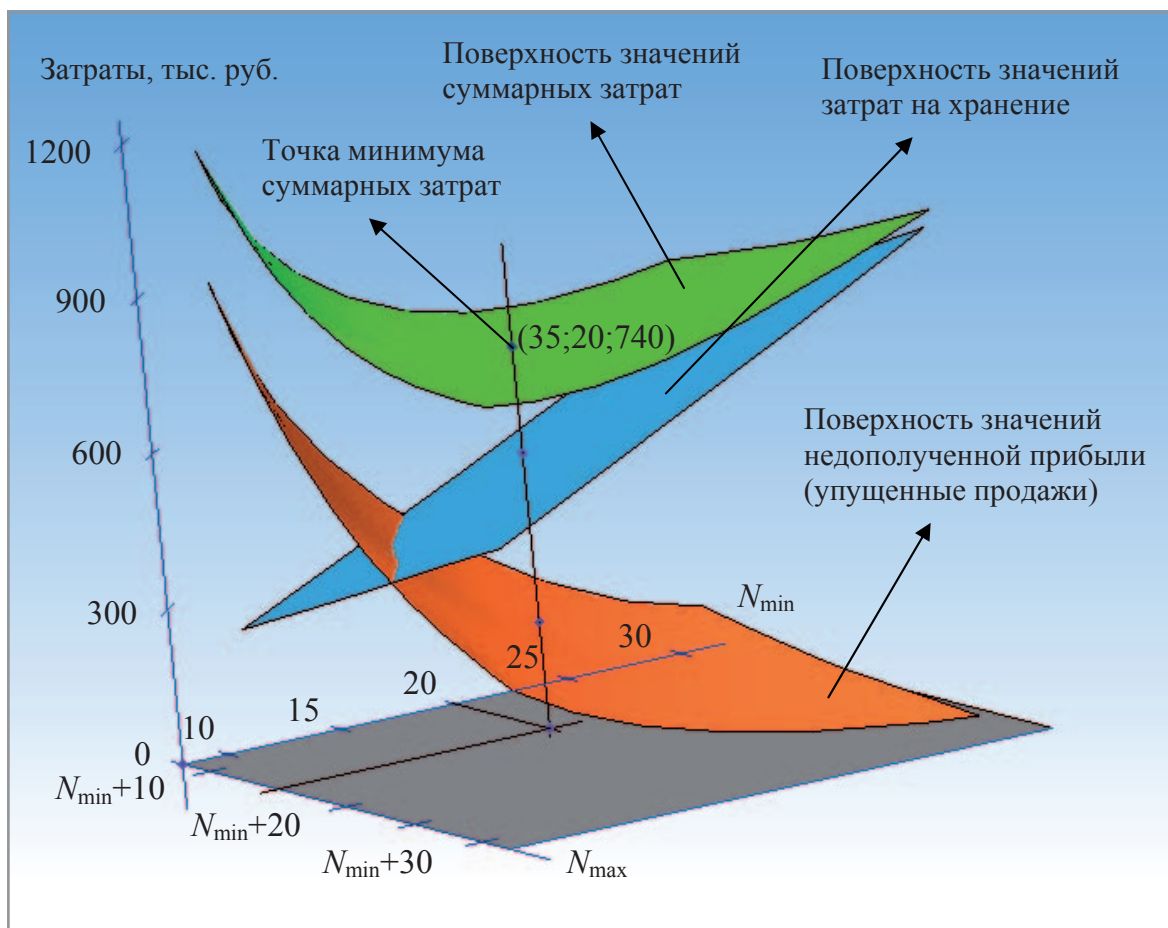


Рис. 2. Определение значений N_{\min} и N_{\max} , при которых достигается максимальная прибыль

параметра – среднего складского запаса, от другого – уровня обслуживания (рис. 3). Из графика видно, что по мере приближения уровня обслуживания к 100 % склад все быстрее увеличивается, что имеет логическое объяснение. В нашем случае повышение U на 2 % (с 90 до 92 %) потребует 150 тыс. руб. дополнительных вложений, в то время как для увеличения U на те же 2 % с 97 до 99 % понадобится повысить стоимость склада почти на 2 млн руб.

Для дилерских предприятий, компаний, эксплуатирующих и/или обслуживающих крупный парк автомобилей, цель совершенствования СУЗ может отличаться от вышеприведенной. В первом случае важным является такой фактор, как уровень обслуживания клиентов. Во втором потери от

просто автомобильной техники значительно влияют на выбор оптимальных значений входных параметров СУЗ.

В данной ситуации для автомобильных дилеров имеет смысл задаться определенным минимальным значением уровня обслуживания и минимизировать складские затраты в пределах установленной границы. Таким образом, определение оптимальных параметров системы управления запасами для автомобильных дилеров сводится к нахождению таких значений переменных параметров СУЗ, при которых суммарные издержки, связанные с хранением запасов, будут минимальными, а уровень обслуживания не будет принимать значений ниже установленной величины:

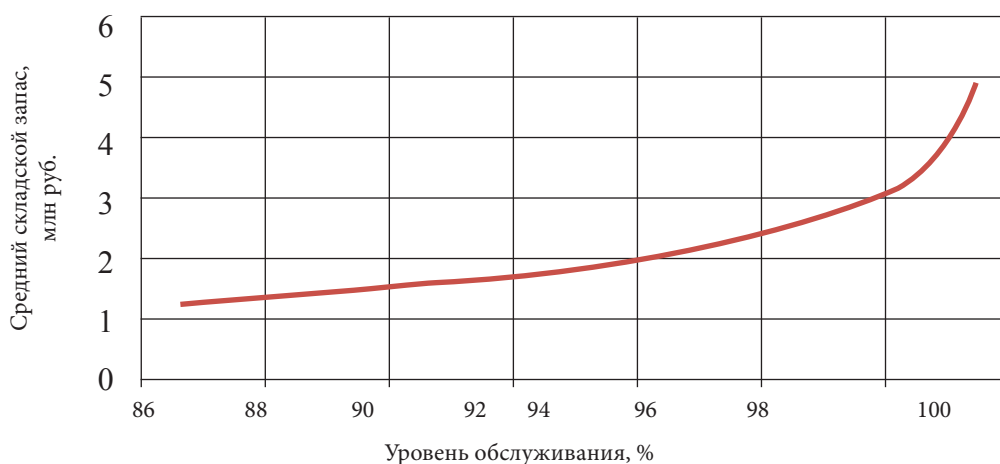


Рис. 3. Зависимость среднего складского запаса от уровня обслуживания

$$\begin{cases} U \geq C, \\ I_{\text{скл}} \rightarrow \min, \end{cases} \quad (4)$$

где C – минимально допустимое значение уровня обслуживания, %.

На рис. 4 для наглядности представлено графическое решение задачи

нахождения N_{\min} и N_{\max} , выполняющих условие (4). Горизонтальная плоскость $U=98\%$ (условно заданное минимальное значение U) пересекает поверхность значений уровня обслуживания, образуя границу зоны, удовлетворяющей заданному условию.

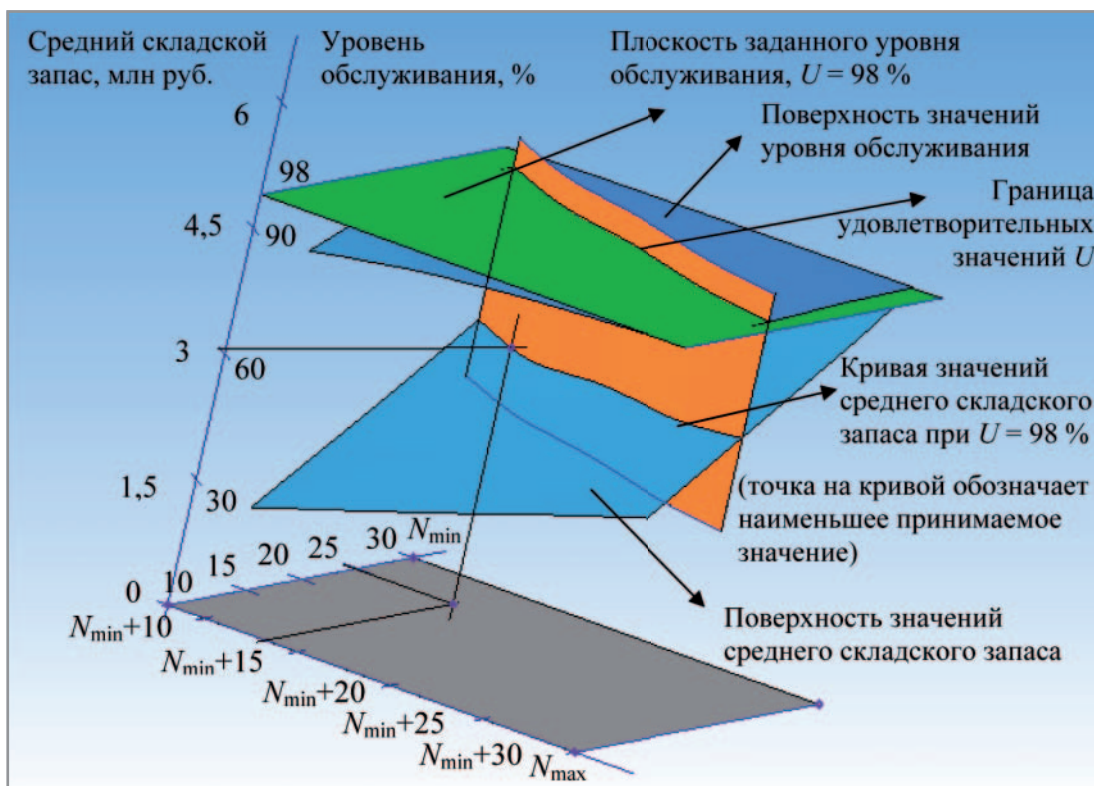


Рис. 4. Определение значений N_{\min} и N_{\max} , при которых $U \geq C$ и $I_{\text{скл}} \rightarrow \min$

Опустив перпендикуляры к плоскости $0N_{\min}N_{\max}$ из точек полученной кривой, получим границу зоны на поверхности значений среднего складского запаса, удовлетворяющей условию $U \geq 98$. Далее находим минимальное значение среднего складского запаса из полученной области, соответствующие ему значения N_{\min} и N_{\max} и являются оптимальным решением задачи. В данном случае оптимальными будут $N_{\min} = 25$ и $N_{\max} = 40$.

В приведенных выше примерах использовались интегральные значения параметров по целой группе деталей. На практике по каждой номенклатурной позиции необходим собственный расчет оптимальных значений N_{\min} и N_{\max} ,

для этого весь процесс может быть автоматизирован. На рис. 5 приводятся графики зависимости суммарных складских издержек от N_{\min} и N_{\max} на примере все того же предприятия, полученные на специальном ПО. Кроме прочего, данная программа на ЭВМ позволяет получать и анализировать зависимость суммарных складских издержек от доверительного интервала для определенного параметра (рис. 6), а также от времени выполнения заказа (рис. 7).

Обратите внимание, что на рис. 5 шкалы N_{\min} и N_{\max} имеют соответствующие множители ($a - 8$; $b - 6$; $v - 85$; $z - 110$). Аналогично на рис. 6 и 7.

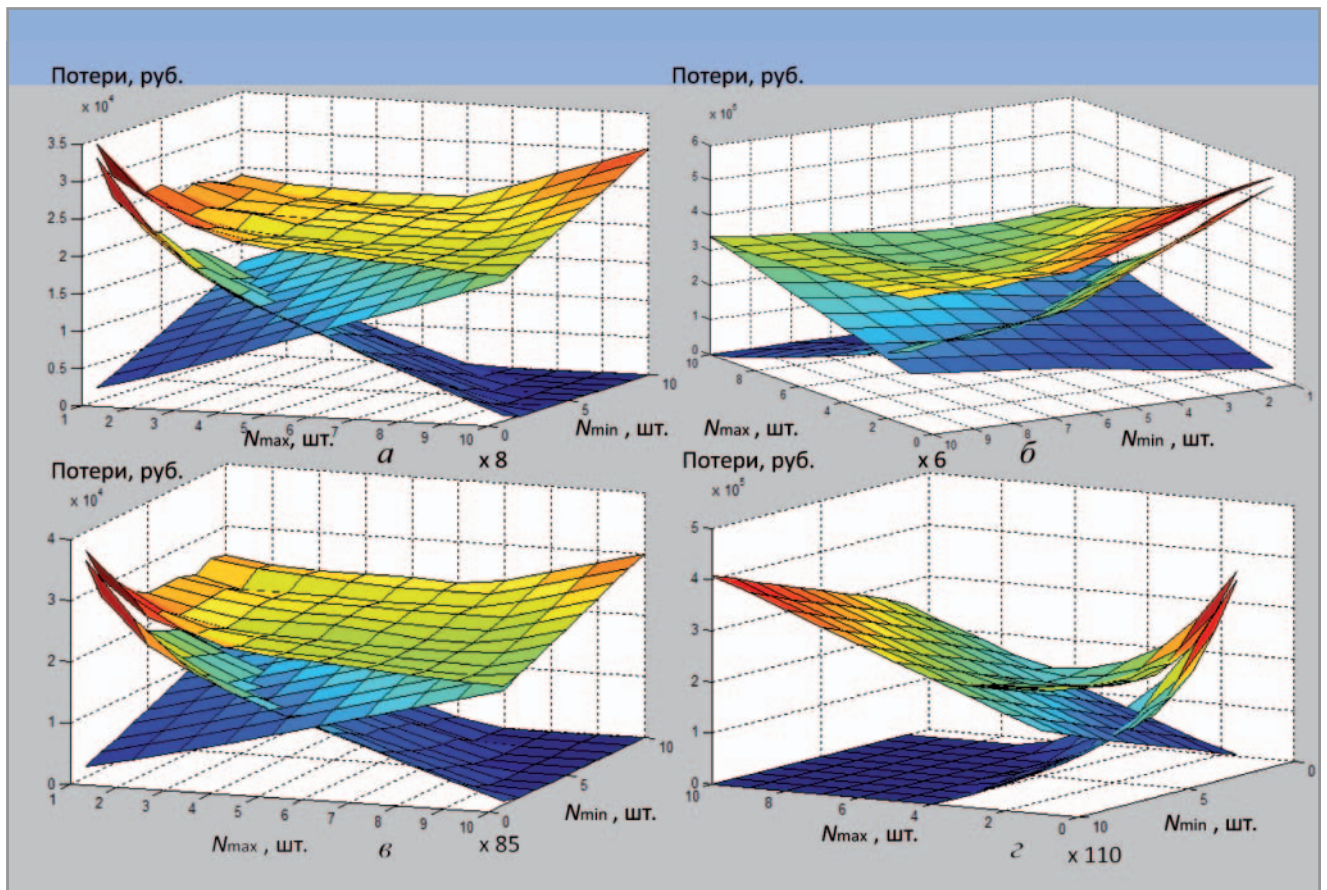


Рис. 5. Зависимости складских издержек, недополученной прибыли из-за отсутствия деталей на складе и суммарных потерь от минимального и максимального уровня запасов: a – муфта выключения сцепления в сборе с подшипником; b – шагун КАМАЗ (в сборе); v – уплотнительное кольцо форсунки (медное 9×15); z – топливный фильтр

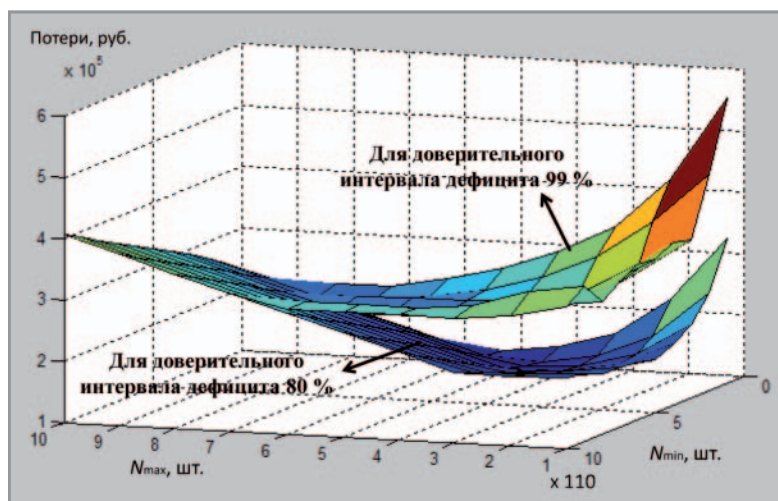


Рис. 6. Зависимость суммарных складских издержек от доверительного интервала для дефицита

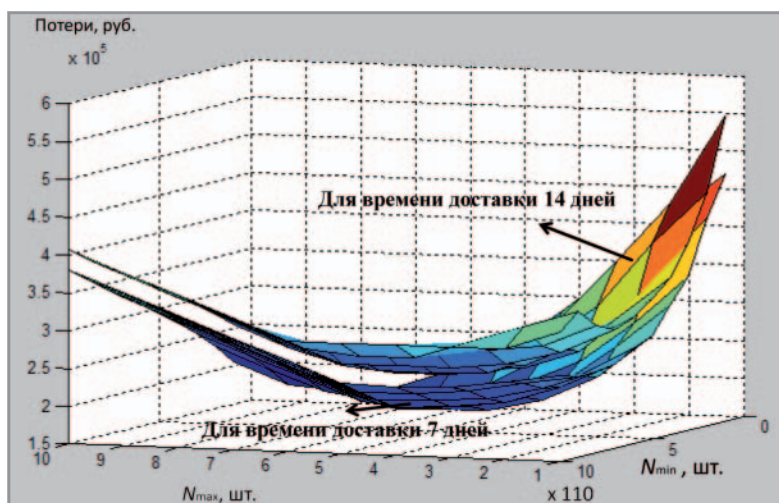


Рис. 7. Зависимость суммарных складских издержек от доверительного интервала для дефицита

Литература

1. Katargin V.N., Terskikh V.M. Technique of creating an automatic control system to control stocks at the official automobile dealers' enterprises. International Automotive Conference. KONMOT 2012. Design and exploitation of automobiles — safety and environment protection. Cracow University of Technology, 27–28 september 2012. Cracow.
2. Катаргин В.Н., Терских В.М. Методика создания автоматизированной системы обеспечения запасными частями на предприятиях, обслуживающих автомобильный транспорт. Молодежь и наука: сборник материалов VIII Всерос. НТК студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского [Эл. ресурс], № заказа 7880/отв. ред. О.А.Краев. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т., 2012.
3. Катаргин В.Н., Терских В.М. Интеллектуальная технология управления складом запасных частей грузовых автомобилей // Грузовик: транспортный комплекс, спецтехника. – 2013. – № 8. – С. – 5–7.
4. Лоу А. Имитационное моделирование / Лоу А., Кельтон В. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. – 847 с.: ил.

Газозаправочная колонка FAS 220 WAER с постом заправки газовых баллонов

Растущая конкурентная борьба, увеличение расходов на эксплуатацию газонаполнительных станций, высокая стоимость транспортной составляющей стимулируют нефтегазовые компании искать новые пути повышения эффективности работы и дополнительные конкурентные преимущества.

Используя новую универсальную колонку FAS, нефтегазовые компании получают возможность значительно увеличить объем продаваемого СУГ и обеспечить полный контроль над процессом наполнения топливных емкостей автомобилей и газовых баллонов!

Новая колонка FAS 220 WAER разработана на базе отлично зарекомендовавшей себя модели FAS 220 в корпусе типа High Mast, поставляемой в Россию уже несколько лет. Конструктивные особенности колонки позволили интегрировать в нее оборудование для наполнения бытовых газовых баллонов и тем самым дали возможность владельцам автогазозаправочных станций расширить спектр предлагаемых услуг.

С помощью новой колонки, устанавливаемой как в сепаратном режиме при свободном размещении, так и в режиме установки в комплексе запра-вочной станции, теперь возможна заправка бытовых газовых баллонов вместимостью 5, 12, 27 и 50 л. Специализированное оборудование для наполнения бытовых баллонов выполнено на базе сертифицированных электромеханических постов производства фирмы NINNELT, гарантирующих быструю и безопасную заправку баллонов независимо от режима работы основной колонки.

Гидравлическая система колонки включает в себя:

- фильтр тонкой очистки с заменяемым фильтро-элементом;
- газоотсекатель с обратным клапаном;
- шаровые клапаны для подающего и обратного трубопроводов;
- манометр 0-25 бар;
- шланг высокого давления с разрывной муфтой, 5 м (токопроводящий, давление разрыва 100 бар);
- заправочный пистолет типа R1 для стран СНГ;
- предохранительные клапаны (25 бар) с TUV-приемкой;
- мембранный регулятор;
- дифференциальный и скоростной клапаны.

В колонке применено взрывобезопасное электро-оборудование. Электронный счетный механизм состоит из коммуникационного узла с реле-модулем, расходомера с блоком обработки данных, служебных дисплеев, двух осветительных ламп. Оборудование электронного счетного механизма размещено в отдельном боксе со степенью защиты IP 54.

Процесс наполнения осуществляется по двум

независимым гидравлическим линиям. В модуле заправки автомобилей учет отпущенного продукта производится с помощью массового (кориолисова) счетчика-расходомера производительностью до 50 л/мин, позволяющего учесть данные о плотности, температуре, объеме и массе отпущаемого СУГ. Потребитель получает информацию об объеме отпущенного продукта (в литрах), стоимости за 1 л и общей сумме оплаты. Внутренний служебный дисплей предназначен для обслуживающего персонала АГЗС, с которого они получают возможность полного учета всех параметров СУГ.

Заправка бытовых газовых баллонов объемом 5, 12, 27 и 50 л, рассчитанных на давление до 2 МПа, осуществляется по отдельно выделенной линии. Перед наполнением каждый баллон взвешивается на специальной весовой платформе, и определяется количество СУГ в килограммах, подлежащих заправке в баллон, который подключается к посту заправки двумя наполнительными струбцинами. По достижении установленного веса процесс наполнения прекращается автоматически. Оператор и владелец баллона полностью контролируют количество заправленного СУГ. Интегрированная система контроля предотвращает возможность переполнения.

Процесс заправки баллонов осуществляется с помощью специализированного пункта управления. Перед наполнением определяется вес тары баллона и вносится количество СУГ для его заправки. Прекращение заправки происходит автоматически. Блок памяти позволяет сохранить данные о последних 5000 операциях в полном объеме. Программное обеспечение колонки позволяет интегрировать ее в общую систему учета и управления автозаправочной станции.

Технические данные

Рабочее давление, бар.....	До 25
Производительность, л/мин	
минимальная.....	5
максимальная.....	50
Масса, кг.....	250
Размеры, мм	
высота (колонка).....	1805
высота (механическая часть).....	1100
ширина.....	1200
глубина.....	520
Электропитание.....	230 В, 50 Гц



Африка: развитие рынка ГМТ

Е.Н. Пронин, главный специалист ООО «Газпром экспорт»

28–30 апреля 2014 г. в г. Алжир (Алжир) прошло 4-е заседание Рабочего комитета 5 (Использование газа) Международного газового союза (PK5 МГС). В рамках заседания прошел так называемый День Африки, где были представлены материалы, освещающие состояние и перспективы развития газовой промышленности стран африканского континента, включая использование природного газа на транспорте.

Организаторами мероприятия стали PK5 МГС, ведущие алжирские нефтегазовые компании Sonatrach и Naftal, а также Алжирская газовая ассоциация. По некоторым отзывам, мероприятие такого уровня и значимости не проводилось в Африке уже очень много лет. В работе конференции и заседания PK5 приняли участие в общей сложности 200 делегатов из 19 стран мира, включая 13 африканских. Среди участников были представители министерств, государственных и частных компаний, профессиональных организаций. Примечательно, что некоторые из участников учились еще в Советском Союзе (Москва, Ленинград, Киев, Баку), очень тепло вспоминают студенческие годы и до сих пор прилично говорят по-русски.

В области внедрения альтернативных видов моторного топлива на транспорте страны африканского континента следуют основным мировым тенденциям, хотя и с некоторым отставанием. Мировое энергетическое агентство (МЭА) утверждает, что глобальное потребление топлива в транспортном секторе за последние 10 лет увеличилось с 90 до 110 квадриллионов BTU. Мировой энергетический совет прогнозирует объем потребления моторного топлива в 2010 г. 2,2 млрд т у.т. в бензиновом эквиваленте.

Ежедневно мировой транспорт сжигает в двигателях почти 90 млн баррелей нефти, 76 % из них приходится на долю автомобилей. И только 4 % моторного топлива являются альтернативой нефтепродуктам.

Мировой парк автомобилей в настоящее время оценивается в 1 млрд, 92 % из которых – легковые машины. По оценке различных источников, мировой спрос на моторное топливо к 2030 г. может увеличиться на 23...50 % (135...165 квадриллионов BTU/год). К 2050 г., по оценкам МЭА, он может достичь 4,5 млрд т у.т. в бензиновом эквиваленте.

Увеличение численности автомобилей, рост спроса на моторное топливо и повышение цен на него на фоне истощения запасов традиционной нефти (целесообразность и оправданность добычи сланцевой нефти продолжают оставаться под большим вопросом), а также риск увеличения выбросов отработавших газов выводят альтернативы бензину на первые роли. Различные регионы и страны ставят перед собой достаточно жесткие задачи по сокращению выбросов CO₂:

- в Европе со 154 г/км (2010 г.) до 120 г/км (2015 г.) и до 95 г/км (2020 г.);
- в США со 141 г/км (2010 г.) до 125 г/км (2016 г.) и до 109 г/км (2020 г.);



Делегаты расширенного заседания PK5 МГС

- в Японии со 154 г/км (2010 г.) до 120 г/км (2015 г.) и до 95 г/км (2020 г.);
- в Китае со 185 г/км (2010 г.) до 167 г/км (2015 г.) и до 145, а, может, и до 100 г/км (2020 г.).

Преимущества природного газа на транспорте известны:

- разведанные мировые запасы природного газа при сегодняшнем уровне потребления, по некоторым оценкам, могут обеспечить мировое хозяйство еще в течение 200–250 лет, а нефти в течение 80–100 лет;
- цена природного газа в среднем на 40...60 % ниже цен бензина и дизельного топлива;
- отработавшие газы двигателей на КПП и СПГ содержат на 90 % меньше частиц, в 10 раз меньше оксидов азота, на четверть меньше диоксида углерода, а также не содержат веществ, токсичных для воздуха, воды и почвы;
- газовые двигатели работают тише;
- природный газ – единственный коммерческий вид моторного топлива, который может применяться и применяется на транспортных средствах любых классов и категорий.

Преимущества природного газа наряду с проблемами, связанными с нефтью (включая тотальную зависимость от нее), становятся сильным мотивом для перехода к его широкому использованию на транспорте не только в индустриально развитых странах, но и в государствах с развивающейся экономикой. В связи с этим участие делегатов из африканских стран в заседании РК5 МГС в Алжире и пленарный доклад представителя России о перспективах развития мирового рынка природного газа для транспорта были весьма актуальны.

Африканский рынок газомоторного топлива характеризуется следующими показателями. К использованию природного газа в качестве моторного топлива в Африке начали присматриваться в середине 90-х гг. XX в. Внедрение КПП на транспорте из фазы точечных экспериментов постепенно перерастает в пилотные проекты, а кое-где и в промышленное освоение. За 10 лет с 2004 по 2014 г. парк автомобилей на КПП в странах Африки вырос в 3,6 раза (с 54 до 203 тыс.), работают 188 АГНКС (рост более чем в два раза), потребление КПП приближается к 500 млн м³/год (рост в 2 раза).

Страна	Парк ГБА	АГНКС	Спрос, млн м ³ /год	Города с АГНКС
Египет	198 852	172	472,92	16
Нигерия	3 287	8	9,24	3
Мозамбик	661	2	6,48	2
Южная Африка	158	2	4,92	2
Алжир	125	3	0,60	2
Танзания	55	1	0,12	1
Тунис	34	1	0,12	1
Кот-д'Ивуар	4	1	—	1
Всего	203 176	190	494	28

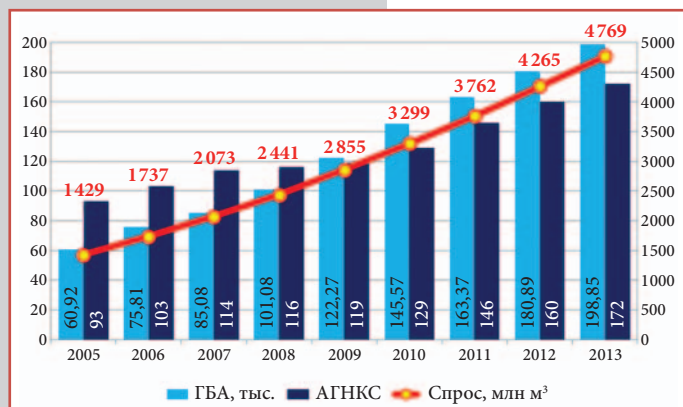
Египет

Абсолютным лидером Африки по развитию рынка ГМТ является Египет. На его долю приходится 98 % всех газовых автомобилей континента (почти 200 тыс.), потребляющих 96 % КПП (более 470 млн м³). В Египте работают 172 станции – 92 % африканских АГНКС. Общую картину дополняют 73 центра переоборудования автомобилей и обслуживания газового оборудования. Устойчивое развитие египетского газомоторного рынка в 2005–2013 гг. показано на графике.

Национальные газомоторные рынки Африки

Мировой газомоторный рынок

70



Развитие рынка ГМТ Египта в 2005–2013 гг.



Газомоторные объекты компании Gas Tec

Ведущим игроком египетского газомоторного рынка является компания Egyptian International Gas Technology (Gas Tec). Именно она – основной владелец и оператор АГНКС и центров переоборудования в стране. Компания создана в 1996 г. в виде акционерного общества, основная доля в котором (40 %) принадлежит ENI

International B.V. – голландской «дочке» итальянского энергетического гиганта ENI S.p.A. Остальным акционерам принадлежат доли от 9 до 20 %.

Компания Gas Tec является лидером в области переоборудования автомобилей для работы на природном газе и реализации КПП не только в Африке, но и на всем Ближнем Востоке. В 2013 г. компания перевела на метан 56,2 % автомобилей региона и реализовала 51,6 % КПП. Компания Gas Tec владеет 78 АГНКС и 32 центрами переоборудования на тер-

ритории 18 из 25 газифицированных регионов Египта. Всего за время существования компания переоборудовала на КПП 88 тыс. машин и реализовала 2,2 млрд м³ газа. Для сравнения, с 1996 по 2013 г. включительно в России реализовано 3,8 млрд м³. Кроме того, Gas Tec является единственным владельцем пунктов переосвидетельствования сосудов высокого давления. За время существования компания переосвидетельствовала 105 тыс. метановых баллонов.

Доминирующее положение на египетском газомоторном рынке компания обеспечивает себе тем, что она фактически контролирует все основные потребительские сегменты: переоборудование/техническое обслуживание газовых машин, переосвидетельствование баллонов и заправка автомобилей природным газом.

В Египте начинают внимательно присматриваться к использованию КПП не только на различных видах транспорта, но и в автономной газификации неподключенных к газопроводу потребителей: объектов туристической инфраструктуры, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, пунктов общественного питания. Природный газ доставляется автомобильными газовозами. Вероятно, в ближайшее время появится информация о бункеровке морских и речных судов Египта сжиженным природным газом.

Нигерия

Рынок КПП для транспорта в Нигерии только зарождается и будет развиваться по мере расширения газового потенциала страны. Компания Dangote Industries недавно объявила о своих планах инвестировать 20 млн долл. США в национальный газомоторный рынок. Группа Dangote является одним из самых диверсифицированных поставщиков товаров и услуг на континенте, эксплуатирующим большой парк собственных автомобилей. Компания недавно подписала 20-летний контракт с концерном Nigerian Gas Company (NGC) стоимостью 20 млн долл. на поставку КПП для заправки 5 тыс. грузовых автомобилей на первом этапе и в дальнейшем 20 тыс. машин.

В настоящее время Нигерия реализует пилотные проекты по переводу на КПП пассажирских автобусов и других автомобилей. Работают восемь АГНКС, газифицированы более 3 тыс. машин.

Планы Группы Dangote синхронизируются со стратегией General Electric, которая намерена вложить 1 млрд долл. в организацию производства на территории Нигерии газозаправочных модулей CNG in a Box, монтируемых в стандартных 20-футовых контейнерах. Компания GE намерена превратить Нигерию в региональный производственный центр и создать тут 2300 новых рабочих мест.

Эти планы созвучны стремлению нигерийского правительства сделать природный газ катализатором экономического развития страны, которая в настоящее время обладает доказанными запасами природного газа более 5 трлн м³. Считается, что для воплощения газовой мечты в жизнь Нигерии требуется вложить не менее 25 млрд долл. США только в газовые и электрические распределительные сети. А этому, по мнению некоторых экспертов, не способствуют регулируемые цены на газ и балансовые задания на поставку голубого топлива.

Алжир

Одним из главных направлений работы компании Naftal является реализация моторного топлива. В 2012 г. компания продала 14 млн т бензина и дизельного топлива и 2 млн т СУГ, включая 300 тыс. т для автотранспорта. Использование газовых видов моторного топлива на транспорте для Алжира тема не новая. Сжиженный углеводородный газ – очень популярное моторное топливо в этой стране. Алжирцы заправляют его в свои автомобили с 1983 г. Практически все такси в крупных городах работают на СУГ. Всего в стране для работы на пропан-бутановых смесях переоборудованы 200 тыс. машин, включая 400 грузовиков. Заправку осуществляют четыре АГЗС и 600 заправочных пунктов. Переоборудование автомобилей и их техническое обслуживание осуществляет 41 центр.

КПП здесь начали использовать в 1989 г. В связи со сложной политической обстановкой перевод транспорта на метан был на некоторое время заморожен, и только теперь компания Naftal (100%-ная «дочка» государственного концерна Sonatrach) возобновляет программу КПП. На это топливо переведены 120 автомобилей и 5 автобусов компании Sonelgaz (электроэнергетическая «дочка» Sonatrach). Работает одна АГНКС, строится вторая. Компания Naftal разработала стратегию внедрения метана на транспорте, прежде всего в муниципальном секторе – на автобусах и мусоровозах.

На розничном рынке топлива Алжира сложилась благоприятная для КПП ценовая конъюнктура: природный газ стоит 6 динар/м³, что в 3,5–3,8 раза дешевле бензина, в 2,3 раза дешевле дизельного топлива и в 2 раза дешевле СУГ.

Кот-д'Ивуар

Эта страна (бывш. Берег Слоновой Кости) только в самом начале пути. Ведутся эксплуатационные испытания первых трех автобусов на КПП (принадлежат муниципальной транспортной компании SOTRA) и первой АГНКС в Абиджане (владелец компания Petroci). Параллельно



На АГЗС компании Naftal



Переоборудованный на КПП автобус Van Hool; блочно-контейнерная АГНКС Nouvo Pignone 1996 г.



На заправке

идет подготовка нормативной базы, ранее отсутствовавшей в стране. К 2016 г. правительство намерено вывести потребление газа в промышленности и на транспорте до 1,5 млрд м³/год.

Перед большинством африканских стран сегодня стоит много вопросов и, в частности, как практически развивать национальный рынок компримированного и в перспективе сжиженного природного газа в качестве моторного топлива. Однако по результатам сессии Исследовательского комитета 5.3 (Использование газа на транспорте), в работе которой приняли участие 24 эксперта из 13 стран, стало понятно, что страны Африки найдут на них правильные ответы.

Временные сложности газомоторного рынка в Пакистане

Е.Н. Пронин, главный специалист ООО «Газпром экспорт»

Пакистан – один из лидеров мирового рынка природного газа, используемого в качестве моторного топлива. По данным агентства NGV Communications Group, по состоянию на начало 2014 г. Пакистан занимает второе место в мире по числу АГНКС (2997) и по спросу на природный газ в автотранспортном секторе (3 млрд м³/год). По численности газобаллонных автомобилей (ГБА), использующих КПП, Пакистан со своими 2,8 млн метановых машин занимает третье место в мире, уступая Ирану (3,5 млн ГБА) и Китаю (3 млн ГБА). По доле газовых машин в общем национальном автомобильном парке Пакистан, вероятно, занимает первое место в мире. По данным Associated Press, на КПП в стране работают 80 % (!) автомобилей: большинство автобусов, легковых и легких грузовых машин.

Природный газ в качестве моторного топлива привлек внимание правительства Пакистана в начале 90-х гг. Правительство стало активно пропагандировать переход на КПП по ряду причин:

- наличие собственных значительных извлекаемых запасов природного газа (770...960 млрд м³) и нефти (40 млн т);
- естественное доминирование природного газа в национальном энергетическом балансе – природный газ 48 %, нефть 31 %, гидроэнергетика 12 %, уголь 7 %, атомная энергетика 1 %;
- реализация национальной стратегии замещения импортной нефти отечественным природным газом;
- низкая розничная цена КПП – в пересчете 17...19 руб./м³ в зависимости от региона.

Правительство бывшего президента Первеза Мушаррафа приветствовало массовый перевод транспорта на КПП и стимулировало различные группы участников газомоторного рынка: розничная цена на КПП удерживалась на уровне минимум на 30 % ниже стоимости бензина; разрешения на строительство и эксплуатацию АГНКС выдавались без бюрократических проволочек; поощрялся ввоз импортного газозаправочного и газоиспользующего оборудования. В результате доля транспорта в общем балансе использования природного газа в стране выросла, по разным оценкам, до 7,7...9 %.

И вдруг эту яркую картину успеха омрачили черные краски. Потребление КПП, неуклонно росшее с 1992 г. и достигшее 3,5 млрд м³ в 2011 г., начало сокращаться. 2013 год Пакистан закончил с сокращением объемов использования КПП до 2,95 млрд м³, то есть на 16 % меньше по сравнению с 2013 г.

Как это ни парадоксально, главной причиной стал нарастающий дефицит природного газа. Рост численности населения, ВВП, общего потребления природного газа, в том числе для электрогенерации, на фоне субсидируемых управляемых цен на газ, растущих цен на импортную нефть, а также выработка собственных газовых месторождений и высокие потери (от 4 до 11 %) при транспортировке газа привели к возникновению его нарастающего дефицита. При росте ВВП на 4,5 % в год потребность Пакистана в газе к 2020 г. может достичь 63 млрд м³/год при дефиците в 41 млрд м³. Если же ВВП Пакистана будет расти на 6,5 % в год, потребность составит 71 млрд м³, а дефицит 49 млрд (Пакистанский институт нефти, PWC).

Пытаясь снизить негативные последствия происходящего, крупнейшие газовые компании в последние несколько лет вынуждены ограничивать подачу газа на заправки, чтобы не отключать социально более значимых потребителей. На уровне владельцев АГНКС и газовых автомобилей дефицит природного газа обернулся следующим:

- АГНКС работают по сокращенному графику – через день, а то и через два;
- в очереди на АГНКС собираются по полторы тысячи автомобилей, и чтобы заправиться, нужно потратить 4–5 часов;
- владельцы АГНКС объявляют забастовки против правительственных ограничений цен, выводящих газозаправочный бизнес из зоны рентабельности;
- начались перебои в работе пассажирского транспорта, машин скорой помощи, школьных автобусов.

Поскольку, по мнению правительства, владельцы пакистанских АГНКС зарабатывали слишком много, отпускные цены на КПП были существенно ограничены, что неизбежно ударило по газозаправочной сети. По заявлению председателя Всепакистанской ассоциации КПП (All Pakistan CNG Association) Гайаса Парача, после этого решения из 3395 АГНКС закрылись минимум 1800. Около 800 из них прекратили свою работу из-за невозможности оплатить счета.

Вполне очевидно, что проблемы газомоторного рынка Пакистана будут в ближайшие 2–3 года решены, сеть восстановится, спрос на КПП, а в перспективе и на СПГ снова будет расти. Пакистанская авиакомпания PIA продолжит подготовку к переводу своих самолетов на метан, газификация железнодорожного и водного транспорта для страны так же актуальна.

Муниципальный автобус на метане – глобальная тенденция

Германия

Один из ведущих немецких автопроизводителей компания MAN Truck & Bus и Ассоциация Erdgas Mobil достигли соглашения о совместном продвижении на рынок Германии двух взаимодополняющих товаров: чистого моторного топлива природного газа и газовых автобусов MAN. Как заявлено, конечная цель сотрудничества – стабилизировать и увеличивать численность автобусов на природном газе и развивать заправочную инфраструктуру.

Компания MAN имеет более 40 лет опыта работы с газом и предлагает



большой выбор серийных машин на метане от 12-метровых «соло» до сочлененных автобусов длиной 18,75 м. Ассоциация Erdgas Mobil объединяет 12 немецких компаний, участниц национального газомоторного рынка. Группа Газпром представлена в ассоциации компанией Gazprom Germania GmbH – «дочкой» ООО «Газпром экспорт».

Швеция

В Мальмо пришел первый газовый пассажирский автопоезд (tram-bus) Exqui.City производства известной бельгийской компании Van Hool. В ближайшее время муниципалитет получит 15 из 24 гибридных газозлектрических (на биометане) автопоездов. Новая техника начнет обслуживать пассажиров в Мальмо и провинции Сконе в июне 2014 г. Автопоезд представляет собой 24-метровый сочлененный трехзвенный автобус, оснащенный электродвигателем, питаемым от газового поршневого генератора, соответствующего нормам выбросов Евро-6. Существует 18-метровая модификация. Компания Van Hool получила заказ еще на два автопоезда Exqui.City для города Берген (Норвегия).

Автопоезд: длина 23,82 м; ширина 2,55 м; высота 3,3 м; колесная база 6,6 м; высота пола 330 мм; высота салона 2280 мм; радиус поворота 12,15 м; полная масса 24 тыс. кг; имеет 4 двери и 12 колес.

Один из крупнейших операторов общественных автобусов в Швеции компания Keolis Sverige AB увеличивает муниципальный парк автобусов на компримированном биометане. Для обеспечения нужд Стокгольма и пригородов компания приобретает 181 машину, из которых 127 ед. – это сочлененные газодизельные автобусы марки MAN Lion's City, выбросы которых соответствуют нормам Евро-6. Поставка автобусов начнется в июне 2014 г. Техническое обслуживание газовых автобусов, подготовку персонала эксплуатирующей организации берет на себя импортер – компания Svenska Neoplan AB. Для проведения регламентных работ и ремонта газовых автобусов в 2013 г. компания MAN создала в Гётеборге сервисный центр.

Keolis Sverige AB является вторым по масштабам оператором автобусов в Швеции и первым в Стокгольме и Гётеборге. Компания также работает в Сундсвалле и Йончопинге. Компания эксплуатирует 1900 автобусов, перевозит 265 млн пассажиров в год, имеет 6300 служащих. Ее экологическая стратегия предусматривает максимально возможное использование чистых, или как их называет руководство компании «экологически ответственных», видов моторного топлива. Их доля в топливном балансе Keolis Sverige AB составляет 80 %. В том числе по 20 % приходится на биометан и этанол, 40 % – на биодизель (смесь дизельного 70 % и биологического 30 % топлив). К августу 2014 г. Keolis Sverige AB намерена полностью перейти на использование энергоносителей из возобновляемых источников.

Южная Корея

Южнокорейский автопроизводитель Daewoo начинает строительство сборочного завода в г. Сьудад Саагун в 90 км на северо-запад от Мехико (Мексика), на котором будут выпускать городские автобусы

на КПП Daewoo BS120CN. Компания инвестирует в строительство завода 30 млн долл. США. На первом этапе на заводе будут работать 15 управленцев и 180 рабочих. Начало производства запланировано на 2015 г. Партнером Daewoo выступает мексиканская компания American Coach de Mexico. Производственная программа первого года предполагает выпуск 300 газовых автобусов.

США

Транспортная администрация г. Атланта (Джорджия, США) рассматривает возможность приобретения новой партии 40-футовых автобусов на КПП марки Xcelsior, выпускаемых компанией New Flyer. В соответствии с контрактом город обязался купить 89 газовых автобусов. За последние 25 лет муниципальные автобусы Атланты перевезли 3,5 млрд пассажиров. В среднем автобусы Атланты делают 62 млн ездов в год.

Руководство муниципального автотранспорта Атланты – сторонник экологичных технологий, поэтому начиная с 1990 г. оно закупило у компании New Flyer более тысячи автобусов, включая газовые и с недавних пор гибридные.

New Flyer является одним из ведущих поставщиков автобусов для США и Канады. Компания силами трех тысяч сотрудников выпускает автобусы длиной 35, 40 и 60 футов. Выпуск автобуса модели Xcelsior начался в 2008 г. Всего продано более 4400 машин.

В Кливленде (Огайо) также выделили 28,95 млн долл. на приобретение 60 новых автобусов Gillig на КПП. В стоимость контракта входят запасные части, специальная оснастка, обучение водительского и технического персонала. Поставка метановых машин должна начаться в марте 2015 г. А в 2016–2018 гг. компания Gillig выпустит для Кливленда еще 180 автобусов на КПП. Новые машины идут на замену старым со сроком эксплуатации 12 лет и общим пробегом 500 тыс. миль. Для газовых машин в двух автобусных парках Кливленда будут построены две АГНКС. При сегодняшних ценах на топливо ожидается, что каждый автобус на КПП позволит городскому бюджету за время эксплуатации сэкономить по 200 тыс. долл.

Metan4U



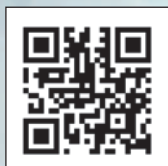
NOVOGAS

ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры» является эксклюзивным в Республике Беларусь и одним из крупнейших в СНГ производителем:

- аппаратуры для перевода автомобилей на газ LPG;
- автомобильных цилиндрических и тороидальных газовых баллонов всех популярных типоразмеров;
- бытовых газовых баллонов.

Продукция предприятия: баллоны автомобильные газовые тороидальные – Лауреат конкурса «Лучшие товары Республики Беларусь на рынке Российской Федерации».

www.novogas.com
 e-mail: info@novogas.com
 Телефон: (+375 1597) 233 23, 213 32
 Факс: 243 42, 217 42



Мировой рынок КПГ в качестве моторного топлива

76

Страна, по состоянию на февраль 2014 г.	Всего ГБА	Всего АГНКС	Спрос на КПГ, млн м ³ /год	Удельные показатели		
				Число ГБА на 1 АГНКС	Спрос, тыс. м ³ /год на 1 ГБА	Реализа- ция, тыс. м ³ /год на 1 АГНКС
Австралия	3 110	52	–	59,8	–	–
Австрия	7 717	205	162,0	37,6	20,99	790
Алжир	125	3	–	41,7	–	–
Аргентина	2 331 912	1 932	2 870,4	1207,0	1,23	1 486
Армения	244 000	345	318,2	707,2	1,30	922
Афганистан	1 701	2	–	850,5	–	–
Бангладеш	220 000	585	1 098,6	376,1	4,99	1 878
Белоруссия	4 600	42	12,4	109,5	2,69	294
Бельгия	499	16	–	31,2	–	–
Болгария	61 623	106	180,0	581,3	2,92	1 698
Боливия	273 342	178	315,3	1535,6	1,15	1 772
Босния и Герцеговина	21	2	–	10,5	–	–
Бразилия	1 764 137	1 805	1 858,8	977,4	1,05	1 030
Великобритания	559	22	36,0	25,4	64,40	1 636
Венгрия	4 062	18	2,6	225,7	0,65	147
Венесуэла	105 890	166	97,8	637,9	0,92	589
Вьетнам	462	7	–	66,0	–	–
Германия	96 349	915	276,0	105,3	2,86	302
Греция	708	4	16,0	177,0	22,54	3 990
Грузия	80 600	100	–	806,0	–	–
Дания	15	2	–	7,5	–	–
Доминиканская Республика	10 909	15	1,1	727,3	0,10	74
Египет	197 229	171	562,2	1153,4	2,85	3 288
Индия	1 800 000	903	1 958,5	1993,4	1,09	2 169
Индонезия	5 690	11	–	517,3	–	–
Иран	3 500 000	2 074	5 760,0	1687,6	1,65	2 777
Ирландия	1	–	–	458,00	102,00	–
Исландия	916	2	2,0	458,0	2,20	1 008
Испания	3 781	78	1 128,8	48,5	298,54	14 471
Италия	823 000	1 022	900,0	805,3	1,09	881
Казахстан	20	1	–	20,0	–	–
Канада	14 205	83	–	171,1	–	–
Катар	76	1	–	76,0	–	–
Киргизия	6 000	6	7,2	1000,0	1,20	1 200
Китай	3 000 000	5 730	–	523,6	–	–
Колумбия	463 930	703	540,0	659,9	1,16	768
Латвия	18	1	0,0	18,0	1,71	31
Литва	200	4	2,4	50,0	12,00	600
Лихтенштейн	143	2	1,2	71,5	8,39	600
Люксембург	261	7	–	37,3	–	–
Македония	54	1	0,3	54,0	4,67	252
Малайзия	55 999	184	177,6	304,3	3,17	965

Мексика	2 600	8	16,4	325,0	6,32	2 055
Мозамбик	661	2	2,9	330,5	4,36	1 440
Молдавия	2 200	24	4,8	91,7	2,18	200
Мьянма	28 479	51	–	558,4	–	–
Нигерия	3 287	7	–	469,6	–	–
Нидерланды	6 680	194	–	34,4	–	–
Новая Зеландия	201	14	–	14,4	–	–
Норвегия	908	26	196,8	34,9	216,74	7 569
ОАЭ	2 801	19	–	147,4	–	–
Пакистан	2 790 000	2 997	2 949,0	930,9	1,06	984
Панама	15	–	13 920	117,20	2 784,00	23,75
Перу	169 056	226	222,7	748,0	1,32	985
Польша	3 392	47	9,1	72,2	2,69	194
Португалия	586	5	13,9	117,2	23,75	2 784
Россия	90 000	256	405,0	351,6	4,50	1 582
Сербия	838	9	3,7	93,1	4,44	413
Сингапур	4 638	3	12,4	1546,0	2,66	4 120
Словакия	1 284	14	12,0	91,7	9,35	857
Словения	48	6	1,0	8,0	20,50	164
США	250 000	1 438	930,2	173,9	3,72	647
Таджикистан	10 600	53	49,6	200,0	4,68	935
Таиланд	422 812	488	3 422,0	866,4	8,09	7 012
Танзания	55	1	–	55,0	–	–
Тринидад и Тобаго	3 500	6	21,6	583,3	6,17	3 600
Тунис	34	1	–	34,0	–	–
Туркмения	–	1	–	1 197,53	1 925,93	1,61
Турция	3 850	14	50,4	275,0	13,09	3 600
Узбекистан	450 000	213	–	2112,7	–	–
Украина	170 000	325	624,0	523,1	3,67	1 920
Филиппины	20	1	–	20,0	–	–
Финляндия	1 302	19	5,0	68,5	3,83	263
Франция	13 538	344	72,0	39,4	5,32	209
Хорватия	155	2	1,0	77,5	6,19	480
Черногория	–	1	–	66,22	115,69	1,75
Чехия	6 300	77	22,0	81,8	3,49	285
Чили	8 164	15	38,4	544,3	4,70	2 560
Швейцария	11 058	167	19,3	66,2	1,75	116
Швеция	44 322	203	140,4	218,3	3,17	692
Эквадор	40	1	–	40,0	–	–
Эстония	194	4	0,2	48,5	1,24	60
Южная Африка	158	2	–	79,0	–	–
Южная Корея	39 011	191	1 116,0	204,2	28,61	5 843
Япония	42 590	314	–	135,6	–	–
Всего						
февраль 2014 г.	19 669 241	25 291	28 647	777	1,46	1 133,00
декабрь 2013 г.	19 631 166	25 348	27 385	774	1,08	1 400,00
февраль 2014 г. к декабрю 2013, %	100,2%	99,8%	104,6%	100,4%	135,1%	80,9%

По данным журнала GVR и Metan4U

Abstracts of articles

C. 9

Fuel cells as perspective chemical sources of electric energy

Sergey Kozlov, Vladimir Fateev

The material is a brief overview of the current status of the fuel cells primitive forms and electric power installations based on them on the Western and domestic markets.

Chemical current sources are divided into three large groups: expendable chemical cells, chargeable cells and fuel cells. Their strengths and shortcomings are described. Device description and operation concept of fuel cells (FC) is given. Fundamentally all of the FCs are organized similar, but there is a number of differences, like: type of electrolyte fluid, structural material, operational temperature, electrode reactions, structural variations. Electrode reactions in polyethylene, alkaline, phosphoric acid, molten-carbonate, solid oxide FCs and basic diagram of electric power installation on FC are given.

Thermodynamic analysis of «coefficient of thermal efficiency» characteristic quantity for FC or heat engine is described. Concept specialties of different application electric power installations (FCEPE) on FC with an alkaline electrolyte fluid are analyzed. Facility ratings of spacecraft Appolo, Shuttle, Buran and specialties descriptions of power installations concept for submarine project 613(e), VAZ automobiles and steady-state cogeneration plant are given.

Nowadays electric power installations on FC with solid polymer electrolyte (SPE) are the most technologically advanced system. FCEPE are used for the emergency service, stand-alone power generation systems besides vehicles (system). A great number of firms, including Plug Power, UTC, Canadian Ballard Power Systems Inc., German Siemens, deal with FCEPE development and production. Similar research and development of FCEPE are performed by Russian Nuclear Center «Kurchatov Institute», Russian Federal Nuclear Centre- All-Russian Research Institute for Experimental Physics, Primary Research Studies Institute of Naval Electrical and Process Engineering, and many other research centers. Difficulties through the creation of EPE on FCEPE are reported.

Electric power installations on FC with phosphoric acid electrolyte have come to a head of the industrial small-batch manufacturing. Case history of electric power installations in Russia is given. Test descriptions of leading firms in generation EPE on FC with molten carbonate and solid oxide electrolytes, direct oxidation of chemical agents and mobile fuel cells are presented.

Keywords: fuel cells, electrode materials, catalytic agents, electric power installations.

C. 23

Prospects of Joining Separate Kinds of Alternative Energy Resources in Area of Development the Hydrogen Power Engineering in Domestic Transport

Valery Fomin

Accumulated scientific and technical potential in the domestic research practice, based on the success of particular technical solutions, by application of separate kinds of hydrogen energy resources in area of transport power system is analyzed. By results of the analysis the conclusion is made that, despite the existing financial and technological problems of the industry, the potential exists for real entry in the coming years such energy resources in the energotechnological structure of the Russian transport.

Keywords: hydrogen energy resources, on-board hydrogen production, hydrogen power engineering, power consumption, ecological and energy safety.

C. 41

Decreasing of Diesel's Toxicity and Smoke by Addition of Liquid Gas to Fuel and Regulation by Variation of Displacement

Nikolay Patrakhaltsev, Igor Petrunya, Roman Kamishnikov, Dmitry Skripnik

Modern diesels work with small loads or on idle for long time, especially in cities. As a result high fuel consumption and toxicity affect a vehicle. To decrease these parameters addition of liquid gas to fuel and regulation by variation of displacement may be used.

Keywords: diesel, smoke, toxicity, gas-diesel with internal formation of mixture, variation of displacement.

C. 48

Ratings tests of mechanical losses in pneus

Igor Alexandrov

A method for determining the mechanical losses in the pneumatic tire using standard roll stand is suggested.

Keywords: pneumatic tire, mechanical losses.

C. 53

Concept of well-targeted construction and continuous improvement of CNG stations regional network

Andrey Evsteev

The concept of well-targeted construction and continuous improvement of CNG station regional network and ways of network's process and items control efficiency upgrading are presented in this article. A scheme of information-logical relations and problems of methodology of a regional network of CNG stations rational construction is adduced. The approaches to the formation of short-term and long-term plans of modernization and development of CNG network are suggested.

Keywords: improvement of CNG station regional network, efficiency upgrading of flow process control, information-logical relations, compressed natural gas.

C. 61

Optimization of spare car parts warehouses' control flow

Vladimir Katargin, Viktor Terskikh

An example of an inventory management simulation model, adapted for transport enterprise is made in this article. The aim is to create an expert system that allows efficient use of storage resources and plan volumes of purchased parts for a number of indicators. The proposed technique also makes it possible to formalize the practice workflows in stock at the lowest cost of management resources, which increases the efficiency of road transport enterprises and the degree of customer satisfaction with their services.

Keywords: spare car parts, car service, process automation, warehouse logistics.

Авторы статей в журнале № 3 (39) 2014 г.

Александров Игорь Константинович, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ГОУ ВПО Вологодский государственный технический университет, г. Вологда, 3 Интернационала, д. 5-80,
р.т. (8172) 72-47-70,
м.т. 8 921 714-91-40,
e-mail: alex@mh.vstu.edu.ru

Домбровская Ирина Александровна, зав. отделом рекламы ООО «АЗС-ЭКСПО»
Тел./факс: (495) 644-08-90,
e-mail: idombrovskaya@mail.ru

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

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

Катаргин Владимир Николаевич, к.т.н., профессор кафедры «Транспорт» Сибирского федерального университета, Россия, 660074, г. Красноярск,
ул. Киренского, 26.
Тел.: (391) 249-89-24,
e-mail: katargin@gmail.com

Козлов Сергей Иванович, профессор, д.т.н.,
тел. 8 495 719 60 88; д.т. (499) 128-59-51,
e-mail: si.kozlov2008@gmail.com

Патрахальцев Николай Николаевич, профессор Университета дружбы народов, д.т.н.,
р. т. 952-62-47, д. т. 680-16-88, м.т. 8-915-278-54-06,
e-mail: nikpatrah@mail.ru

Петруня Игорь Александрович, аспирант РУДН,
тел. 8 483 25-33-36, м.т. 8 926 285-50-38,
e-mail: igor8607@mail.ru

Пронин Евгений Николаевич, главный специалист ООО «Газпром экспорт», руководитель РК5 Международного газового союза, 127006, Москва, Страстной бульвар, д. 9,
тел.: (499) 503 62 52,
e-mail: e.pronin@mail.ru

Скрипник Дмитрий Владимирович, магистрант РУДН

Терских Виктор Михайлович, ассистент кафедры «Транспорт» Сибирского федерального университета, тел.: 8 913 041-46-83,
e-mail: terskich_vm@mail.ru

Фатеев Владимир Николаевич, заместитель директора Центра физико-химических технологий НИЦ «Курчатовский институт», профессор, д.х.н., тел. (499) 196-94-29, e-mail: fat@hepti.kiae.ru

Фомин Валерий Михайлович, д.т.н., профессор Московского государственного машиностроительного университета (МАМИ), 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д. 38,
р.т. (495) 434-02-12, м.т. 8 915 211-44-15,
e-mail: mixalichdm@mail.ru

Contributors to journal issue No 3 (39) 2014

Alexandrov Igor, PhD. Tekhn. Sciences, professor of Technical University (Vologda),
phone: + 7 921 714-91-40,
e-mail: alex@mh.vstu.edu.ru

Dombrovskaya Irina, advertising manager, ACS-EXPO, Ltd.,
phone: + 7 (495) 644-08-90,
e-mail: idombrovskaya@mail.ru

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

Fateev Vladimir, RRC «Kurchatov Institute» Professor, Deputy Director,
tel. 499 196 94 29,
e-mail: fat@hepti.kiae.ru

Fomin Valery, Dr.Sc., Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Moscow state university of mechanical engineering (MAMI)», office phone: + 7 (495) 369-90-48,
m.t.: + 7 915 211-44-15,
e-mail: mixalichdm@mail.ru, shustrov@yandex.ru.

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

Katargin Vladimir, PhD, Professor of the Siberian Federal University,
phone: + 7 (391) 249-89-24,
e-mail: katargin@gmail.com

Kozlov Sergey, doctor of technical sciences, professor,
tel. + 7 (499) 128-59-51,
e-mail: si.kozlov2008@gmail.com

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

Petrunya Igor, graduate student of Russian Peoples' Friendship University,
phone: + 7 (483) 25-33-36, mob: 8-926-285-50-38,
e-mail: igor8607@mail.ru

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

Skrpnik Dmitry, undergraduate Russian University of Friendship

Terskich Viktor, assistant of the Siberian Federal University,
phone: + 7 913 041-46-83,
e-mail: terskich_vm@mail.ru



Подписка – 2014

Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 142717, Московская обл., Ленинский р-н., п. Развилка, а/я 253
Тел.: +7 (498) 657 29 77, e-mail: transport.1@ngvrus.ru, transport.2@ngvrus.ru
www.ngvrus.ru

Уважаемые читатели!
Продолжается подписка на 2014 г.

Подписчики	Годовая, 6 номеров	II полугодие, 3 номера
Россия	4290 руб. (включая 10 % НДС)	2145 руб. (включая 10 % НДС)
Страны СНГ	4290 руб. (включая 10 % НДС)	2145 руб. (включая 10 % НДС)
Страны дальнего зарубежья	200 евро / 280 долл.	120 евро / 170 долл.

Отдельные экземпляры журнала (650 руб. + 10% НДС = 715 руб.) можно приобрести в редакции. Электронная версия журнала (формат PDF, 6 номеров):

- для РФ и стран СНГ – 2124 руб., включая НДС 18 %.
- для стран дальнего зарубежья – 100 евро / 140 долл. США.

Подписку на 2014 г. можно оформить по факсу, электронной почте или непосредственно в редакции; также через агентства «Роспечать» (подписной индекс 72149), «Межрегиональное агентство подписки» (Каталог Российская пресса – Почта России, подписной индекс 12718).

Стоимость размещения рекламных полноцветных материалов в журнале:

В текстовом блоке	В рублях	В долларах США	В евро
1 страница (210 × 290 мм)	22 тыс. + 18 % НДС	900	650
½ страницы (125 × 176 мм)	13 тыс. + 18 % НДС	550	400
¼ страницы (70 × 176 мм)	8 тыс. + 18 % НДС	300	220
Презентация (1 стр.)	10 тыс. + 18 % НДС	350	260
Специальный раздел (1 стр.)	2 тыс. + 18 % НДС	—	—
На обложке			
1-я страница (150 × 210 мм)	22 тыс. + 18 % НДС	900	650
2-я или 3-я страницы (290 × 210 мм)	27 тыс. + 18 % НДС	1100	800
4-я страница (290 × 210 мм)	30 тыс. + 18 % НДС	1200	900

Технические требования к рекламным модулям:

Макет должен быть представлен в электронном виде: форматы eps, tiff, jpeg, pdf.
Требуемые разрешения: полноцветные и монохромные материалы не менее 300 dpi.