



ТРАНСПОРТ

НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 1 (13) 2010

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



**Перспективы применения поршневых двигателей
на альтернативных топливах**

О нормировании эксплуатационных затрат на АГНКС

**Применение методов адаптивного управления
в газовых электроагрегатах**

**Международный научно-технический журнал
«Транспорт на альтернативном топливе»
№ 1 (13) / 2010 г.**

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)

Периодичность 6 номеров в год

Главный редактор

Р.О. Самсонов

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

Члены редакционной коллегии

О.Ю. Бриллиантов

заместитель главного редактора

Б.В. Будзуляк

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

В.И. Ерохов

профессор «МАМИ», д.т.н.

А.А. Ипатов

генеральный директор ФГУП ГНЦ «НАМИ», д.т.н.

Р.З. Кавтарадзе

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

С.И. Козлов

главный научный сотрудник

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

В.А. Марков

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

А.В. Николаенко

ректор Московского государственного технического
университета («МАМИ»), профессор

Ю.В. Панов

профессор МАДИ (ГТУ), к.т.н.

Н.Н. Патрахальцев

профессор университета дружбы народов, д.т.н.

Е.Н. Пронин

зам. начальника Управления ОАО «Газпром»,

президент НГА

В.Л. Стативко

исполнительный директор НГА, к.т.н.

В.Н. Удун

генеральный директор ОАО «НПО Гелиймаш», к.т.н.

В.Н. Фатеев

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

Редактор

О.А. Ершова

Отдел подписки и распространения

В.А. Ионова

Компьютерная верстка

Ф.А. Игнащенко

Адрес редакции:

115304, Москва, ул. Лужанская, д. 11, оф. 304.

Тел./факс: (495) 321-50-44, 363-94-17.

E-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru

transport.er@oeg.gazprom.ru

www.ngvrus.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в типографии «ГранПри»,
Ярославская обл., г. Рыбинск, ул. Луговая, д. 7

Номер заказа

Сдано на верстку 17.12.2009 г.

Подписано в печать 18.01.2010 г.

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

Печать офсетная, печ. л. 5,25 усл. печ. л. 10,5.

При перепечатке материалов ссылка на журнал

«Транспорт на альтернативном топливе» обязательна.

Редакция не несет ответственности за достоверность инфор-
мации, опубликованной в рекламных материалах.

**На обложке:
газовый автобус «ЛиАЗ 6213»**

В НОМЕРЕ:

VII Международный форум «Газ России – 2009»	3
Заседание Комитета Государственной Думы по энергетике, посвященное развитию рынка природного газа на транспорте, 18.11.2009 г., Москва.....	4
Заседание секции НТС ОАО «Газпром» по вопросам развития АГНКС	4
Международная конференция «Производство энергии и биотоплив второго поколения из непищевой биомассы»	5
16-я Московская международная выставка «Автокомплекс–2009»: нацеленность на поиск новых возможностей.....	6
Новости из-за рубежа.....	8
С.И. Иванов, В.И. Савин, М.В. Коротков Эколого-экономическое обоснование использования КПГ в автотранспортных предприятиях (на примере УТТ и СТ ООО «Газпром добыча Оренбург» и дочерних автотранспортных предприятий)	12
В.А. Марков, Н.Н. Патрахальцев Спиртовые топлива для дизельных двигателей	22
Н.А. Лапушкин, Л.А. Гнедова, В.Б. Перетряхина, К.А. Гриценко Методика расчета норм эксплуатационных расходов на производство КПГ	27
С.В. Люгай, В.Б. Перетряхина, Л.А. Гнедова, К.А. Гриценко О нормировании эксплуатационных затрат на АГНКС	30
Коммунальная техника «КамАЗ» с газовым двигателем для чистого города	34
В.И. Терешин, А.С. Совлуков, К.С. Лоос Современные технологии передачи данных в системах автоматизированного управления и учета СУГ	36
Сравнительная динамика среднемесячных розничных цен (руб./л) на СУГ и Аи-92 по Москве и области в 2009 г.....	42
В.Ю. Орлов Система топливоподачи с электронным управлением ДВС для стационарных газопоршневых электроагрегатов	43
Н.В. Бурцев Применение методов адаптивного управления в газовых электроагрегатах	46
В.Н. Селюков, В.А. Матанцев Комплексная схема завода по производству моторных топлив из природного газа.....	52
П.М. Созонов, Э.Д. Гайдт, П.В. Кузнецов Применение СПГ в Уральском регионе	54
Д.Н. Григорович Применение биотоплива на железнодорожном транспорте.....	59
В.В. Лозовецкий, М.В. Кондратенко, Г.С. Дугин Использование токсичного биогаза в качестве возобновляемого источника энергии, являющегося продуктом полигонного захоронения отходов	66
З.Р. Кавтарадзе, Р.З. Кавтарадзе Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах	74
Авторы статей в журнале № 1 (13) 2010 г.....	81
Перечень статей, опубликованных в журнале «Транспорт на альтернативном топливе» в 2009 г.....	82

'Alternative Fuel Transport' International Scientific and Technical Magazine No. 1 (13) 2010

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)

Publication frequency: 6 issues a year

Editor-in-Chief

Samsonov R.O.

Director General of OOO Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering

Editorial board members

Brilliantov O.Yu.

Deputy Editor-in-Chief

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

Ipatov A.A.

Director General of FGUP GNC NAMI, Doctor of Engineering

Kavtaradze R.Z.

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

Kozlov S.I.

Deputy Director General for Research at OOO Gazprom VNIIGAZ, Doctor of Engineering

Nikolaenko A.V.

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

Markov V.A.

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

Panov Yu.V.

Professor of MADI (GTU), Candidate of Science

Patrakhaltsev N.N.

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

E.N. Pronin

Deputy Head of Directorate, JSC Gazprom, President, NGVRUS

Stativko V.L.

Executive Director, NGVRUS, Candidate of Science

Udud V.N.

Director General of OAO NPO Geliymash, Candidate of Science

Fateev V.N.

Deputy Director of RNC Kurchatovsky Institute, Doctor of Chemistry

Editor

Ershova O.A.

Subscription and Distribution Department

Ionova V.A.

Editorial office address:

304 - 11, Luganskaya str., 115304, Moscow

Tel/fax: (495) 321-50-44, 363-94-17

E-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru,

transport.er@oeg.gazprom.ru • www.ngvrus.ru

Printed from ready direct reversals in GrandPrix printing house,

Yaroslavl oblast, Rybinsk, ul. Lugovaya, 7

Order number

Passed for press on 17.12.2009

Endorsed to be printed on 18.01.2010

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

Offset printing, 5 reference sheets, 10 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.

On the cover page:

CNG Bus LIAZ-6213

CONTENTS

VII International Forum «Russian Gas – 2009»	3
International conference «Energy and second generation biofuel production from non-food biomass».....	5
16th Moscow International Exhibition «Autocomplex-2009»: Searching for New Opportunities	6
News from abroad.....	8
S.I. Ivanov, V.I. Savin, M.V. Korotkov Substantiation of compressed natural gas usage on automotive enterprises from viewpoints of economy and ecology.....	12
V.A. Markov, N.N. Patrakhaltsev Alcohol Fuels for Diesel Engines	22
N.A. Lapushkin, L.A. Gnedova, V.B. Peretryakhina, K.A. Gritsenko Method aimed at calculation of standard operating costs for CNG production	27
S.V. Lyugay, V.B. Peretryakhina, L.A. Gnedova, K.A. Gritsenko On regulating operating costs at AGFCS	30
KAMAZ Communal vehicles with CNG Engines for Clean Cities	34
Tereshin V.I., Sovlukov A.S., Loos K.S. Advanced technologies for data transfer in LPG automatized control and monitoring systems.....	36
Average Monthly LPG and Gasoline-92 Prices in Moscow and Moscow Region in 2009	42
V.Y. Orlov Fuel supply system with electronic control of internal combustion engine for stationary gas-piston electrical units	43
N.V. Burtsev Application of adaptive control in gas-RUNNING electric power UNits	46
V.N. Selyukov, V.A. Matantsev Configuration of an Integrated Plant Producing Motor Fuels for Transport out of LNG and DME.....	52
P.M. Sozonov, E.D. Gaydt, P.V. Kuznetsov The use of liquefied natural gas (LNG) in the Urals region.....	54
D.N. Grigorovich Application of the biofuels on a railway transport.....	59
V.V. Lozovetsky, M.V. Kondratenko, G.S. Dugin Methods application of harmful biogas (as renewable energy source) – a product of ground burial place of wastes.....	66
Z.R. Kavtaradze, R.Z. Kavtaradze Perspectives of the usage of piston engines on the alternative fuels.....	74
Contributors to journal issue No. 1 (13) 2010.....	81
Articles published in the «Alternative Fuel Transport» Magazine in 2009.....	82



VII Международный форум «Газ России – 2009»

17 ноября 2009 г. в Москве, в здании ОАО «Газпром», прошел VII Международный форум «Газ России – 2009», организатором которого явилось Российское газовое общество (РГО) при поддержке ОАО «Газпром».

На форуме были обсуждены вопросы международного энергетического сотрудничества, развития газовой отрасли России, реализации международных газовых проектов.



В работе форума приняли участие около 350 человек, в том числе более 100 человек из 30 стран, представители 133 российских и 41 зарубежной организаций, энергетических и нефтегазовых компаний.

Открыл форум заместитель председателя Государственной Думы РФ, президент Российского газового общества Валерий Язев, который огласил приветствие Президента Российской Федерации Дмитрия Медведева в адрес участников форума. В приветствии Президент страны отметил, что «для эффективного решения проблем глобальной энергетической безопасности необходимо создать новую, отвечающую требованиям времени, международную правовую базу, расширять взаимовыгодный обмен активами и высокими технологиями, совершенствовать транзитные коридоры».



В своем выступлении Валерий Язев отметил, что Энергетическая Хартия сыграла свою роль для развития международного рынка торговли энергетическими материалами и продуктами и теперь нужна новая правовая основа, принципы которой содержатся в «Концептуальном подходе к новой правовой базе международного сотрудничества в сфере энергетики», предложенном Президентом РФ в апреле этого года. Эта инициатива может быть реализована в виде международной системы управления качеством на основе кодификации норм действующих международных соглашений, применимых к сфере энергетического рынка, и создания необходимых международных институтов. Эта система называется Мировой энергетический кодекс. Она получила



одобрение в ходе Санкт-Петербургского диалога, Российско-Германского сырьевого форума и на Мировом газовом конгрессе в Буэнос-Айресе. Во время беседы с вновь избранным президентом Международного газового союза Рахимом Хашимом было отмечено, что эта тема может стать основной на форуме Мирового газового конгресса в 2012 г., который пройдет в Малайзии.

– В Ежегодном Послании Президента России Федеральному Собранию РФ есть такие слова: «Нам нужно не только наращивать добычу полезных ископаемых, но и добиваться лидерства во внедрении инноваций как



в традиционной, так и в альтернативной энергетике». Уверен, газовая отрасль России к решению этой задачи готова, – подчеркнул Валерий Язев.

На форуме также выступили президент Европейского союза газовой промышленности Доминико Диспенца, заместитель председателя правления ОАО «Газпром» Александр Медведев, вице-президент Европейского союза газовой промышленности, президент компании «Gaz de France-Suez» Жан-Франсуа Сирелли, генеральный секретарь Международного газового союза Торштейн Индребо, ректор Санкт-Петербургского горного института, вице-президент РГО Владимир Литвиненко, руководители российских и международных энергетических и нефтегазовых компаний.

В заключительном слове Валерий Язев сказал: «Хочется призвать правительства, парламенты, представителей газового бизнеса, национальные и международные заинтересованные организации как можно скорее перейти к формированию Кодекса и его институтов на основе действующего международного экономического права и концептуального подхода, предложенного Президентом России».

Валерий Язев выразил благодарность всем участникам Форума за интересные выступления и проявленный интерес к Форуму, за признание важности вынесенных на обсуждение вопросов и за готовность донести высказанные пожелания до широкой общественности.

Работа Форума транслировалась в прямом эфире на информационном канале «Вести» телекомпании ВГТРК, а также велась прямая интернет-трансляция на сайте ОАО «Газпром».

**Отдел информационной работы
РГО, 18.11.2009 г.**

Заседание Комитета Государственной Думы по энергетике, посвященное развитию рынка природного газа на транспорте, 18.11.2009 г., Москва

18.11.2009 г. Комитет по энергетике Государственной Думы провел расширенное заседание по вопросу «О мерах по повышению использования природного газа в качестве моторного топлива». Для участия в заседании были приглашены представители Минпромторга, Минсельхоза, Минрегиона, Минэнерго, ОАО «Газпром», ОАО «РЖД», ОАО «КамАЗ», ФГУП НЦ «НАМИ», МАДИ (ТУ), Национальной газомоторной ассоциации (НГА), Объединения автопроизводителей России, РЦСМ, редакции журнала «Транспорт на альтернативном топливе» и др. Все участники заседания высказались в поддержку развития рынка природного газа в России. При этом участники отметили, что развитие рынка сдерживает отсутствие:

- федерального и региональных законов;
- национального полномочного координационного органа;
- массового заводского производства газобаллонной автомобильной и сельскохозяйственной техники;
- государственного заказа на газобаллонную технику;
- системы мер государственного стимулирования участников газомоторного рынка;
- национальных программ газификации транспорта и сельскохозяйственной техники.

Представители Минпромторга и Минрегиона выступили с предложением организовать поставку газобаллонной техники в бюджетные организации, используя существующие

механизмы формирования государственных закупок.

Комитет проинформировал участников о том, что законопроект получил поддержку в партии Единая Россия. В целях сосредоточения усилий Комитет предложил оставить в проекте закона только природный газ, исключив из него прочие альтернативные виды моторного топлива. По итогам заседания Комитет решил рекомендовать Правительству Российской Федерации:

- рассмотреть вопрос о составе и руководстве Правительственной комиссии по газомоторному топливу;
- рассмотреть вопрос о стимулировании перевода первоочередных категорий транспортных средств, в том числе сельскохозяйственной техники, на газомоторное топливо;
- инициировать разработку федеральной целевой программы по расширению использования альтернативных видов моторного топлива.

МЕТАИнфо

Заседание секции НТС ОАО «Газпром» по вопросам развития АГНКС

11.12.2009 г. в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» состоялось очередное заседание секции Научно-технического совета ОАО «Газпром» «Рациональное распределение и использование газа и других энергоресурсов». Тема заседания: «О техническом состоянии АГНКС-500 и АГНКС-250 и предложениях по обеспечению их дальнейшей эксплуатации».

В заседании приняли участие ведущие российские специалисты в области проектирования, строительства и эксплуатации АГНКС. В секции НТС представлены ученые и специалисты из промышленности, ведущих

НИИ и ВУЗов, эксплуатирующих организаций.

Выбор темы не случаен. В Российской Федерации построены 179 АГНКС большой производительности: 127 АГНКС-500 и 52 АГНКС-250. В эксплуатации находятся станции производства России, Украины, Германии, Италии, Швейцарии. Станции такой размерности были первыми: их начали строить с 1983 г. в рамках советской программы газификации транспорта. 125 АГНКС-500 и 27 АГНКС-250 находятся в эксплуатации уже более 20 лет. После 1990 г. «пятисотки» в России больше не строили. А вот АГНКС-250 продолжают строиться. Поэтому вопросы диагностики, ремонта, модернизации, капитального ремонта и реконструкции АГНКС-500 и АГНКС-250 актуальны не менее, чем вопросы строительства новых газозаправочных объектов.

Головной научно-технический центр «Газпрома» ООО «Газпром ВНИИГАЗ» разрабатывает программу

реконструкции этих станций, и мнения специалистов, высказанные на заседании секции НТС, помогут найти оптимальные решения для поддержания этого, далеко не нового, газозаправочного оборудования в работоспособном состоянии. Именно эти станции формируют основу национальной сети заправки автомобилей компримированным природным газом. На долю АГНКС-500 приходится 81% российских газозаправочных мощностей, а на долю АГНКС-250 – 17%. В 2008 г. «пятисотки» заправили в автомобили и тракторы 228 млн. м³, а АГНКС-250 реализовали 78 млн. м³, что составило соответственно 68% и 23% от общего объема спроса на автомобильный метан по стране.

МЕТАИнфо



Международная конференция «Производство энергии и биотоплив второго поколения из непищевой биомассы»

International conference «Energy and second generation biofuel production from non-food biomass»

21-22.10.2009 г. в Институте НАМИ в контексте реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 гг.» состоялась международная конференция «**Производство энергии и биотоплив второго поколения из непищевой биомассы**».

Организаторами конференции стали Федеральное агентство по науке и инновациям (Роснаука) и Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ»).

Конференция проводилась при поддержке и участии: министерства образования и науки Российской Федерации; министерства промышленности и торговли РФ; Правительства г. Москва; Ассоциации автомобильных инженеров РФ; Консорциума российско-европейского проекта «Bioliqids-SHP. Power generation from Biomass».



Информационную поддержку оказали: автономная некоммерческая организация «РУСДЕМ-энергоэффект»; журналы «ААИ», «Автомобильная промышленность» и «Авотрак».

На обсуждение были вынесены вопросы, связанные с разработкой и развитием технологий производства, применением энергии и биотоплив

из непищевой биомассы (биотоплив второго поколения), а также проблемы обеспечения экологической безопасности, энергоэффективности и уменьшения расходования невозобновляемых природных ресурсов. Центральными темами дискуссий стали:

- исследование и развитие биоэнергетических технологий;
- демонстрационные и коммерческие проекты по использованию биомассы для производства энергии;
- экономические и экологические аспекты биоэнергетических технологий и многие другие.

Общее число участников конференции за два дня составило более 350 чел. В рамках мероприятия было сделано более 30 презентационных выступлений и докладов, привлечших к обсуждению глобальных проблем использования биомассы в энергетических целях.

Со стороны Российской Федерации участие в мероприятии приняли: руководители заводов автомобильной отрасли, транспортных предприятий, а также другого рода государственных и коммерческих предприятий; специалисты предприятий смежных отраслей промышленности и научно-исследовательских организаций всех форм собственности; преподаватели ведущих автомобильных ВУЗов страны; молодые ученые, специалисты образовательных учреждений и студенты институтов МАМИ, МАДИ, МГАУ им. В.П. Горюхина; представители федеральных и региональных органов государственной власти; представители СМИ. Среди посетивших конференцию – кандидаты и доктора наук, профессора.

В числе зарубежных участников были ведущие специалисты и представители предприятий и организаций из стран СНГ и дальнего зарубежья

(Голландии, Бельгии, Германии, Швеции, Финляндии, США и др.), связанных с производством и эксплуатацией транспортных средств и автомобильных компонентов, а также с применением биотоплив.

Участники конференции получили актуальную информацию по вопросам разработки и развития технологий производства, применения энергии и биотоплив из непищевой биомассы.



Сегодня биоэнергетический сектор активно развивается во всем мире. Анализ итогов проведенного анкетирования участников конференции по вопросам, касающимся актуальности и необходимости данного рода мероприятий, позволяет сделать однозначный вывод – вопросы производства энергии и биотоплив являются сегодня одними из важнейших и вызывают огромный интерес у научной общественности. Данного рода конференции актуальны и необходимы, так как предоставляют их участникам широкие возможности для обмена знаниями и практическим опытом в сфере организации производства энергии и биотоплив из непищевой биомассы, а также привлекают талантливую молодежь к решению глобальных задач в этой сфере, оказывают содействие развитию и внедрению новых технологических решений в производство энергии и биотоплив второго поколения.

16-я Московская международная выставка «Автокомплекс–2009»: нацеленность на поиск новых возможностей

28-30.10.2009 г. в «Экспоцентре» состоялась 16-я Московская международная выставка «Автокомплекс–2009», организаторами которой выступили ООО «АЗС-ЭКСПО» (Россия) и «Мессе Дюссельдорф ГмБХ» (Германия) при поддержке Правительства Москвы и содействии ЗАО «Экспоцентр».

Несмотря на кризисные явления в экономике выставка «Автокомплекс» остается востребованной. Свидетельством этого была деловая атмосфера, которая царила в дни проведения этого мероприятия.

На выставке были представлены 120 фирм из 12 стран, среди которых самые известные производители оборудования и технологий: «Scheidt & Bachmann» (Германия), «Dresser Wayne» (Швеция), «Gilbarco Veeder-Root» (Германия), «НАРА» (г. Серпухов), ОАО «Промприбор» (г. Ливны), ООО «Татсуно С-Бенч» (г. Рязань), ОАО «МОПАЗ» (г. Малоярославец), «Corken» (США), «Nurigeco S.p.A» (Италия) и многие другие. Следует отметить возвращение на нашу выставку украинских фирм ТД «Шельф» и АЗТ «Славутич».

Много интересного было на выставке в области внедрения в заправочную отрасль экологически чистых технологий. Широко была представлена сфера использования газа как моторного топлива компаниями «GT7» (г. Москва), «Aurex LPG» (Польша), ЗАО «Сибур-

газсервис» (г. Москва), «FAS Flussigas-Anlagen GmbH» (Германия), ООО ТД «Алексеевкахиммаш» (г. Воронеж), «Hydro-Vacuum SA.» (Польша), ООО



«Митекс» (г. Санкт-Петербург) и другие. Новинки в программном обеспечении систем управления сетями АЗС, АГЗС и

других объектов автосервиса, а также безналичных расчетов демонстрировали компании «АйТи», ТД «НКТ», «ААЗС Автоматические АЗС» (Москва), «ВРИО» (Латвия), ООО «ИБТ», ООО «Флит Кардс» (г. Москва), КПЦ ЗАО «Электронные системы» (г. Калуга).

Автомоечное и автосервисное оборудование предлагали известные западные и российские фирмы ООО «Чистая компания», ООО «ИНЖТЕХсервис» (г. Москва), ТД «Три-Е» (г. Санкт-Петербург),



ООО «Лигир», ООО «СтимПро, ТД ЗАО «Инженерное оборудование» (г. Москва).

Парковки на уровне последних разработок демонстрировали фирмы ООО «Автомат-паркинг», «DataPark Group» (США), «Эликс», ГК ЗАО «Монтажтехсервис» (г. Москва).

Многие участники выставки пришли на выставку, имея конкретные цели и задачи с учетом сложившейся реальности. Например, бизнесмен из Иркутска был доволен тем, что нашел интересные предложения по организации мини-АЗС, применение которых он считает актуальными в кризисных условиях. Владелец сети АЗС из Калининграда больше интересовался организацией сопутствующих услуг, учитывая соседство с Германией и Польшей.

Так же серьезно были подготовлены экспоненты. Это были те фирмы, которые заняли активную позицию поиска

новых возможностей, налаживания более надежных и выгодных контактов, оптимизации производственных связей. Они нацелены на перспективу, прекрасно понимая, что резервы для повышения качества обслуживания автовладельцев и расширения сетей СТО, АЗС и других объектов сервиса на всем постсоветском пространстве поистине безграничны.

Деловая программа выставки включала семинары и презентации. В эти дни в Центре Международной Торговли проходили международные форумы «Учет нефти и нефтепродуктов-2009» и «НЕФТЕБАЗА-2009», организованные фирмой «ИД-ИнфоТЭК» в партнерстве с ООО «АЗС-ЭКСПО».

На основе состоявшегося представительного обмена мнениями дирекция выставки приняла решение с будущего года выделить тематику нефтебаз (их в России более 1200) в самостоятельный раздел. Это поможет отразить в экспозиции все аспекты их оснащения оборудованием и технологиями.

На выставке состоялась официальная церемония награждения победителей городских конкурсов за звание «Лучший автосервис Москвы», «Лучшая автомойка Москвы», «Лучший дилерский автосервис Москвы», которые были организованы Департаментом транспорта и связи г. Москва совместно с префектурами административных округов столицы с мая по сентябрь 2009 г. Полный список награжденных размещен на сайте выставки. Можно



надеяться, что эта практика будет продолжена и в будущем.

Информационную поддержку выставке оказывали более 20 ведущих отраслевых изданий, среди которых «Нефтегазовая вертикаль», «Нефть России», «Современная АЗС», «АГЗК+АТ», «Топливный рынок», «Транспорт на альтернативном топливе», «АвтоОпыт», «КУЗОВ» и другие.

Со своей стороны дирекция выставки продолжает практику проведения конкурса среди экспонентов «За лучшее освещение на сайте участия в выставке «Автокомплекс». В текущем году победителями признаны ЗАО «НАРА» и ТД ООО «Алексеевкахиммаш».

Следует отметить действенную помощь в подготовке выставки Департамента транспорта и связи г. Москва,

Московской топливной ассоциации и ЗАО «Экспоцентр».

«За годы динамичного развития представительная выставка по праву завоевала репутацию престижного экспофорума, где демонстрируются передовые достижения российских и зарубежных производителей в области автозаправочной техники, автосервиса, гаражного и парковочного оборудования», – отмечалось в приветствии Мэра Москвы Ю.М. Лужкова участникам и гостям выставки.

Организаторы выставки намерены и в дальнейшем поддерживать ее высокий рейтинг, всячески способствовать всем желающим участвовать в предстоящей выставке «Автокомплекс-2010», которая состоится 27-29.10.2010 г. в павильоне № 8 (залы 1, 2) ЦВК «Экспоцентр». Ждем предложений от тех потенциальных экспонентов, которые по достоинству оценивают все преимущества ЦВК «Экспоцентр», как лидера выставочного бизнеса России.

Международная выставка «Автокомплекс-2010» предоставляет превосходные возможности для оснащения АЗС, АГЗС и объектов автосервиса, гаражей и паркингов самым современным оборудованием и технологиями!

Приглашаем Вас к участию в выставке «Автокомплекс-2010»!

Более подробную информацию Вы можете найти также на сайте выставки www.autocomplex.net.



Новости из-за рубежа

News from abroad

Германия:

Состояние газомоторного рынка

Германия продолжает оставаться одним из лидеров развития рынка компримированного природного газа (КПГ) для транспорта. В 2010 г. страна входит с парком метановых автомобилей, насчитывающим 90 тыс. ед. С учетом наличия в Германии заводского производства газовых автобусов, легковых и грузовых автомобилей можно предположить, что через год немецкий рынок выйдет на второе место в Старом свете по численности газобаллонных автомобилей.

А вот по числу газовых заправок Германия вышла на первое место в Европе. Сейчас природным газом можно заправиться на 850 АГНКС. Созданная специально для развития газозаправочной сети компания «Erdgas Mobil GmbH» разработала и осуществила проект интеграции оборудования для производства и реализации КПГ в обычные АЗС. К настоящему времени построено примерно 800 метановых комплектов. Другая компания – «E.ON Gas Mobil GmbH» – планирует построить еще 200 новых станций вдоль основных автобанов Германии. Берлин остается не только политической, но и газомоторной столицей Германии. Здесь работают 13 корпоративных и общественных АГНКС.

Природный газ вызывает безусловный интерес у немецких автомобилистов. Наиболее распространено использование КПГ на легковых такси. Начинается развитие автобусного сектора газомоторного рынка. Сейчас в 81 городе Германии насчитывается примерно 1500 газобаллонных автобусов «MAN», «IVECO», «Mercedes», работа-

ющих на природном газе. В среднем один автобус проезжает 70-80 тыс. км в год. При стоимости метана, составляющей 60% от стоимости дизельного топлива, муниципальные бюджеты экономят значительные средства. И это, вкуче с экологическими преимуществами, делает природный газ первым в списке альтернативных моторных топлив.

Немаловажен и такой факт, что моторное масло на газовых автобусах меняется не через 30, а через 40 тыс. км пробега. Пробег автобуса на одной заправке газом (222 кг) составляет 400 км. Время заправки автобуса не превышает 8 мин. По словам специалистов, для газовых



На рисунке сверху – вниз:
автобус на КПГ;
автобус на компримированном водороде;
автобус на сжиженном водороде.

автобусов не требуется дорогостоящей модернизации производственно-технических помещений. Достаточно устроить в самом высоком месте кровли выпускные отверстия для вентиляции газа в случае его утечки. Переосвидетельствование баллонов и их испытания под давлением проводятся по немецким правилам один раз в 10 лет. Кстати, по новым правилам баллоны для КПГ, установленные на легковых автомобилях, не проходят переосвидетельствование вообще, но срок их службы ограничен 20 годами.

Немецкие ученые и инженеры работают не только с природным газом. Продолжаются работы по биометану, компримированному и сжиженному водороду. Сегодня можно заправлять автобусы и легковые автомобили этими видами моторного топлива, однако, следует помнить о том, что государство дотирует их. Стоимость топлив в начале декабря 2009 г. в пересчете на российские рубли составляла: КПГ – 28,67 руб./м³; СУГ – 45,78 руб./кг; дизельное топливо – 49,21 руб./л; бензин марки супер – 57,76 руб./л; компримированный и сжиженный водород – по 342,31 руб./кг.

МЕТАИнфо

США:

Военные станут экономить на топливе

Согласно докладу, обнародованному консалтинговой компанией «Deloitte LLP» (США, Нью-Йорк), автором которого является старший советник компании отставной генерал ВВС США Ч.Уайльд, в 2008 г. Пентагон затратил 16 млрд. долл. США на закупку 14 млн. т ГСМ и стал, таким образом, крупнейшим корпоративным потребителем топлива в стране. Потребление горючего за период после завершения вьетнамской войны и до настоящего времени, несмотря на передовые технологии и современные виды техники, выросло на 175% и



составляет в настоящее время 83 л на каждого американского военнослужащего в день. Это объясняется необходимостью проведения крупных перебросок войск различными видами транспорта на большие расстояния, в том числе в условиях партизанской войны и пересеченной местности. А опыт ведения боевых действий в Афганистане показал, что американские подразделения чаще всего несут потери именно в ходе проводки конвоев для транспортировки ГСМ и воды, на что приходится 80% воинских перевозок.

Доклад демонстрирует, что если Пентагон не начнет ускоренный переход на использование альтернативных видов моторного топлива, то к 2014 г. количество погибших американских солдат может удвоиться (с 2001 г. до настоящего времени погибли 900 военнослужащих). В этой связи, подчеркивается в докладе, возникает существенная необходимость перевода американского военного ведомства на альтернативные энергоносители. А это, как известно, является национальным приоритетом США.

Следует отметить, что крупнейшие американские компании, подрядчики Пентагона, в том числе такие как «Lockheed Martin Corp», «Northrop Grumman Corp», «Boeing Co», уже приступили к соответствующим разработкам. В руководстве Пентагона существует понимание необходимости перевода вооруженных сил на альтернативные виды топлива, однако до сих пор эта работа не была достаточно скоординирована.

МЕТАИнфо

Болгария:

Голубое топливо для голубого неба

25.11.2009 г. в Софии (Болгария) прошла международная конференция «Голубое топливо для голубого неба». Конференция организована болгарской газовой компанией «Овергаз инк.» под эгидой Европейского делового конгресса (ЕДК). В конференции приняли участие представители Европейской экономической комиссии ООН, ЕДК, МГС, ОАО «Газпром», «Е.Он Рургаз», «Овергаз инк.», Национальной газомоторной ассоциации (НГА) России, органов муниципального управления Софии, а также ученые, предприниматели, автомобилисты, поставщики газа.



Проект «Голубое топливо» направлен на информационную поддержку производства и использования природного газа в качестве моторного топлива. Софийская конференция – первая из трех, которые должны пройти в 2009-2010 гг. в Болгарии и России. Место проведения итоговой конференции пока не определено.

В ходе конференции были сделаны презентации о состоянии и перспективах развития газомоторного рынка в Болгарии, Германии и России. Рассматривались вопросы, связанные с международным проектом «Голубой коридор». Географическое положение Болгарии делает реализацию проекта на ее территории особенно актуальной, так как страну пересекают три международных транспортных коридора. Это коридор № 4: Видин – София – Солун; коридор № 8: София –



Стара Загора – Бургас – Варна; коридор № 10: София – Пловдив – Стамбул. Компания «Овергаз инк.» рассматривает варианты выхода на эти автотрассы со своими газозаправочными мощностями.

Успеху проекта способствует также и то, что в последние годы болгарский газомоторный рынок динамично развивается. В Болгарии сегодня работают уже 76 АГ-НКС, а парк газобаллонных автомобилей достиг 65 тыс. ед., среди которых 90% – легковые. Практически все такси используют в качестве моторного топлива КПГ. Становится больше газовых автобусов. При этом муниципалитет Софии постепенно отходит от схемы «переоборудованный газодизельный» автобус к схеме «заводской газовый» автобус. Природный газ для автомобильного транспорта в полтора раза дешевле дизельного топлива и в два раза дешевле бензина.

Есть и ограничивающие факторы. Например, по условиям рельефа местности сетевой газ можно доставлять только на одну пятую всей территории страны. Поэтому для Болгарии очень актуально применение передвижных заправок. Для автономной газификации потребителей, включая автотранспорт, компания «Овергаз инк.» эксплуатирует 48 касетных метановозов.

Вполне вероятно, что в Болгарии могут найти применение российские технологии малотоннажного производства сжиженного природного газа.

МЕТАИнфо

Великобритания: Сжиженный биометан для аэропорта

9.11.2009 г. в аэропорту Мидленд (Великобритания) начались полугодовые эксплуатационные испытания автобуса «Cobus 3000», работающего на сжиженном биометане (СБМ). Автомобиль использует биометан второго поколения, то есть тот, который получают из органических отходов, а не из сельскохозяйственных культур.



Вопрос об этической стороне производства топлива вместо продовольствия (Food versus Fuel) ши-

роко обсуждался в 2007-2008 гг. В итоге дискуссии признано целесообразным производство биотоплива второго поколения.

Британская компания «Gasrec» уже имеет опыт работы с биометаном. Недавно в Лондоне при непосредственном участии компании проведены испытания мусороуборочных машин на шасси «Iveco Daily», также использующих в качестве топлива СБМ.

Главным мотивом применения этого вида моторного топлива является сохранение качества атмосферного воздуха, так как применение биометана позволяет сократить выбросы двуокси углерода на 60-62% в сравнении с традиционными видами топлива.

Подтвердить или опровергнуть этот тезис – такова главная цель начинающегося эксперимента.

МЕТАИнфо

Газомоторная мозаика Италия

В первой половине 2009 г. итальянский парк автомобилей, использующих в качестве моторного топлива природный газ или биометан, увеличился более чем на 99 тыс. ед.: новые метановые автомобили заводского изготовления приобрели 87 638 физических и юридических лиц, а 11 474 – переоборудовали уже имеющиеся у них автомобили.

Япония

Компании «Panasonic» и «ТОМУ» опубликовали результаты полугодовых дорожных испытаний первого в Японии магистрального тягача «Mercedes», способного пройти 600 км на одной заправке газом и продемонстрировавшего 10%-ное сокращение выбросов CO₂ и 90%-ное снижение выбросов NO_x.

МЕТАИнфо

E

ELPIGAZ

ГАЗОБАЛЛОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ГАЗОБАЛЛОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Продажа современного газобаллонного оборудования (ГБО) для пропан-бутана, метана – итальянского производства

Система последовательного впрыска газа 4 поколения STELLA, ELISA и AEB

Широкий выбор баллонов для пропан-бутана POLMOKON (цилиндрические, тороидальные)

Электронные редукторы ELPIGAZ, современная электроника AEB
(все оборудование сертифицировано)

Установка ГБО на автомобили отечественного и зарубежного производства (карбюратор, инжектор, с лямбда-зондом)

Сервисное обслуживание
(высококвалифицированный персонал)

Обучение специалистов по монтажу ГБО:
Карбюраторы, инжекторы, электроника и впрысковые системы



Предлагается сотрудничество по продаже оборудования по регионам России.

ELPIGAZ

GAS EQUIPMENT

www.elpigaz.com

ЗАО «МАКРОГАЗ» г. Москва, ул. Горбунова, д.8 стр.1
тел./факс (8-495) 447-46-12 тел.(8-495) 507-54-25
e-mail: Inforu@elpigaz.com, manager1.ru@elpigaz.com

УЗСГ-01-2ЕВ2



УЗСГ-01-1ЕВ/2ЕВ



УЗСГ-01-1ЕМ/2ЕМ



УЗСГ-01-В



УЗСГ-01-1АН



УЗСГ-01-1ЕН/2ЕН



Мерник 5л.

Мерник 10л.



УЗСГ-01-1АН	42 000 руб.
УЗСГ-01-1ЕМ / 2ЕМ	47 000 / 89 000 руб.
УЗСГ-01-1ЕН / 2ЕН	47 500 / 90 000 руб.
УЗСГ-01-1ЕВ / 2ЕВ	48 000 / 90 000 руб.
УЗСГ-01-2ЕВ2	94 500 руб.
УЗСГ-01-В	45 000 руб.
Мерник 5л. /10л.	11 000 /15 000 руб.
Струбцина	2 100 руб.
Струбцина(евро)	2 850 руб.
*Все цены с НДС	

**Все колонки комплектуются автоматическим плотномером
Раздельный учет в литрах и килограммах**



Россия, г. Псков
тел./факс: (8112) 56-26-50
Тех. отдел: (8112) 57-75-82
www.techno-projekt.ru
E-mail: techno@ellink.ru

Эколого-экономическое обоснование использования КПГ в автотранспортных предприятиях (на примере УТТ и СТ ООО «Газпром добыча Оренбург» и дочерних автотранспортных предприятий)

С.И. Иванов,

генеральный директор ООО «Газпром добыча Оренбург», профессор, к.т.н.,

В.И. Савин,

начальник транспортного отдела ООО «Газпром добыча Оренбург»,

М.В. Коротков,

ведущий инженер ИТЦ ООО «Газпром добыча Оренбург», доцент, к.т.н.

В настоящей статье предложен методический подход, который позволяет с экономических и экологических позиций обосновать выбор различных видов моторных топлив для их использования на автотранспортных предприятиях. В качестве примера в статье проводится обоснование использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на автотранспортных предприятиях ООО «Газпром добыча Оренбург».

Ключевые слова: моторное топливо, сжатый природный газ (КПГ), экология, экономика.

Substantiation of compressed natural gas usage on automotive enterprises from viewpoints of economy and ecology

S.I. Ivanov, V.I. Savin, M.V. Korotkov

In the article there is a methodical approach, which allows to prove from viewpoints of economy and ecology a choice of different motor fuels for its usage on automotive enterprises. Substantiation of compressed natural gas usage on automotive enterprises of Gazprom dobycha Orenburg, LLC is given as example.

Keywords: motor fuel, compressed natural gas (CNG), ecology, economy.

Увеличение объемов потребления энергоносителей в разных странах мира и истощение разведанных нефтяных месторождений являются основными причинами нарастающего дефицита нефтяных

видов моторного топлива. Это неизбежно ведет к интенсивному росту цен на нефть, вслед за которой дорожают различные марки бензина и дизельное топливо [1]. Кроме этого, во всех крупных городах мира ав-

томобильный транспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха, экологическое состояние которого неизменно ухудшается в связи с ростом численности автотранспортных средств и их старением. Именно по этим причинам ресурсоэнергосбережение, а также развитие использования альтернативных видов топлива являются актуальными проблемами, стоящими перед человечеством в современном мире.

Развитие науки позволяет осваивать новые технологии в использовании водорода, биогаза, этанола, диметилового эфира и других видов моторного топлива. Однако, несмотря на значимые положительные результаты в освоении этих технологий в разных странах мира, наиболее предпочтительной альтернативой для России является развитие использования природного газа, поскольку на территории нашей страны сосредоточена почти треть мировых запасов этого вида углеводородного сырья. Другие из вышеперечисленных видов моторного топлива в России не производятся в промышленных масштабах, и говорить об их коммерческом применении пока преждевременно [1].

В связи с вышеизложенным ОАО «Газпром» проводит экологическую политику, руководствуясь принципом устойчивого развития, под которым понимается динамичный экономический рост при максимально рациональном использовании природных ресурсов и сохранении благоприятной окружающей среды для будущих поколений. Согласно этой политике предприятия группы «Газпром» наряду с другими обязательствами по улучшению качества жизни и безопасности населения России обязуются проводить работу по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива [2]. Поэтому в ООО «Газпром добыча Оренбург» ведется

планомерная и системная работа по выявлению резервов снижения выбросов вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет использования компримированного природного газа (КПГ).

В настоящее время в ООО «Газпром добыча Оренбург» эксплуатируется 945 ед. автотранспортных средств, находящихся на балансе Управления технологического транспорта и специальной техники (УТТ и СТ). Причем 365 ед. в качестве моторного топлива используют сжиженный углеводородный газ (СУГ), который получил наибольшее распространение потому, что СУГ образуется в процессе очистки и фракционирования добываемого компанией сырого природного газа. Наряду с этим 41 автомобиль переоборудован для работы по газодизельному циклу, при котором используется смесь дизельного топлива (ДТ) и КПГ.

Закрытое акционерное общество «Автоколонна № 1825» и ООО «Оренбурггазпромтранс» являются дочерними автотранспортными предприятиями (АТП) ООО «Газпром добыча Оренбург». Целью учреждения этих предприятий является коммерческая деятельность по извлечению прибыли в интересах учредителей, а также обеспечение потребности ООО «Газпром добыча Оренбург» в грузопассажирских перевозках, строительной дорожной и специальной технике. Около половины автотранспортных средств (АТС) этих предприятий в качестве моторного топлива также используют СУГ. В табл. 1 представлено распределение АТС этих предприятий по видам используемого топлива.

Как следует из табл. 1, доля АТС, работающих на бензинах или дизельном топливе в указанных АТП, достаточно велика, и потенциально все эти автомобили могут быть переоборудованы для работы на КПГ. Однако переоборудование этих

автотранспортных средств на КПГ может стать невозможным по техническим причинам, по требованиям пожарной и промышленной безопасности, либо нецелесообразно по экономическим соображениям.

Поэтому целью настоящего исследования являлось выявление резервов снижения негативного воздействия ОГ автотранспортной техники на атмосферный воздух за счет использования КПГ в качестве моторного топлива. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- обследование АТС в УТТ и СТ ООО «Газпром добыча Оренбург» и дочерних автотранспортных предприятиях (ЗАО «АК № 1825» и ООО «Оренбурггазпромтранс») на предмет технической возможности их переоборудования для работы на КПГ;

- анализ и выбор современных методов оценки коммерческой и экологической эффективности перевода АТС на альтернативные виды моторного топлива;

- оценка коммерческой эффективности переоборудования автотранспортных средств на КПГ;

- количественная оценка экологической эффективности применения КПГ в качестве моторного топлива;

- на основе проведенных оценок подготовить рекомендации руководству УТТ и СТ ООО «Газпром добыча Оренбург» и дочерних автотранспортных предприятий по переоборудованию АТС на КПГ.

Проведение обследования АТС на предмет технической возможности их переоборудования для работы на КПГ (на примере УТТ и СТ)

На первом этапе исследования специалистами общества было проведено обследование всех автотранспортных средств УТТ и СТ, работающих на бензине или дизельном топливе (539 ед.). В результате этого обследования было выявлено 36 автомобилей марок «КамАЗ», «НЕФАЗ», «КРАЗ», «Урал», оснащенных дизельными двигателями моделей КамАЗ-740.31.240 или ЯМЗ-238 (табл. 2), а также пять колесных тракторов «Кировец» К-702 с дизельными двигателями ЯМЗ-238 НД (табл. 3),

Таблица 1

Распределение АТС по видам используемого моторного топлива

Вид используемого топлива	Количество АТС	Доля от общего количества, %
УТТ и СТ ООО «Газпром добыча Оренбург»		
Бензины и дизельное топливо	539	57
Сжиженный углеводородный газ	365	39
Газодизельная смесь (КПГ + ДТ)	41	4
КПГ	0	0
Всего по УТТ и СТ	945	100
ЗАО «АК № 1825»		
Бензины и дизельное топливо	162	55
Сжиженный углеводородный газ	133	45
Газодизельная смесь (КПГ + ДТ)	0	0
КПГ	0	0
Всего по ЗАО «АК № 1825»	295	100
ООО «Оренбурггазпромтранс»		
Бензины и дизельное топливо	181	47
Сжиженный углеводородный газ	202	53
Газодизельная смесь (КПГ + ДТ)	0	0
КПГ	0	0
Всего по ООО «Оренбурггазпромтранс»	383	100

которые потенциально могли быть переоборудованы для работы на КПГ. По соображениям экономической безопасности государственные регистрационные номера автомобилей и тракторов не указываются.

Количество дизельного топлива, потребленного пятью автобусами «НЕФАЗ», определялось на

основании фактического среднегодового пробега каждого из этих автомобилей и норм расхода топлива, установленных СТО Газпром РД 3-091-2004. При определении общего объема дизельного топлива принималось, что каждый автобус эксплуатировался в течение 249 рабочих дней в году по 8 ч.

Общий объем дизельного топлива, потребленного пятью колесными тракторами К-702 «Кировец», определялся аналогичным образом на основании фактической среднемесячной наработки за расчетный период.

Переоборудование оставшихся автотранспортных средств следует

Таблица 2

Эксплуатационные показатели автомобилей УТТ и СТ, которые потенциально могут быть переоборудованы для работы на КПГ

№	Марка автомобиля	Модель двигателя	Год выпуска	Средний годовой пробег, км	Норма расхода, л/100 км	Расход, л/г.
1	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2004	41812	43	17979,16
2	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2005	38764	35	13567,4
3	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2004	41474	35	14515,9
4	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2005	35223	35	12328,05
5	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2006	30367	35	10628,45
6	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2006	32807	35	11482,45
7	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2005	16201	38	6156,38
8	«КамАЗ-532150»	740.31.240	2004	12161	36	4377,96
9	«НЕФАЗ-5299-10»	740.31.240	2003	58993	36	21237,48
10	«НЕФАЗ-5299-10»	740.31.240	2003	75950	36	27342
11	«НЕФАЗ-5299-10»	740.31.240	2003	60475	36	21771
12	«НЕФАЗ-52991-11»	740.50.360	2004	68158	38,5	26240,83
13	«НЕФАЗ-42111-10»	740.31.240	2005	82778	30	24833,4
14	«НЕФАЗ-4208-10»	740.31.240	2005	115647	43	40013,862
15	«НЕФАЗ-4208-10»	740.31.240	2005	120179	33	39659,07
16	«НЕФАЗ-42111-10»	740.31.240	2005	119930	30	35979
17	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	21004	48	10081,92
18	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	22830	41,8	9542,94
19	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	28452	48	13656,96
20	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	28076	48	13476,48
21	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	24253	48	11641,44
22	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	20985	52,8	11080,08
23	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	15371	52,8	8115,888
24	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	16968	52,8	8959,104
25	«КРАЗ-6510»	ЯМЗ-238	1995	13312	52,8	7028,736
26	«КамАЗ-532150»	740.31.240	2004	5092	35,5	1807,66
27	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2005	5789	34,3	1985,627
28	«КамАЗ-53213»	740.31.240	2000	44822	31	13894,82
29	«КамАЗ-43101»	74020	1995	3457	10	345,7
30	«КамАЗ-43114»	740.31.240	2004	43000	34,3	14749
31	«КамАЗ-47446Н»	740.31.240	2006	3983	43	1712,69
32	«КамАЗ-43118-10»	740.30.260	2007	20363	43	8756,09
33	«КамАЗ-55111»	74010	1993	40000	36,5	14600
34	«НЕФАЗ-4208-10»	740.31.240	2005	29462	43	12668,66
35	«Урал-4320»	ЯМЗ-236М2	1995	32213	35,2	11338,976
36	«Урал-4320»	74010	1993	23953	37	8862,61
					Всего:	512417,773

Таблица 3

Эксплуатационные показатели тракторов К-702 М МБА БКУТ «Кировец» 2005 г. с двигателем ЯМЗ-238 НД, которые могут быть переоборудованы для работы на КПГ

Среднемесячная наработка, мото-ч	Норма, л/мото-ч	Расход топлива, л/г.
125	22,05	33075
162	22,05	42865,2
171	22,05	45246,6
154	22,05	40748,4
123	22,05	32545,8
Всего		194481

признать невозможным в силу одной из следующих причин:

- отсутствие места для размещения баллонов;

- модель двигателя не приспособлена для переоборудования на КПГ;

- переоборудование автомобилей запрещено требованиями пожарной или промышленной безопасности. Например, ГОСТ Р 50913–96 запрещает применять шасси автомобиля с двигателем, работающем на газе, для автомобилей, предназначенных для транспортирования и заправки нефтепродуктов (бензовозов);

- особенности эксплуатации специальных АТС (в том числе тихоходных и гусеничных) не позволяют обеспечивать их заправкой, так как объекты, на которых востребованы эти виды техники, разбросаны на значительном удалении от существующих мест заправки КПГ;

- наступление «предельного» технического состояния при полном отсутствии остаточной стоимости.

Таким образом, проведенное обследование парка автотранспортных средств УТТ и СТ позволило выявить еще 41 ед. техники, которые потенциально можно переоборудовать для работы на КПГ.

Анализ существующих методов оценки коммерческой эффективности перевода автотранспортных средств на альтернативные виды моторного топлива

На следующем этапе исследования был проведен анализ существующих методов оценки коммерческой (экономической) эффективности переоборудования АТС на газомоторное топливо.

Проведенный анализ показал, что методы, наиболее часто применяемые специалистами автотранспортных предприятий, в основном базируются на разработанной специалистами НИИАТ РФ «Методики оценки технико-экономического

эффекта при переоборудовании автотранспортных средств на компримированный природный газ» [3]. Эта методика предполагает сравнение технико-экономических показателей автомобиля, работающего на базовом виде топлива, с аналогичными показателями работы такого же автомобиля, но переоборудованного для работы на газомоторном топливе. Для этого определяется экономический эффект от перевода автотранспортного средства на газомоторное топливо по годовым затратам на эксплуатацию базовой и модернизированной моделей.

Достоинством этой методики является то, что она позволяет проводить сравнение технико-эксплуатационных характеристик АТС при их переводе на различные виды топлива и, на основании этого, принимать такие инженерные решения, которые приносят минимальные потери в технических характеристиках и максимальный экономический эффект [3].

Однако наряду с этим эта методика обладает некоторыми существенными недостатками. Во-первых, она является очень громоздкой, поскольку предполагает использование большого количества различных эксплуатационных показателей. Это требует специальной квалификации и большого количества времени от владельцев АТС и автотранспортных предприятий, поэтому не всегда является для них

приемлемой. Другим недостатком является то, что экономический эффект определяется по «статичному» методу приведенных затрат, который не позволяет отслеживать экономические показатели работы модернизированного АТС во времени.

В настоящее время в отечественной практике и за рубежом для оценки эффективности инвестиций в реализацию каких-либо мероприятий применяется интегральный метод «денежных потоков», с помощью которого определяются основные экономические показатели. Важным преимуществом этого метода является возможность наблюдать динамику формирования потоков денежной массы во времени. Кроме этого, он позволяет анализировать взаимную корреляцию эксплуатационных характеристик АТС и его экономических показателей, а также учитывать изменения реальных экономических факторов (налогового законодательства, ценового поля), которые обладают существенной динамикой и влиянием на технико-экономические показатели [4].

Поэтому для оценки коммерческой эффективности переоборудования рассматриваемых автотранспортных средств УТТ и СТ на КПГ был применен упрощенный алгоритм расчета экономической эффективности переоборудования АТТ (АТС) на компримированный природный газ, разработанный специалистами

Расчет окупаемости затрат на переоборудование автобуса «НЕФАЗ 5299-10» для работы на КПГ, руб.

Показатели	Год						
	(базовый)	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й
1. Кап. вложения (без НДС)	161362						
2. Потребление КПГ, м ³		19259,1	19259,1	19259,1	19259,1	19259,1	19259,1
3. Экономия на покупке ЖМТ		86005,9	86005,9	86005,9	86005,9	86005,9	86005,9
4. Увеличение эксплуатационных расходов, всего		53249,4	53249,4	53249,4	53249,4	53249,4	20977,0
в том числе амортизация		32272,4	32272,4	32272,4	32272,4	32272,4	0
ТО и ремонт		11295,3	11295,3	11295,3	11295,3	11295,3	11295,3
накладные расходы		9681,7	9681,7	9681,7	9681,7	9681,7	9681,7
5. Доп. балансовая прибыль		32756,5	32756,5	32756,5	32756,5	32756,5	65028,9
налоги на прибыль		7861,5	7861,5	7861,5	7861,5	7861,5	15606,9
налог на имущество		3549,9	3549,9	3549,9	3549,9	3549,9	3549,9
6. Чистая прибыль		21344,9	21344,9	21344,9	21344,9	21345,0	45872,0
7. Чистый денежный поток	-161362	53617,3	53617,3	53617,3	53617,3	53617,4	45872,0
8. Дисконтированный ЧДП		45056,6	37862,7	31817,4	26737,3	22468,3	16153,4
9. Чистый дисконтированный доход	-161362	-116305,3	-78442,6	-46625,2	-19887,9	2580,4	18733,9

ООО «ВНИИГАЗ» на основе интегрального метода «денежных потоков» [5].

Определение коммерческой эффективности перевода автотранспортных средств на КПГ (на примере УТТ и СТ)

Все расчеты проводились с помощью программного продукта MS Excel. В статье не приводится подробное описание алгоритма проведенного расчета, во-первых, потому, что авторы настоящей статьи не участвовали в его разработке, а лишь использовали для достижения цели своего исследования, во-вторых, потому, что читатели, заинтересовавшиеся методикой проведения

этого расчета, могут подробнее с ней познакомиться, обратившись к специальной литературе [4].

При проведении расчетов использовались следующие ограничения и допущения:

- в качестве цен дизельного топлива ($C_{дт} = 12,21$ руб./л) и КПГ ($C_{кпг} = 6,0$ руб./м³) использовались фактически сложившиеся цены в январе-феврале 2009 г. без учета НДС;

- для автобуса «НЕФАЗ 5299-10» стоимость комплекта газобаллонного оборудования (ГБО) производства ЗАО «Автосистема» составляет: $C_{гбо} = 161,4$ тыс. руб. без НДС. В эту стоимость входят: стоимость комплекта баллонов про-

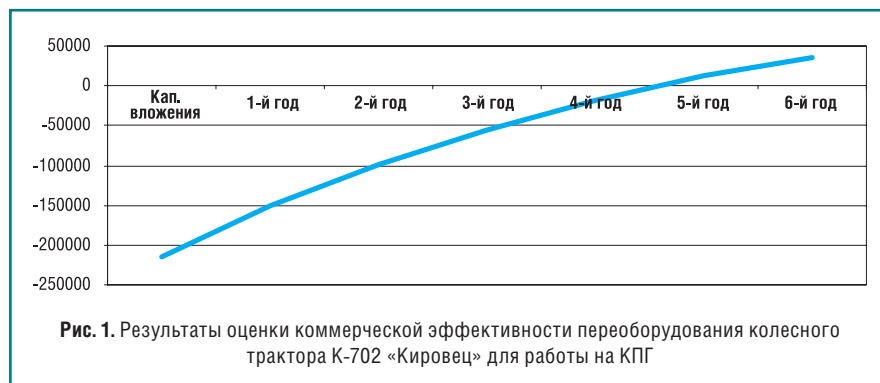
изводства ОАО «Первоуральский новотрубный завод» 8 шт. по 50 л, стоимость подкапотного оборудования, а также стоимость кронштейнов, вентилялей и защиты ГБО;

- для колесного трактора К-702 «Кировец» стоимость комплекта ГБО производства ЗАО «Автосистема» составляет: $C_{гбо} = 214,4$ тыс. руб. без НДС. В эту стоимость входят: стоимость комплекта баллонов производства ОАО «Первоуральский новотрубный завод» 12 шт. по 50 л, стоимость подкапотного оборудования, а также стоимость рамы для крепления баллонов, кронштейнов и вентилялей;

- потребление дизельного топлива в качестве запальной дозы составляет не более 30%, а потребление КПГ соответственно 70% (по массе);

- в качестве нормы дисконта была использована максимальная процентная ставка по кредитам юридическим лицам, установленная ОАО «Газпромбанк», которая в I-II кв. 2009 г. составила 19%.

В качестве примера в табл. 4 представлен расчет коммерческой эффективности переоборудования



автобуса «НЕФАЗ 5299-10» (указанного под № 14 в табл. 2) для работы по газодизельному циклу.

Результаты расчета показывают, что затраты на переоборудование автобуса «НЕФАЗ 5299-10» для работы по газодизельному циклу могут окупиться менее, чем за пять лет при условии среднегодового пробега в 68 тыс. км.

На рис. 1 в графическом виде представлены результаты проведенного тем же методом расчета коммерческой эффективности переоборудования колесного трактора К-702 «Кировец» при среднемесячной наработке 123 мото-ч.

Несмотря на то, что стоимость переоборудования колесного трактора К-702 «Кировец» на 25% выше, чем стоимость переоборудования автобуса «НЕФАЗ 5299-10», срок окупаемости затрат составляет те же пять лет при среднемесячной наработке этого трактора 123 мото-ч.

Временные методические указания по определению экономической эффективности новой техники в ОАО «Газпром» рекомендуют в качестве срока окупаемости нового оборудования использовать временной период, продолжительностью не более шести лет [6]. Поэтому на основании проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что экономически целесообразным следует признать переоборудование всех пяти колесных тракторов К-702 «Кировец», а также шести автобусов «НЕФАЗ» (указанных под № 10, 12-16 в табл. 2), среднегодовые пробеги которых более 68 тыс. км. Переоборудование остальных автомобилей, выбранных на первом этапе нашего исследования (табл. 2), следует признать экономически нецелесообразным.

Таким образом, использование упрощенного алгоритма расчета экономической эффективности переоборудования АТП (АТС) на КПГ позволило из 41 ед. АТС, которые технически могли быть переоборудованы на КПГ, выбрать только те

11 ед., переоборудование которых экономически оправданно.

Анализ существующих методов оценки экологической эффективности перевода автотранспортных средств на альтернативные виды моторного топлива

Как уже отмечалось выше, лобное современное и социально ответственное предприятие в своей деятельности должно руководствоваться принципом устойчивости. Это означает, что принимаемые руководством решения должны быть направлены на улучшение как экономических, так и экологических показателей работы этого предприятия. Поэтому для принятия управленческого решения о переоборудовании необходимо определить также и экологическую эффективность перевода рассматриваемой автотранспортной техники для работы по газодизельному циклу.

Существует множество подходов к оценке негативного воздействия ОГ автотранспорта на окружающую среду – от простых и примитивных до интегральных, более сложных. Были проанализированы, обобщены и представлены далее в порядке усложнения наиболее распространенные и применяемые методы оценки негативного воздействия ВВ в ОГ автомобильных двигателей внутреннего сгорания на атмосферный воздух.

Для оценки выбросов от автотранспорта ранее использовали показатели топливной экономичности, то есть по расходу потребляемого им топлива судили о негативном воздействии автотранспорта на окружающую среду. Но расход топлива может служить лишь косвенной характеристикой экологической опасности автомобиля. С развитием методов анализа стали определять концентрацию наиболее опасных примесей в ОГ автомобилей. Но знание концентрации ВВ в ОГ тоже недостаточно для оценки воздействия

автомобиля на окружающую среду, поскольку необходимо учитывать еще и показатели массовой эмиссии. Тогда для оценки загрязнения окружающей среды каждым конкретным автомобилем необходимо в каждый момент времени его эксплуатации знать концентрацию ВВ в отработавших газах и их объем, что, очевидно, не представляется возможным. Поэтому для оценки экологических характеристик автомобиля многие специалисты и исследователи используют значения количества выбросов ВВ, приведенные к километру пробега, или же относительную концентрацию вредных примесей в ОГ автомобильных ДВС [7, 8].

На наш взгляд, такой подход к оценке ОГ неудобен тем, что не позволяет однозначно сравнивать между собой экологические характеристики различных автомобилей, так как не показывает, какая примесь является более опасной, и не дает возможности объективно судить об эффективности мероприятий по снижению токсичности ОГ. Кроме того, количество выбросов или концентрацию ВВ можно рассматривать только как техническую характеристику данного АТС, которая не позволяет судить об экологической опасности этого АТС для человека, так как не учитывает ни класса опасности, ни токсичности веществ, входящих в состав ОГ. Поэтому необходим показатель, количественно и суммарно оценивающий величину токсичных выбросов ВВ с ОГ.

Подобный подход к данной проблеме использован в работе [9], где предлагается использовать коэффициент приспособленности автомобиля к окружающей среде (K). Авторы исходили из того, что уровни токсичности веществ, подлежащих нормированию – монооксида углерода (СО), суммарных углеводородов (C_nH_m) и оксидов азота (NO_x) – сильно различаются. Были использованы значения максимальных разовых предельно

допустимых концентраций для воздуха населенных мест, что и позволило получить единую шкалу для измерения токсичности ОГ [9].

Идея заключается в том, что если токсичность монооксида углерода принять за единицу ($c_{co}=1$), то относительные токсичности оксида азота и суммы углеводородов составят соответственно: $c_{Nox}=59$ и $c_{CnHm}=3$. Суммарная же токсичность (А) отработавших газов автомобиля относительно нормируемых (или принятых за точки отсчета) выбросов будет равна сумме произведений каждого из этих выбросов (a_i) на относительную их токсичность (c_i). Например, если автомобиль дает выбросы, равные нормируемым, то $a_i = 1$. Тогда $A_{норм} = 63$.

Для того, чтобы оценить фактическое состояние испытываемого автомобиля, нужно взять отношение фактической суммарной токсичности ($A_{ф}$) к ее нормативному значению ($A_{норм}$), то есть:

$$K = (1 \cdot a_{co} + 59 \cdot a_{Nox} + 3 \cdot a_{CnHm}) / 63. \quad (1)$$

Если выбросы равны нормируемым, то коэффициент приспособленности равен единице ($K=1$); если меньше нормируемых, то коэффициент меньше единицы ($K < 1$); если больше нормируемых, то он больше единицы ($K > 1$). Другими словами, чем меньше этот коэффициент, тем лучше автомобиль по токсичности ОГ приспособлен к окружающей среде, то есть экологически безопаснее.

Несмотря на то, что коэффициент приспособленности автомобиля к окружающей среде позволяет решать многие задачи, связанные с эксплуатацией АТС (например, сравнение уровней токсичности выбросов различных автомобилей между собой), он является безразмерным относительным показателем и его физический смысл лишен содержательного наполнения. Поскольку коэффициент K не может быть выражен в каких-либо физических величинах, он не может быть применен для описания и объективной оценки

экологической опасности различных источников и, следовательно, не может дать полного представления об экологической опасности выбросов ВВ от этого источника (например, автомобиля) для человека.

Поэтому для интегральной (комплексной) оценки токсикологической (экологической) опасности каждого, отдельно взятого токсичного вещества мы предлагаем использовать известную методику расчета загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника, подробно изложенную в ОНД-86 [10]. А для описания токсикологической опасности автомобиля, как наземного передвижного источника выбросов ВВ, мы предлагаем использовать разработанный нами ранее «Интегральный метод оценки экологической опасности ВВ, входящих в состав ОГ автомобилей» [11], где категория опасности автомобиля (КОА) является показателем, характеризующим совокупную экологическую опасность всех токсичных веществ, входящих в состав ОГ (формула 2):

$$КОА = \sum_1^n КОВ_i = \sum_1^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right), \quad (2)$$

где: $КОВ_i$ – категория опасности i -го вещества, $м^3/с$; $ПДК_i$ – максимально-разовая предельно допустимая концентрация вещества, характеризующая его токсичность, $г/м^3$; M_i – количество выбросов i -го вещества, $г/с$.

Отличительной особенностью «Интегрального метода оценки экологической опасности ВВ, входящих в состав ОГ автомобилей» является то, что количество (M_i) вредных веществ в отработавших газах автомобилей определяется с учетом нагрузки на двигатель, а не на холостом режиме, причем с соблюдением неких, четко определенных, единых для всех испытаний стандартизованных условий. Такие данные могут быть получены, например, в процессе испытаний легковых автомобилей на беговых барабанах с использованием ездо-

вого цикла, применяемого в Европе и России (Правила ЕЭК ООН R-83), а грузовых автомобилей в процессе испытаний на моторном стенде, с использованием различных нагрузочных режимов (Правила ЕЭК ООН R-49) [11].

Категория опасности отработавших газов автомобиля (КОА) является суммой категорий опасности различных токсичных веществ, входящих в состав ОГ. КОА выступает интегральной характеристикой экологической опасности отработавших газов автомобиля как источника выбросов многих загрязняющих веществ в воздушную среду [10]. Важными достоинствами настоящего подхода является то, что он позволяет:

- количественно в абсолютных величинах оценивать уровень экологической опасности для человека выбросов ВВ, содержащихся в ОГ любого автомобиля;

- учитывать не только количество выбросов различных компонентов ОГ, но и их токсичность (предельно допустимую концентрацию), и тем самым устанавливать четкую взаимосвязь между техническими характеристиками работы ДВС с экологическими характеристиками (существующими санитарными нормами). Другими словами категория опасности вещества (автомобиля) является не технической, а технико-экологической характеристикой работы ДВС, либо автомобиля в целом;

- сравнивать и ранжировать опасность различных токсичных компонентов в ОГ;

- суммировать категории опасности различных токсичных веществ, так как они имеют единый физический смысл и единую размерность ($м^3/с$). Благодаря этому можно знать общую опасность всех вредных компонентов, выбрасываемых источником с учетом их количества и токсичности;

- объективно сравнивать и однозначно оценивать экологическую

Таблица 5

Количество ДТ, потребленного за год эксплуатации автотранспортными средствами, подлежащими переоборудованию на КПГ

Тип АТС	Количество, ед.	Объем ДТ, л/г.	Масса ДТ, т/г.
Автобусы «НЕФАЗ»	6	194,07	163,02
Тракторы К-702	5	194,48	163,36
Итого:	11	388,55	326,38

Таблица 6

Удельные выбросы ВВ в ОГ автотранспортных средств

Виды топлива	Загрязняющие вещества, кг на тонну сгоревшего топлива				
	СО	СН	NO _x	Сажа	SO _x
Дизельное топливо	149,6	48,30	31,9	16,5	20
Газодизельная смесь	357,6	53,20	28	2,4	6

опасность ОГ различных автомобилей (использующих ДВС), независимо от их типа, назначения, грузоподъемности, вида используемого топлива, а также прочих конструктивных и индивидуальных особенностей;

- объективно сравнивать и однозначно оценивать экологическую эффективность применения различных видов моторного топлива;

- осуществить переход к сравнению экологической опасности передвижного источника (автомобиля) с экологической опасностью стационарного источника (промышленного предприятия). Благодаря этому стало возможным оценивать вклад и автотранспорта, и предприятий в загрязнение атмосферного воздуха города.

Размерность категории опасности вещества (м³/с) означает некий виртуальный объем воздушной среды, требуемый для того, чтобы рассеять загрязняющие вещества, генерируемые источником с определенной объемной скоростью, до безопасных концентраций. Здесь следует отметить, что речь идет о виртуальном, то есть условном объеме воздушной среды, потому что в реальности атмосферный воздух очищается не только за счет рассеивания вредных веществ в своем объеме (конвективная и молекулярная диффузия), но и за счет вымывания вредных веществ из атмосферы с осадками в виде дождя и снега.

Таким образом, для оценки экологической эффективности переоборудования автотранспортной техники на КПГ был выбран разработанный нами ранее «Интегральный метод оценки экологической опасности ВВ, входящих в состав ОГ автомобилей». Подробное описание этого метода представлено в специальных и периодических научных изданиях [11-13].

Определение экологической эффективности применения КПГ в качестве моторного топлива (на примере УТТ и СТ)

В экологической практике принято руководствоваться принципом промышленного метаболизма, позволяющего отследить материально-энергетические потоки, проходящие через любую техническую систему. Следовательно, для оценки экологической опасности отработавших газов данные о выбросах каждого загрязняющего вещества необходимо представить в виде его количества, генерируемого источником (выхлопная труба автомобиля) в единицу времени (г/с). Поэтому, рассчитав общую массу дизельного топлива ($M_{\Sigma ДТ}$), использованного автотранспортной техникой УТТ и СТ за год, а также удельные значения выбросов ВВ при использовании различных видов топлива, можно представить суммарный валовой выброс ВВ с ОГ всех рассматриваемых АТС в виде непрерывного по-

тока этих веществ в атмосферный воздух.

Далее представлены основные этапы оценки экологической эффективности применения КПГ вместо дизельного топлива. С учетом того, что используемый метод уже был подробно представлен в специальных и периодических научных изданиях [10, 11], в настоящей статье анализ промежуточных этапов расчета не проводился.

На первом этапе расчета данные о суммарном объеме потребленного дизельного топлива пятью тракторами К-702 «Кировец» и шестью автобусами «НЕФАЗ», а также значение плотности дизельного топлива ($\rho_{ДТ} = 0,84$ кг/л) были использованы для определения общей массы дизельного топлива, потребленного 11 ед. автотранспортной техники за расчетный период (табл. 5).

Особенность переоборудования дизельных автомобилей для работы на КПГ заключается в том, что они оснащаются двухтопливной системой питания двигателей, то есть одновременно используется дизельное топливо и КПГ. Сначала в цилиндр подается газозвдушная смесь, а в конце такта сжатия, когда начинается воспламенение, в цилиндр подается некоторая доза запального топлива, которым в данном случае выступает дизельное топливо [1]. Такой принцип работы двигателей специалисты обычно называют «газодизельный цикл», а сами автомобили принято называть «газодизельными». Удельные значения выбросов ВВ в ОГ автомобилей, работающих на дизельном топливе и по газодизельному циклу, представлены в табл. 6.

Поскольку в автомобилях, работающих по газодизельному циклу, КПГ замещает определенное количество дизельного топлива (около 70% по массе), то массу всей газодизельной смеси принимаем равной массе дизельного топлива, потребленного рассматриваемыми АТС

Таблица 7

Суммарный валовой выброс ВВ с ОГ всех выбранных АТС

Вредное вещество, входящее в состав ОГ	CO, кг/г.	CH, кг/г.	NO ₂ , кг/г.	Сажа, г/г.	SO ₂ , кг/г.
При работе 6 автобусов «НЕФАЗ» на дизельном топливе (до переоборудования)	24388	7874	5200	2690	3260
При работе 6 автобусов «НЕФАЗ» на газодизельной смеси (после переоборудования)	58296	8673	4565	391	978
При работе 5 тракторов К-702 на дизельном топливе (до переоборудования)	24439	7890	5211	2695	3267
При работе 5 тракторов К-702 на газодизельной смеси (после переоборудования)	58418	8691	4574	392	980

Таблица 8

Скорость генерирования выбросов ВВ с ОГ выбранных АТС

Скорость генерирования ВВ, входящих в состав ОГ	CO, г/с	CH, г/с	NO ₂ , г/с	Сажа, г/с	SO ₂ , г/с
При работе 6 автобусов «НЕФАЗ» на дизельном топливе (до переоборудования)	40,8	13,2	8,7	4,5	5,5
При работе 6 автобусов «НЕФАЗ» на газодизельной смеси (после переоборудования)	97,6	14,5	7,6	0,7	1,6
При работе 5 тракторов К-702 на дизельном топливе (до переоборудования)	46,2	14,9	9,8	5,1	6,2
При работе 5 тракторов К-702 на газодизельной смеси (после переоборудования)	110,4	16,4	8,6	0,7	1,9

за расчетный период ($M_{\Sigma \text{дт}} = M_{\text{гд}}$). Поэтому, используя данные табл. 5 и 6, можно определить суммарный валовой выброс ВВ с ОГ всех рассматриваемых АТС до их переоборудования, то есть при использовании дизельного топлива, а также после переоборудования, то есть при использовании газодизельной смеси (табл. 7).

На следующем этапе расчета данные табл. 7 и данные о времени работы рассматриваемых АТС использовались для представления суммарного валового выброса ВВ в виде непрерывного потока этих веществ в атмосферный воздух (табл. 8).

Вредные вещества, входящие в состав ОГ автотранспортных средств, имеют различную токсичность и по-разному влияют на здоровье людей. Поэтому при определении интегральной экологической характеристики – категории опасности автомобиля – необходимо учитывать максимально-разовые предельно допустимые концентрации этих веществ, установленные Гигиеническими нормативами 2.1.6.1338–03 (табл. 9).

Таблица 9

ПДК токсичных веществ, входящих в состав ОГ

Вещество	Максимально-разовая, предельно допустимая концентрация (ПДК), г/м ³
CO	0,003
CH	0,0015
NO _x	0,000085
Сажа (С-углерод)	0,00015
SO _x (SO ₂)	0,00005

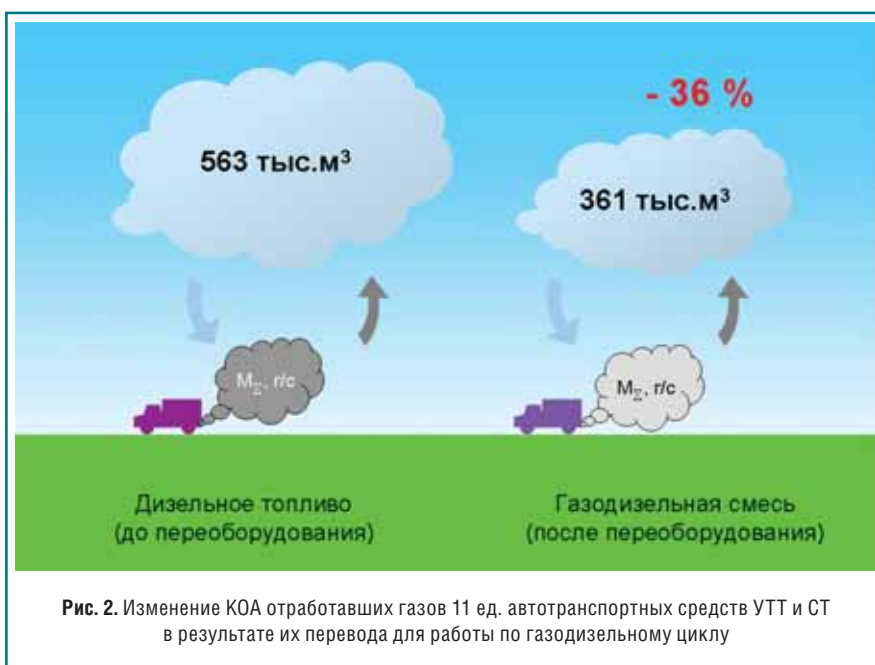


Рис. 2. Изменение КОА отработавших газов 11 ед. автотранспортных средств УТТ и СТ в результате их перевода для работы по газодизельному циклу

КОА выбросов ВВ с ОГ всех выбранных автомобилей

Категория ВВ, входящих в состав ОГ	КОВ _{СО} , м³/с	КОВ _{СН} , м³/с	КОВ _{NO₂} , м³/с	КОВ _С , м³/с	КОВ _{SO₂} , м³/с	КОА _Σ , м³/с
При работе 6 автобусов «НЕФАЗ» на дизельном топливе (до переоборудования)	13603	8783	102376	30007	109116	263887
При работе 6 автобусов «НЕФАЗ» на газодизельной смеси (после переоборудования)	32516	9675	89860	4364	32734	169151
При работе 5 тракторов К-702 на дизельном топливе (до переоборудования)	15393	9939	115850	33956	123476	298616
При работе 5 тракторов К-702 на газодизельной смеси (после переоборудования)	36796	10948	101686	4939	37043	191413

На завершающем этапе расчета определяется категория опасности автомобиля, которая рассчитывается по уравнению 2, с применением данных табл. 8 и 9. Результаты расчета представлены в табл. 10.

На рис. 2 наглядно представлено изменение экологической опасности выбросов ВВ с отработавшими газами 11 ед. автотранспорта УТТ и СТ в результате их переоборудования для работы на КПГ.

Проведенный расчет показал, что совокупная экологическая опасность отработавших газов этой техники может быть снижена на 36% (с $563 \cdot 10^3$ до $361 \cdot 10^3$ м³/с). Причем, наибольший экологический эффект может быть получен при переоборудовании пяти колесных тракторов К-702 «Кировец». Переоборудование только этих тракторов позволит снизить совокупную экологическую опасность ОГ всей рассматриваемой техники на 19% (с $563 \cdot 10^3$ до $455 \cdot 10^3$ м³/с). А переоборудование только шести автобусов «НЕФАЗ» позволит улучшить экологические характеристики отработавших газов всех АТС только лишь на 17% (с $563 \cdot 10^3$ до $468 \cdot 10^3$ м³/с).

Следовательно, переоборудование одного колесного трактора К-702 «Кировец» для работы по газодизельному циклу с экологических позиций следует признать более эффективной мерой, чем переоборудование на КПГ одного автобуса «НЕФАЗ».

Таким образом, оценка экологической эффективности от пе-

реоборудования 11 ед. автотранспортных средств УТТ и СТ для работы по газодизельному циклу показывает, что максимальный экологический эффект, который на сегодняшний день может быть достигнут за счет использования КПГ вместо дизельного топлива в УТТ и СТ ООО «Газпром добыча Оренбург», составляет около 200 тыс. условных м³ атмосферного воз-

духа, ежесекундно сохраняемого «чистым».

P.S. Авторы выражают признательность коллективу Управления «Уралавтогаз» филиала ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» и лично начальнику Управления Э.Д. Гайдту за организацию помощи по переоборудованию автомобилей ЗАО «АК № 1825» и ООО «Оренбурггазпромтранс» для работы на КПГ.

Литература

1. **Пронин Е.Н.** Природный газ – моторное топливо XXI века. Природный газ в моторе? Вопросы и ответы. – Управление по газификации и использованию газа ОАО «Газпром»: Альбом информационных материалов. Сост. Е.Н. Пронин. – М., – 2006. – С. 60.
2. Экологическая политика ОАО «Газпром», утв. Постановлением № 45 Правления ОАО «Газпром» от 25.09.2008.
3. Переход автотранспорта на природный газ: Нормативно-справочное пособие для руководителей и специалистов автотранспортных организаций. – Под ред. Морева А.И., Афлятонова Ф.С. и др. – М.: ИРЦ Газпром, 1995. – С. 144.
4. **Маленкина И.Ф., Ровнер Г.М., Мкртычан Я.С.** Система обеспечения эффективного развития и эксплуатации сети метановых автозаправочных станций. – М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – С. 272.
5. Методическое пособие по управлению проектами в газовой промышленности. М.: МГСУ – УКЦ, 1996. – С. 176.
6. Временные методические указания по определению коммерческой эффективности новой техники в ОАО «Газпром». Действ. с 01.10.2001.
7. Автомобильный справочник. – Перевод с англ. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулем», 1999. – С. 896.
8. **Кульчицкий А.Р.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Учеб. пособие. Владим. гос. ун-т. – Владимир, 2000. – С. 256.
9. **Магарил Е.Р., Резник Л.Г.** Интегральная оценка токсичности отработавших газов. Тюменский государственный нефтегазовый университет. УДК 621.43.019:629. – С. 113.
10. ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Постановление Госкомгидромета от 4.08.1986 г., № 192, Л.: Гидрометеиздат, 1987.
11. **Коротков М.В.** Ранжирование автомобилей разных марок с позиции экологической безопасности. Автомобильная промышленность, № 1, 2003. – С. 17-19.
12. **Коротков М.В., Филиппов А.А.** Оценка экологической эффективности применения различных видов моторного топлива в ДВС автотранспортных средств. – Транспорт на альтернативном топливе. – 2008, № 1. – С. 73.
13. **Коротков М.В., Строганов С.В., Иванов С.И.** Экологическая эффективность использования газомоторного топлива в ООО «Оренбурггазпром». – Транспорт на альтернативном топливе. – 2008, № 2. – С. 76-79.

Окончание в следующем номере.
The last part of the article to be published in the next issue.

Спиртовые топлива для дизельных двигателей

В.А. Марков,

профессор Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н.,

Н.Н. Патрахальцев,

профессор Российского университета дружбы народов (РУДН), д.т.н.

Окончание. Начало в № 6 (12) 2009 г.

Alcohol Fuels for Diesel Engines

V.A. Markov, N.N. Patrakhal'tsev

The end. The beginning in Nr 6 (12) 2009.

Одним из наиболее перспективных спиртовых топлив для двигателей внутреннего сгорания является метанол [2]. Его производство возможно практически из любого сырья, содержащего углерод, но наибольшее количество метанола производится в России из природного газа (в 1986 г. – 87%, в 2000 г. – 96%). Для производства метанола имеются обширные сырьевые ресурсы, его стоимость в сравнении с другими альтернативными топливами сравнительно невысока. Кроме того, метанол, как моторное топливо, позволяет решить проблему снижения выбросов оксидов азота и особенно твердых частиц. Это объясняется тем, что при сгорании метанола не выделяются промежуточные продукты, из которых затем образуются ароматические и ацетиленовые углеводороды, которые способствуют зарождению и росту сажевых частиц. В продуктах сгорания метанола практически нет и сернистых соединений.

Метанол может смешиваться с бензином в любых пропорциях и служить основой для эфирной добавки – метилтретбутилового эфира (МТБЭ). Исследования работы бензиновых двигателей на смесях бензина с метанолом (М15 – 15% метанола, М85 – 85% метанола и др.), а также на

чистом метаноле (М100) проведены крупнейшими американскими и европейскими двигателестроительными фирмами – «Ford», «General Motors», «Pontiac», «Chrysler», «Mercedes-Benz», «Volkswagen», «Fiat», «Chevrolet», «Volvo». В Японии работы в данном направлении проведены фирмами «Mitsubishi», «Honda», «Toyota», «Hyundai», «Hino Motors» [2]. Положительные качества метанола – возможность его получения из любого углеводородного сырья (природный газ, уголь, отходы городского мусора, биомасса и др.) и низкая пожароопасность, а недостатки – высокая токсичность. В России использование метанола в качестве моторного топлива сдерживается его сравнительно высокой стоимостью (500 долл. США за 1 т).

В последнее время в качестве одного из наиболее перспективных топлив для дизелей рассматривается биоэтанол, что объясняется возможностью перевода дизелей на топливо из возобновляемых источников энергии и снижения парникового эффекта [2]. Этанол достаточно просто получить из возобновляемых ресурсов: для получения биоэтанола используются сахарный тростник, сахарная свекла, кукуруза, зерновые, картофель, древесина, биомасса [2]. Начало массового использования бензинов,

содержащих 5-10% этанола (газохол), 15% этанола (Е15) и 22% этанола, относится к 80-м гг. прошлого века, когда в Бразилии, США, Швеции, Голландии, Франции, Канаде и Колумбии автомобили стали заправлять этим видом топлива. Проведены исследования по использованию в бензиновых двигателях смеси Е85 (85% этанола) и смесей другого состава. Наиболее широкое использование этанола отмечено в Бразилии, где нет нефти, но имеется возможность производства этанола из сахарного тростника.

Этанол обладает высоким октановым числом и в некоторых странах широко применяется в качестве моторного топлива на транспорте. Так, Бразилия в период 70-90 гг. прошлого столетия ежедневно замещала этанолом до 250 тыс. баррелей импортируемой нефти. Начиная с 1976 г., в этой стране этанолом было замещено около 140 млрд. л бензина, что дало экономический эффект в размере 50 млрд. долл. США. В 90-х гг. в Бразилии чистый этанол в качестве моторного топлива использовали более 7 млн. автомобилей, а еще 9 млн. транспортных средств использовали его смесь с бензином (газохол). Однако в последние годы наметился спад в использовании этанола как моторного топлива.

Вторым мировым лидером по широкомасштабному использованию этанола для нужд автотранспорта является США, где для производства 3,8 млрд. л этанола в год собирают урожай технических культур с 2 млн. га [2]. В 1994 г. производство этанола оценивалось в 5,3 млрд. л, и дополнительно строились новые предприятия для его производства в количестве еще 900 млн. л в год. Этанол используется как «экологически чистое» топливо в 21 штате, а этанол-бензиновая смесь составляет 10% топливного рынка США и используется более чем в 100 млн. двигателях. Стоимость этанола до недавнего времени была выше стоимости бензина. Однако, по некоторым оценкам, этанол становится конкурентоспособным при цене

нефти в 60 долл. США за баррель [2]. В связи с этим, а также с учетом налоговых льгот на продажу этанола для автотранспорта, действующих в ряде стран, вновь возрос интерес к использованию этанола в качестве моторного топлива.

Приведенные данные свидетельствуют о перспективности использования простейших спиртов (метанол и этанол) в двигателях с принудительным воспламенением. Следует, однако, отметить, что сжигание спиртовых топлив, причем с лучшей топливной экономичностью, возможно и в дизелях [2]. Из данных, приведенных на рис. 2, следует, что дизельные двигатели с неразделенными камерами сгорания (КС), работающие на метаноле и этаноле, имеют термический КПД $\bar{\eta}_t$ на 20-35% выше, чем бензиновые двигатели [5]. В то же время эти простейшие спирты обладают рядом недостатков, которые препятствуют их широкому использованию в качестве топлив для дизелей. Это, в первую очередь, их плохая самовоспламеняемость (низкое цетановое число – ЦЧ).

Возможные способы подачи спиртового топлива в цилиндры дизельного двигателя представлены на рис. 3 [2]. Подача метанола и этанола в дизель возможна несколькими способами: они могут впрыскиваться в чистом виде или в смеси с дизельным топливом непосредственно в цилиндры, подаваться во впускной трубопровод в жидкой фазе или в виде пара [6, 7]. Непосредственное впрыскивание спирта в КС может выполняться с помощью штатного топливного насоса высокого давления (ТНВД) дизеля. Используется также непосредственная подача спирта в КС в виде эмульсии с дизельным топливом. Эффективными являются системы с отдельным впрыскиванием спирта и запальной дозы дизельного топлива в цилиндры дизеля.

При организации процесса сгорания простейших спиртов в цилиндрах дизеля возникает проблема их воспламенения, поскольку эти спиртовые топлива имеют низкие цетановые

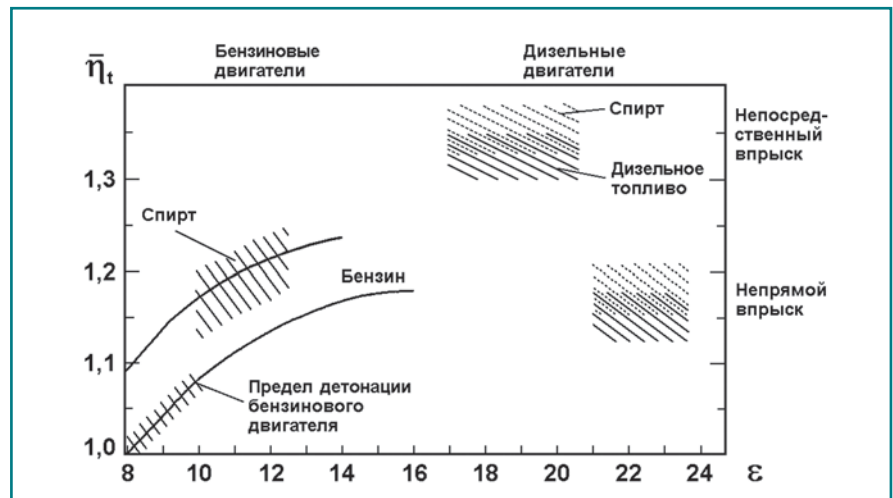


Рис. 2. Относительная термическая эффективность использования нефтяных топлив и простейших спиртов в бензиновых и дизельных двигателях:
 $\bar{\eta}_t$ – относительный термический КПД (за единицу принят термический КПД бензинового двигателя со степенью сжатия $\epsilon=8$)

числа. Воспламенение спиртов в условиях КС дизеля возможно с помощью дополнительно установленной свечи зажигания или накаливания. Эффективное воспламенение спиртовых топлив в дизелях достигается при подаче в КС запальной дозы дизельного топлива.

Кроме представленных на рис. 3 способов использования метанола и этанола в дизелях, возможно разложение их с получением синтез-газа (смеси монооксида углерода CO и водорода H) и последующей его подачей в цилиндры двигателя или использование спиртов в качестве энергоносителя для топливных элементов [2].

Исследовательские работы по адаптации дизелей для работы на метаноле и этаноле, проведенные ведущими двигателестроительными фирмами, показали, что особенности процесса их распыления оказывают заметное влияние на экономические и экологические показатели дизеля, работающего на этих топливах. При этом используются различные методы воспламенения низкоцетановых спиртовых топлив. Самовоспламенение спиртовоздушных смесей возможно в дизельных двигателях, отличающихся высоким температурным уровнем рабочего заряда и стенок КС [2, 6, 7]. Для улучшения воспламеняемости метанола

и этанола используются увеличение степени сжатия, повышение давления наддува, установка подогревателей воздуха на впуске и др. Но наиболее распространенными способами воспламенения является воспламенение этих спиртов от запальной дозы дизельного топлива, от свечи зажигания и с использованием присадок к топливу.

Возможна подача метанола и этанола в дизель в виде смеси или эмульсии с дизельным топливом штатной системой топливоподачи. Существенным недостатком перевода двигателя на работу со спиртосодержащими эмульсиями является их нестабильность, которая может привести к полному расслоению эмульсии и разделению ее на две самостоятельные фазы [2]. Для стабилизации метанола-топливных эмульсий в них добавляют высшие спирты (изопропанол, гексанол и др.), используют различные поверхностно активные вещества (эмульгаторы): нефтяной сульфат, эдималь, амикром, сукцинимид. Лучшей смешиваемостью с дизельным топливом обладает этанол. В частности, фирмой «Cummins» (США) разработан шестицилиндровый четырехтактный дизель сельскохозяйственного назначения, работающий на смеси дизельного топлива (88,7%), этанола (10%), эмульгаторов (1,3%) и присадок,

повышающих цетановое число смеси (0,001%) [8]. В качестве топлив для дизелей могут применяться также смеси метанола и этанола с тяжелыми нефтяными топливами, растительными маслами, а также с водой.

Одним из способов использования метанола и этанола в дизелях является их подача во впускной трубопровод дизеля. Такая подача спиртовых топлив реализуется с помощью карбюратора или форсунки, установленной на впуске. В этом случае к параметрам впрыскивания спиртов форсункой предъявляются менее жесткие требования, чем при их подаче непосредственно в цилиндры. Сравнение различных способов подачи спирта на впуск дизеля, проведенное в работе [9], показало, что наилучшие характеристики получены при распределенном впрыскивании (многоточечном) на каждом цикле работы дизеля.

Следует отметить, что использование метанола и этанола, отличающихся высокой испаряемостью, позволяет организовать процесс HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) с равномерным распределением топлива по объему КС, позволяющий получить улучшенные показатели токсичности ОГ [2].

Широкое применение метанола и этанола в качестве моторных топлив

для дизелей сдерживается тем обстоятельством, что по ряду физико-химических свойств они существенно отличаются от дизельных топлив (см. табл. 1 в первой части статьи). Основным недостатком спиртов является их плохая воспламеняемость в цилиндрах дизелей, что требует использования различных мер для их принудительного воспламенения. Этот недостаток усугубляется высокой испаряемостью спиртов и, как следствие, переохлаждением спиртовоздушной смеси. В частности, теплота испарения метанола в 4,4 раза больше теплоты испарения дизельного топлива (соответственно 1115 и 250 кДж/кг) при низкой температуре кипения, что обуславливает чрезмерное охлаждение воздушного заряда при испарении спирта, низких ЦЧ и высоких температурах самовоспламенения спиртов, что в свою очередь приводит к их плохому воспламенению в КС дизеля и повышенной жесткости их сгорания. Поэтому при использовании спиртов в качестве топлива для дизелей необходима реализация мероприятий по улучшению их воспламеняемости в условиях КС: рациональный выбор формы КС, повышение степени сжатия, повышение температурного уровня деталей КС и их теплоизоляция, регулирование угла опережения впрыскивания

топлива, организация рециркуляции ОГ, подогрев воздуха на впуске [2]. Для улучшения самовоспламеняемости в метанол и этанол добавляют легко воспламеняющиеся присадки, например, гексилнитрат и октилнитрат. Для этой же цели используются катализаторы (оксиды металлов NiO, Cr₂O₃, CuO и благородные металлы), снижающие температуру воспламенения спирта и ускоряющих реакцию его горения [2]. Используется и принудительное воспламенение спиртовых топлив свечей зажигания.

Меньшие значения низшей теплоты сгорания в сравнении с дизельным топливом (соответственно 19670 и 42500 кДж/кг) приводят к необходимости корректирования цикловой подачи топлива для сохранения мощностных показателей дизеля. Для предотвращения падения мощности двигателя из-за меньшей весовой подачи спирта (вызванной, в основном, его меньшей плотностью) и его пониженной теплотворной способности требуется увеличение количества подаваемого топлива: метанола – примерно в 2,3 раза, этанола – в 1,7 раза, то есть корректирование топливоподачи.

Таким образом, применение простейших спиртов в дизелях в чистом виде требует конструктивных изменений двигателя. В частности, с целью улучшения воспламенения спиртов используются двухтопливные системы питания, которые наряду с подачей спирта обеспечивают подачу запальной дозы дизельного топлива (рис. 3). Подача же смесей спирта с дизельным топливом с помощью традиционной дизельной топливной аппаратуры затруднена из-за плохой смешиваемости этих двух видов топлива. При этом следует отметить, что этанол смешивается с дизельным топливом ограниченно, то есть получение их стабильных смесей затруднено, а метанол с дизельным топливом их вообще не образует. Получение таких смесей возможно лишь при добавлении в смеси этих спиртов и дизельных топлив различных стабилизаторов.

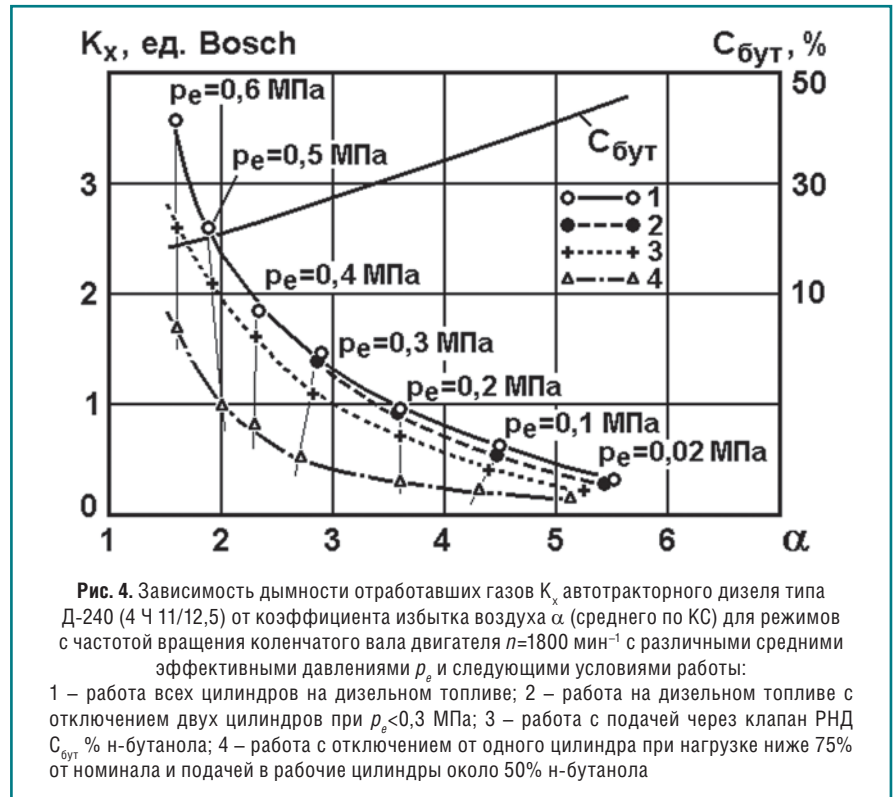


Рис. 3. Способы подачи простейших спиртов в дизелях

Плохие смазывающие свойства и высокая гигроскопичность спиртов приводят к повышенным износам прецизионных пар ТНВД, форсунок и других деталей двигателя [2]. Возникающие проблемы с организацией смазки деталей двигателя вызваны коагуляцией присадок моторного масла при попадании в него спиртовых топлив и значительным ухудшением из-за этого смазывающих свойств моторных масел: нарушается прочность масляной пленки; возможно растворение в спиртовых топливах противозносных и других присадок, содержащихся в моторных маслах; при работе на метаноле отмечается более высокая интенсивность изнашивания, чем на этаноле. Поэтому при выборе масел для дизелей, работающих на метаноле и этаноле, необходимо учитывать возможность попадания спиртов в масляную систему дизеля и образования отложений.

Еще одной проблемой, которую необходимо решить при адаптации дизелей к работе на метаноле и этаноле, является их коррозионное воздействие практически на все металлы (железо, алюминий, медь, никель, хром, молибден, кадмий и др.), особенно на цинковые и магниевые сплавы, а также на пластмассы, тефлоновые, резиновые и лакокрасочные покрытия. Это обусловлено тем, что эти спирты являются кислородсодержащими соединениями, поэтому требуется подбор материалов, совместимых со спиртовыми топливами. Следует отметить и повышенную токсичность спиртов. В частности, токсичность паров метанола в воздухе в три раза превышает токсичность паров бензина той же концентрации. Однако с учетом уменьшения запасов нефти, удорожания нефтепродуктов и возможности использования возобновляемых сырьевых ресурсов при производстве спиртов их следует рассматривать в качестве одного из перспективных энергоносителей.

Следует также отметить высокое давление насыщенных паров метанола и этанола. Поэтому при пода-



че их в цилиндры дизелей штатной топливоподающей аппаратурой для предотвращения образования паровоздушных пробок и обеспечения требуемых параметров топливоподачи необходимо повышать давление подкачки. Кроме того, возможные утечки паров этих спиртовых топлив повышают пожаро- и взрывоопасность.

Указанных недостатков спиртов отчасти лишены высшие спирты (пропанол, бутанол, пентанол и др.). В сравнении с метанолом и этанолом высокомолекулярные спирты имеют большие плотность и вязкость, обладают лучшей самовоспламеняемостью (более высоким цетановым числом, см. табл. 2 и 3 в первой части статьи), лучше смешиваются с дизельным топливом, что позволяет обеспечить нормальную работу дизелей на этих топливах.

Проблемам использования пропанола и изопропанола в качестве топлива для дизелей посвящены работы [10, 11]. Результаты исследований дизелей, работающих на бутаноле, его изомерах (см. табл. 2 в первой части статьи) и их смесях с другими

топливами, приведены в публикациях [4, 10, 11].

В работе [12] предложен способ подачи нормального бутанола в КС дизеля в смеси с дизельным топливом с использованием клапана регулирования начального давления (РНД) в линии высокого давления (ЛВД) системы топливоподачи автотракторного дизеля типа Д-240 (4 Ч 11/12,5). Подача указанного смесового топлива применялась в совокупности с отключением части цилиндров дизеля на режимах с неполной нагрузкой. В качестве средства отключения подачи топлива использован указанный выше клапан РНД, работа которого основана на использовании гидродинамических процессов в ЛВД в сочетании с электромагнитным устройством удержания клапана в открытом состоянии (ток 0,5 А при напряжении 36 В). Таким образом, в зависимости от режима работы двигателя указанное устройство может выполнять функции клапана для ввода н-бутанола в ЛВД (на режимах полных нагрузок данного цилиндра) или топлива из секции ТНВД для отключения данного цилиндра (на режимах пониженных

нагрузок дизеля в целом). Для увеличения производительности системы по подаче н-бутанола нагнетательные клапаны ТНВД были заменены новыми с увеличенными объемами разгрузочных поясков (с 52 до 85 мм³). В этих условиях расход н-бутанола достигал 50% от полной подачи на режимах полных нагрузок.

Экспериментальные исследования дизеля с предложенными средствами подачи н-бутанола и регулирования дизеля отключением цилиндров показали снижение дымности ОГ на 50-60% (рис. 4), уменьшение выбросов оксидов азота NO_x до 20%, сохранение неизменными выбросов монооксида углерода CO и несгоревших углеводородов CH_x на режимах малых нагрузок двигателя. Лишь в области малых нагрузок двигателя (при больших значениях коэффициента избытка воздуха α) возможно некоторое ухудшение эффективности рабочего процесса (в целом эффект повышения топливной экономичности достигается частичным замещением дизельного топлива н-бутанолом).

Оценка экономической эффективности предложенного метода организации рабочего процесса проведена с использованием циклограмм-результатов режимометрирования трактора типа МТЗ-80/82 с дизелем типа Д-240. Расчеты с использованием результатов проведенных испытаний показали, что применение системы подачи н-бутанола через клапан РНД без дополнительных средств регулирования дизеля позволяет заместить до 20% дизельного топлива. Применение метода отключения цилиндров и модернизированной системы топливоподачи обеспечило экономию до 30% дизельного топлива. Повышение экологических качеств двигателя при использовании предложенного метода характеризуется снижением общего выброса сажи с 19 до 8 кг в год на один дизель.

В ряде работ [10, 11] представлены результаты исследований дизелей, работающих на пентаноле, его изомерах и их смесях с дизельным

топливом (см. табл. 2 в первой части статьи). В качестве топлив для дизелей могут быть использованы гексанол, гептанол, октанол, деканол и другие высокомолекулярные спирты [10, 13]. Эти спирты обычно применяются в качестве добавки к основному дизельному топливу или другим видам топлива. Добавки изопропанола, гексанола и других высокомолекулярных спиртов к метанолотопливным и этанолотопливным эмульсиям повышает их стабильность [14, 15].

Проведенный анализ физико-химических свойств различных спирто-

вых топлив и некоторых результатов экспериментальных исследований подтверждает перспективность использования этих топлив для дизелей. Некоторые из этих топлив являются отходами химических, биохимических, микробиологических производств, и их сжигание в дизелях позволяет решить проблему их утилизации. Анализ проблем, возникающих при адаптации дизелей к работе на этих топливах, позволяет более обоснованно подойти к выбору того или иного спирта в качестве моторного топлива и рациональной организации рабочего процесса дизеля.

Литература

1. **Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
2. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В. и др.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие. – М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – 464 с.
3. **Арчаков Ю.А., Вагина Л.К., Васильев А.И. и др. Под ред. С.К. Огородникова.** Справочник нефтехимика. В двух томах. Том 1. – Л.: Химия, 1978. – 496 с.
4. **Popuri S.S.S., Bata R.M.** A Performance Study of Iso-Butanol-, Methanol- and Ethanol-Gasoline Blends Using a Single Cylinder Engine. – SAE Technical Paper Series. – 1993. – № 932953. – P. 41-60.
5. **Sinor J.E., Bailey B.K.** Current and Potential Future Performance of Ethanol Fuels. – SAE Technical Paper Series. – 1993. – № 930376. – P. 83-100.
6. **Adelman H.G.** Alcohols in Diesel Engines – a Review. – SAE Technical Paper Series. – 1979. – № 790956. – P. 1-9.
7. **Alcohols in Diesel Engines: A Review.** – Automotive Engineering. – 1984. – Vol. 92. – № 6. – P. 40-44.
8. **Mendoza M.C., Woon P.V.** E-diesel Effects on Engine Component Temperature and Heat Balance in a Cummins C8.3 Engine. – SAE Technical Paper Series. – 2002. – № 2002-01-2847. – P. 1-7.
9. **Savage L.D., White R.A., Cole S.** Extended Performance of Alcohol Fumigation in Diesel Engines through Different Multipoint Alcohol Injection Timing Cycles. – SAE Technical Paper Series. – 1986, № 861580. – P. 1-11.
10. **Myburgh I.S.** Performance and Durability Testing of a Diesel Engine Fuelled with a Propanol-Plus. – Diesel Blend. – SAE Technical Paper Series. – 1986, № 861583. – P. 1-11.
11. **Yoshimoto Y., Onodera M.** Performance of a Diesel Engine Fueled by Rapeseed Oil Blended with Oxygenated Organic Compounds. – SAE Technical Paper Series. – 2002, № 2002-01-2854. – P. 1-9.
12. **Патрахальцев Н.Н., Сааде Ю.Ж.** Использование отходов биохимических, химических, микробиологических производств в качестве альтернативных топлив для дизелей. – Двигателестроение. – 1995, № 1. – С. 68-70.
13. **Moriya S., Yaginuma F., Watanabe H. et al.** Utilization of Ethanol and Gas Oil Blended Fuels for Diesel Engine (Addition of Decanol and Isoamyl Ether). – SAE Technical Paper Series. – 1999, № 1999-01-2518. – P. 1-4.
14. **Johnson R.T., Stoffer J.O.** Single Cylinder Engine Evaluations of Stabilized Diesel Fuels Containing Alcohols. – SAE Technical Paper Series. – 1983, № 830559. – P. 105-121.
15. **Smith E.J., Jordan D.R.** The Use of Surfactants in Preventing Phase Separation of Alcohol Petroleum Fuel Mixtures. – SAE Technical Paper Series. – 1983, № 830385. – P. 37-41.

Методика расчета норм эксплуатационных расходов на производство КПГ

Н.А. Лапушкин,

начальник лаборатории ТО АГНКС

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,

Л.А. Гнедова,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

В.Б. Перетряхина,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

К.А. Гриценко,

научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

В статье изложены методические указания по нормированию эксплуатационных расходов на производство компримированного природного газа (КПГ) на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) всех типов, оборудованных поршневыми компрессорными установками. Приведены примеры расчета суммарного расхода газа на собственные нужды и технологические потери.

Ключевые слова: расчет, расход, адсорбент, масло, охлаждающая жидкость, технологические потери, удельный расход электроэнергии, загрузка.

Method aimed at calculation of standard operating costs for CNG production

N.A. Lapushkin, L.A. Gnedova,

V.B. Peretryakhina, K.A. Gritsenko

The article covers methodical instructions on regulating operating costs for production of compressed natural gas (CNG) at automobile gas filling compressor stations (AGFCS) of all types, equipped with compressor units. The article contains examples of calculating total gas consumption for own needs and process losses.

Keywords: calculation, consumption, adsorbent, oil, cooling fluid, process losses, specific electric power consumption, load.

В целях контроля и совершенствования эксплуатационных показателей работы АГНКС разработана методика расчета норм эксплуатационных расходов на производство КПГ. Она применима для всех типов авто-

мобильных газонаполнительных компрессорных станций, оборудованных поршневыми компрессорными установками.

1. Расчет норм расхода масла

1.1. Смазка цилиндров и сальников поршневых компрессоров производится способом подачи масла под давлением непосредственно на рабочие поверхности.

1.2. Подача масла на поверхность цилиндров и ее регулирование осуществляется лубрикатором золотникового либо клапанного типа, представляющего собой многоплунжерный насос с отдельными насосными элементами, каждый из которых питает только одну точку смазки.

1.3. Расход масла для смазки цилиндров I и II ступени сжатия следует определять, исходя из следующих норм: 0,0025 г на 1 м² смазываемой поверхности для горизонтальных компрессоров и 0,002 г на 1 м² – для вертикальных (М.И. Френкель «Поршневые компрессоры»). Для цилиндров III и IV ступеней сжатия норма расхода масла определяется по графику, приведенному в приложении.

1.3.1. Расчет часового расхода масла для смазки цилиндров, $M_{ц}$, г, вычисляют по формуле

$$M_{ц} = 7200 \cdot q \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot n,$$

где D – диаметр цилиндра, м; S – ход поршня, м; n – частота вращения коленчатого вала насоса, с⁻¹; q – расход масла на 1 м² смазываемой поверхности, г.

1.3.2. Расчет часового расхода масла для смазки сальников, $M_{с}$, г, вычисляют по формуле

$$M_{с} = 7200 \cdot q_{с} \cdot \pi \cdot d \cdot S \cdot n,$$

где d – диаметр штока, м; $q_{с}$ – расход масла на 1 м² смазываемой поверхности штока, г.

Расход масла в сальниках составляет $q_{с} = 0,01-0,03$ г на 1 м² смазываемой поверхности штока, причем большие значения указаны для сальников высокого давления.

1.3.3. Суммарный расход масла на смазку цилиндропоршневой группы, M_{Σ} , г/ч, составляет

$$M_{\Sigma} = M_{ц} + M_{с}.$$

1.3.4. Норму удельного расхода масла на смазку цилиндропоршневой группы стационарной компрессорной установки (СКУ), $q_{м}$, кг/1000 м³, вычисляют по формуле

$$q_{м} = (M_{\Sigma} / V_{к}) \cdot 1000,$$

где $V_{к}$ – производительность компрессора, м³/ч.

Потери масла в системе циркуляционной смазки механизма движения составляют в месяц от 5 до 20% минутной производительности маслососа.

2. Расчет норм расхода

охлаждающей жидкости (антифриз, тосол)

2.1. Межступенчатое и конечное охлаждение газа на компрессорных установках, а также охлаждение газа регенерации осуществляется антифризом (тосолом) в системе замкнутого цикла.

2.2. Удельный расход охлаждающей жидкости, q_a , л/1000 м³, вычисляются по формуле

$$q_a = (V_a / Q \cdot C) \cdot 1000 \cdot K_3,$$

где V_a – объем охлаждающей жидкости в системе охлаждения, л; Q – количество отпущенного газа на АГНКС, нм³/г.; C – срок отработки охлаждающей жидкости ($C=3$), год;

K_3 – коэффициент загрузки АГНКС, %.

2.3. Коэффициент загрузки АГНКС вычисляются по формуле

$$K_3 = Q / Q_{\text{проект.}}$$

где $Q_{\text{проект.}}$ – проектная производительность АГНКС, нм³/г.

3. Расчет норм расхода адсорбента для осушки газа

Процесс осушки газа происходит в установке осушки, которая состоит из двух адсорберов, один из которых находится в режиме осушки газа, а второй – в режиме регенерации адсорбента.

3.1. Удельный расход адсорбента для осушки КПГ, $q_{\text{ад}}$, кг/1000 нм³, вычисляется по формуле

$$q_{\text{ад}} = (G / Q \cdot C) \cdot 1000 \cdot K_3,$$

где G – масса адсорбента, засыпаемая в адсорбер, кг; Q – количество отпущенного газа на АГНКС, нм³/г.; C – срок отработки, учитывающий снижение влагоемкости осушителя ($C=2$), год; K_3 – коэффициент загрузки АГНКС, %.

4. Расчет норм расхода газа на собственные нужды и технологические потери АГНКС

Для расчета были выполнены:

- анализ технологической схемы и оборудования, а также режима работы АГНКС и эксплуатационной технической документации;

- расчет потерь газа;

- расчет расхода газа на обогрев помещений;

- определение суммарного расхода газа на собственные нужды при различной производительности АГНКС и расчет норматива процента потерь в зависимости от производительности.

4.1. Анализ технологической схемы и оборудования включает:

- расчет объема сосудов (аппаратов) обвязки;

- определение количества линий сброса газа в атмосферу и параметров ступеней компрессора (компрессоров).

4.2. Анализ режима работы АГНКС и эксплуатационной технической документации включает расчет количества: моточасов работы компрессоров; продувок аппаратов; регламентных операций.

4.3. Расчет потерь газа состоит из следующих расчетов: величины утечек газа через сальники штоков компрессоров и через арматуру; уровня сброса из шлангов газоправочных колонок; потерь при продувках оборудования и при регламентных операциях.

4.4. Расчет расхода газа на обогрев помещений производится следующим образом.

Количество газа для отопления АГНКС пропорционально объему находящихся на ней помещений: на АГНКС-500 («Борец») – 3848 м³, АГНКС-500 (Германия) – 4006 м³, АГНКС-250 – 1100 м³, АГНКС-125 – 700 м³.

Расчет расхода газа на отопление помещений АГНКС выполнен с учетом требований СНиП 23-01-99.

4.4.1. Максимальную тепловую мощность на отопление АГНКС, W_T , Вт, вычисляется по формуле

$$W_T = V_n \cdot q_{\text{уд}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.р.}}) \cdot a,$$

где V_n – объем помещений АГНКС, м³; $q_{\text{уд}}$ – удельная тепловая характеристика здания, учитывающая расход теплоты на отопление, Вт/(м³·°C); $t_{\text{вн}}$ – усредненная расчетная температура внутреннего воздуха за отопительный сезон, °C; $t_{\text{н.р.}}$ – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода, °C; a – поправочный коэффициент для промышленных зданий, учитывающий среднюю температуру наиболее холодной пятидневки.

4.4.2. Максимальную тепловую мощность на вентиляцию, W_B , Вт, вычисляется по формуле

$$W_B = W_T \cdot 0,25.$$

4.4.3. Суммарный тепловой поток, Q_T , кДж/ч, на отопление АГНКС вычисляются по формуле

$$Q_T = (W_T + W_B) \cdot 3,6.$$

4.4.4. Часовой расход газа на отопление, P_q , м³/ч, вычисляется по формуле

$$P_q = Q_T / Q_r,$$

где Q_r – объемная теплота сгорания природного газа, кДж/м³ (31800-36000).

4.4.5. Годовой расход газа на отопление АГНКС, P , м³/г., вычисляется по формуле

$$P = P_q \cdot \Pi \cdot T,$$

где Π – продолжительность отопительного периода в зависимости от климатической зоны, сут. (южная зона – 134 дня или 4,5 мес.; средняя зона – 205 дня или 6,8 мес.; северная зона – 281 день или 9,4 мес.); T – 24 ч.

4.5. Определение суммарного расхода газа на собственные нужды при различной производительности АГНКС и расчет норматива процента потерь в зависимости от производительности.

Расчет суммарного расхода газа на собственные нужды и технологические потери, P_n , нм³/г., при различной производительности АГНКС вычисляется по формуле

$$P_n = P_3 \cdot K_3 + P_n + 0,1 \cdot (P_3 \cdot K_3 + P_n) + P,$$

где P_3 – потери газа, зависящие от производительности, нм³/г.; P_n – потери газа, не зависящие от производительности, нм³/г.; P – расход газа на отопление, нм³/г.; K_3 – коэффициент загрузки АГНКС; 0,1 (10%) – неучтенные потери газа.

Пример 1

АГНКС-500 (Германия) в г. Новосибирск имела годовую производительность $Q=682,295$ тыс. нм³/г. при проектной $Q_n=11,6$ млн. нм³/г.

Необходимо определить расход газа на собственные нужды и технологические потери станции.

Расход электроэнергии на вспомогательные нужды АГНКС

Тип АГНКС	500	250	125	75	50	40
Расход электроэнергии на привод вспомогательного оборудования A_0 , тыс. кВт • ч/г. (тыс. кВт • ч/мес.)	162,0 (13,5)	100,0 (8,3)	31,0 (2,6)	11,4 (1,0)	6,8 (0,6)	5,9 (0,5)
Расход электроэнергии на привод насоса в котельной при газовом обогреве, тыс. кВт • ч/мес.	2,9			-	-	-
Расход электроэнергии на отопление A_1 , тыс. кВт • ч/г. (тыс. кВт • ч/мес.):						
Южная климатическая зона	236,1 (52,5)	67,5 (15,0)	43,1 (9,6)	7,2 (1,6)	2,6 (0,6)	2,6 (0,6)
Средняя климатическая зона	427,5 (62,9)	122,0 (17,9)	77,7 (11,4)	13,0 (1,9)	4,8 (0,7)	4,8 (0,7)
Северная климатическая зона	611,7 (65,1)	174,7 (18,6)	111,3 (11,8)	18,6 (2,0)	6,8 (0,7)	6,8 (0,7)

1. Загрузка станции составляет $K_3 = (Q / Q_n) \cdot 100\% = (682295 / 11600000) \cdot 100\% = 5,9\%$.

2. По табл. 4 СТО (стандарт организации) Газпром определяется расход газа на технологические нужды: потери газа, зависящие от производительности станции, $P_3 = 35880 \text{ м}^3/\text{г}$. С учетом загрузки станции потери газа, зависящие от производительности, составят

$$P_3 = (35880 \cdot 5,9) / 100\% = 2116,9 \text{ м}^3/\text{г}.$$

Потери газа, не зависящие от производительности, составят

$$P_n = 8500 + 22900 = 31400 \text{ м}^3/\text{г}.$$

3. Для отопления АГНКС используются котлы «Дон-20» с расходом газа $P_4 = 2,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Длительность отопительного периода составила $\Pi = 242 \text{ дн.}$ при работе двух котлов ($n = 2$).

Расход газа на отопление определяется по формуле 6.12 СТО

$$P = P_4 \cdot \Pi \cdot n \cdot 24 = 2,5 \cdot 242 \cdot 2 \cdot 24 = 29040 \text{ м}^3/\text{г}.$$

4. Суммарный расход газа на собственные нужды и технологические потери при производстве КПГ для данной станции составит:

$$P_n = 2116,9 + 31400 + 0,1 \cdot (2116,9 + 31400) + 29040 = 33516,9 + 3351,7 + 29040 = 65908,6 \text{ м}^3/\text{г}.$$

При отсутствии на АГНКС счетчика газа, поступающего на отопление станции, расход газа определяется по табл. 5 СТО в зависимости от типа станции и климатической зоны.

Пример 2

АГНКС-500 («Борец») в г. Армавир имела годовую производительность $Q=841 \text{ тыс. м}^3/\text{г}$. при проектной производительности $Q_{np}=12,8 \text{ млн. м}^3/\text{г}$. Необходимо определить расход газа на собственные нужды и технологические потери станции.

1. Загрузка станции составляет

$$K_3 = (Q / Q_{np}) \cdot 100\% = (841000 / 12800000) \cdot 100\% = 6,6\%.$$

2. По табл. 4 СТО определяем потери газа, зависящие от производительности станции, $P_3 = 36890 \text{ м}^3/\text{г}$, и

потери газа, не зависящие от производительности, $P_n = 9900 + 42100 = 52000 \text{ м}^3/\text{г}$.

3. По табл. 5 СТО определяется расход газа на отопление для южной климатической зоны $P = 29513 \text{ м}^3/\text{г}$.

4. Суммарный расход газа на собственные нужды и технологические потери при производстве КПГ для данной станции составит:

$$P_n = P_3 \cdot K_3 + P_n + 0,1 \cdot (P_3 \cdot K_3 + P_n) + P = 36890 \cdot 0,066 + 52000 + 0,1 \cdot (36890 \cdot 0,066 + 52000) + 29513 = 2435 + 52000 + 5444 + 29513 = 89392 \text{ м}^3/\text{г}.$$

5. Расчет норм удельного расхода электроэнергии на АГНКС

5.1. Суммарную, потребляемую АГНКС, электроэнергию за определенный период (месяц, квартал, год), W , кВт•ч/1000 м³, вычисляют по формуле

$$W = W_T \cdot Q + A,$$

где W_T – удельный расход электроэнергии на технологические нужды, кВт•ч/1000 м³; Q – коммерческая производительность АГНКС, м³; A – электроэнергия, потребляемая на вспомогательные нужды, кВт•ч.

Удельный расход электроэнергии непосредственно на компримирование газа, W_r , принят равным 250 кВт•ч / 1000 м³, что достаточно при существующих входных давлениях на АГНКС. Этот показатель не зависит от загрузки станции.

5.2. Величина затрат электроэнергии на вспомогательные нужды, A , кВт•ч, вычисляется по формуле

$$A = A_0 + A_1,$$

где A_0 – постоянная составляющая потребления электроэнергии на вспомогательные нужды (освещение, вентиляция, катодная защита), зависящая только от типа АГНКС, кВт•ч, (см. таблицу выше); A_1 – составляющая затрат электроэнергии, зависящая от системы отопления (отсутствует до начала отопительного сезона), кВт•ч, (см. таблицу).

5.3. Полный удельный расход электроэнергии на АГНКС, УРЭ, кВт•ч/1000 м³, вычисляют по формуле

$$\text{УРЭ} = W / Q.$$

О нормировании эксплуатационных затрат на АГНКС

С.В. Люгай,

заместитель начальника Центра «Использование газа»
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

В.Б. Перетряхина,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

Л.А. Гнедова,

старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

К.А. Гриценко,

научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

В статье изложены подходы к оценке эксплуатационных расходов на производство компримированного природного газа (КПГ) на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) всех типов с учетом сложившейся практики эксплуатации АГНКС и их технического состояния. Представлена структура расхода газа на собственные нужды и технологические потери на АГНКС.

Ключевые слова: автомобильная газонаполнительная компрессорная станция, компримированный природный газ, эксплуатационные расходы, компрессор, эффективность.

On regulating operating costs at AGFCS

S.V. Lyugay, V.B. Peretryakhina, L.A. Gnedova, K.A. Gritsenko

The article covers the approach to the evaluation of operating costs for the production of compressed natural gas (CNG) at automobile gas filling compressor stations (AGFCS) of all types taking into account the established practice of AGFCS operation and their technical state. The article describes the structure of gas consumption for own needs and process losses at AGFCS.

Keywords: automobile gas filling compressor station, compressed natural gas, operating costs, compressor, efficiency.

В России, как и во всем мире, проводятся крупномасштабные мероприятия по улучшению структуры топливно-энергетического баланса страны за счет снижения в нем доли нефтепродуктов, как топлива, и замены их газом.

Важнейшее значение в этом направлении придается переводу на природный газ двигателей внутреннего сгорания автомобильного транспорта, что позволяет одновременно решать следующие задачи:

- снижение вредного воздействия отработавших газов на окружающую среду;

- сдерживание роста тарифов на транспортные перевозки;

- высвобождение традиционных видов моторного топлива для использования в тех областях, где им нет альтернативы.

Решение этих задач становится все более актуальным, так как транспортный сектор в мировой экономике относится к числу наиболее динамично развивающихся.

Ожидается, что в ближайшее десятилетие ежегодный спрос на энергоносители для транспорта будет возрастать на 2,5%. Сегодня транспортный сектор почти на 99% зависит от нефти. Если эта зависимость сохранится, то объемы выбросов двуокси углерода (CO_2) вырастут к 2020 г. не менее чем на 70%. Переход в этих условиях к более чистым с экологической точки зрения видам топлива на транспорте, прежде всего к природному газу, является особенно актуальным.

Снабжение природным газом автотранспорта ведется ОАО «Газпром» и его структурными подразделениями через созданную в стране сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций. В отличие от АЗС, заправляющих автомобили традиционными моторными топливами, и АГЗС, заправляющих автомобили сжиженным углеводородным газом (СУГ), которые лишь реализуют различные виды моторного топлива, АГНКС являются объектами, на которых из сырьевого природного газа, поступающего по газопроводу, производится моторное топливо – компримированный природный газ (КПГ), качество которого определяет ГОСТ 27577–2000.

Основу российской сети АГНКС составляют станции большой производительности АГНКС-500 и АГНКС-250, рассчитанные соответственно на 500 и 250 заправок в сутки.

Эффективность эксплуатации АГНКС характеризуется следующими основными технико-экономическими показателями:

- наработкой стационарной компрессорной установки (СКУ) за отчетный период времени (месяц, полугодие, год), ч;

- средней производительностью СКУ за отчетный период времени, $\text{м}^3/\text{ч}$;

- удельным расходом электроэнергии за отчетный период времени, $\text{кВтч}/\text{м}^3$;

- удельным расходом масла, $\text{кг}/\text{м}^3$;

- объемом реализации КПГ за отчетный период времени, тыс. м^3 ;

- отношением реализации КПГ за отчетный период к предыдущему отчетному периоду, %;

- загрузкой АГНКС от проектной производительности, %.

Основным условием улучшения технико-экономических показателей работы АГНКС, наряду с совершенствованием технологических процессов и оборудования станции, является снижение затрат на производство КПГ. Для этого имеются следующие возможности:

- увеличение наработки компрессорных установок за счет повышения качества технического обслуживания и ремонтов, оптимизация алгоритма работы СКУ;

- сокращение удельных расходов масла путем перевода СКУ на поршневые кольца из фторопластовых материалов;

- сокращение расхода электроэнергии и потерь газа.

В целях контроля и стимулирования совершенствования эксплуатационных показателей работы АГНКС разработан СТО (стандарт организации) Газпром «Нормы эксплуатационных расходов на производство компримированного природного газа», в котором, помимо нормативных показателей, представлена методика их расчета. Предлагаемые нормы эксплуатационных расходов учитывают сложившуюся практику эксплуатации АГНКС и их техническое состояние.

Нормируемыми показателями являются:

- материалы (масло, кг/1000 м³; охлаждающая жидкость, л/1000 м³; адсорбент, кг/1000 м³);

- газ на собственные нужды и технологические потери (расход газа на собственные нужды при газовом отоплении АГНКС, м³/г.; технологические потери газа при производстве КПГ, % от объема реализованного газа);

- удельный расход электроэнергии, кВтч/м³.

Налаживание четкого учета основных затрат, относимых именно к АГНКС, в соответствии с нормами даст более реальную картину деятельности сети АГНКС, что позволит точнее

определять возможные резервы снижения эксплуатационных расходов и планировать энергосберегающие мероприятия.

Одной из существенных статей эксплуатационных расходов на АГНКС является расход электроэнергии.

Сравнительный анализ статистической отчетности дочерних обществ ОАО «Газпром», эксплуатирующих АГНКС, показал, что на отдельных станциях при примерно равном объеме произведенного КПГ расход электроэнергии существенно различается, а на станциях с низкой нагрузкой этот показатель неоправданно завышен.

Завышенные расходы электроэнергии могут быть по следующим причинам:

- понижение входного давления, что значительно влияет на энергоемкость производства КПГ;

- энергетически не сбалансированы алгоритмы работы технологического оборудования, неоптимальны с точки зрения энергозатрат;

- потери тепла в технологических помещениях из-за несоответствующей теплоизоляции.

Суммарное потребление электроэнергии на АГНКС характеризуется двумя параметрами: удельным расходом электроэнергии на технологические нужды (непосредственно на компримирование газа) и расходом электроэнергии на вспомогательные нужды станции. Эти параметры в полной мере характеризуют энергетическую эффективность АГНКС.

Одним из эксплуатационных показателей, характеризующих работу компрессорных установок АГНКС, является расход масла.

Проведенный анализ статистической отчетности дочерних обществ ОАО «Газпром», эксплуатирующих АГНКС, показал, что в отрасли на сегодняшний день практически отсутствуют единые нормы расхода масел для различных типов компрессоров, эксплуатирующихся на АГНКС.

Указанные заводами (фирмами-изготовителями) в технических условиях и инструкциях по эксплуатации

ориентировочные нормы не всегда выдерживаются, а зарубежные марки масел повсеместно заменены на отечественные, что, как правило, требует пересмотра ранее предусмотренных норм.

На многих действующих АГНКС проведена модернизация поршневой группы компрессоров, бронзовые и чугунные маслосъемные и компрессионные кольца заменены кольцами, изготовленными из полимерно-графитовых материалов (капролона, флубона, графитофторопласта), различных модификаций и технологий производства. В одних условиях, в зависимости от применяемого материала, удельный расход масла на смазку цилиндров и сальников был уменьшен, в других (если кольца изготовлены из самосмазывающихся антифрикционных материалов) – смазка цилиндров вообще не производится.

Создание компрессоров без смазки цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и сальников штоков обычно представляется, как достижение. Однако применительно к производству КПГ ситуация не так однозначна.

Компрессоры без смазки характеризуются, по меньшей мере, следующими недостатками:

- более высокой сложностью конструкции и соответственно стоимостью;

- повышенным удельным расходом энергии на сжатие;

- меньшим, чем со смазкой, сроком службы ЦПГ;

- более высокой стоимостью запасных или ремонтных комплектов для ЦПГ и сальников штоков;

- меньшей средней скоростью поршня и, как следствие, невысокой частотой вращения коленчатого вала двигателя.

К преимуществам компрессоров без смазки относятся:

- отсутствие расхода масла в ЦПГ;

- отсутствие насоса-лубликатора;

- увеличение срока службы адсорбента в блоках осушки, установленных на нагнетании (отсутствует замасливание адсорбента).

Примером служат испытания компрессоров без смазки в составе АГНКС-125/250 (производства завода «Киров-Энергомаш») в г. Касимов Рязанской области, которые выявили увеличение суммарного удельного расхода электроэнергии на производство КПГ, как минимум, на 20%.

Модернизация поршневой группы компрессоров подтверждает необходимость дифференциации норм расхода масел для соответствующих типов компрессоров на АГНКС различной производительности.

Все это, с учетом применения для отдельных типов компрессоров различных марок масел для смазки механизма движения и цилиндропоршневой группы, убеждает в целесообразности строгого разделения норм расхода масел даже применительно к одному типу компрессора – норма для смазки механизма движения и отдельно норма для цилиндров и сальников.

На практике в настоящее время чаще всего оперируют суммарным расходом масла (даже в случае применения различных марок масел) на компрессорную установку, что не дает реальной картины использования масла по назначению, а в отдельных случаях при расчете приводит к завышению потребности масла.

Таким образом, с учетом анализа статистической отчетности дочерних обществ ОАО «Газпром», эксплуатирующих АГНКС, был выполнен расчет индивидуальных технических норм эксплуатационного расхода смазочных масел для стационарных компрессорных установок различных модификаций как отечественного, так и зарубежного производства.

Одной из задач на пути совершенствования эксплуатации АГНКС является сокращение расхода на технологические потери и собственные нужды. Точное определение расхода газа на технологические операции, по-видимому, невозможно как из-за сложности сопутствующих выполнению операций термодинамических процессов (критическое течение, сжимаемость, течение через микронеплотности и др.), так и из-за

неопределенности технологических параметров, таких как, например, периодичность и продолжительность продувки аппаратов, давление в аппаратах, производительность компрессоров и др.

Для практики представляет интерес выявление наиболее крупных источников потерь и нормирование величины этих потерь.

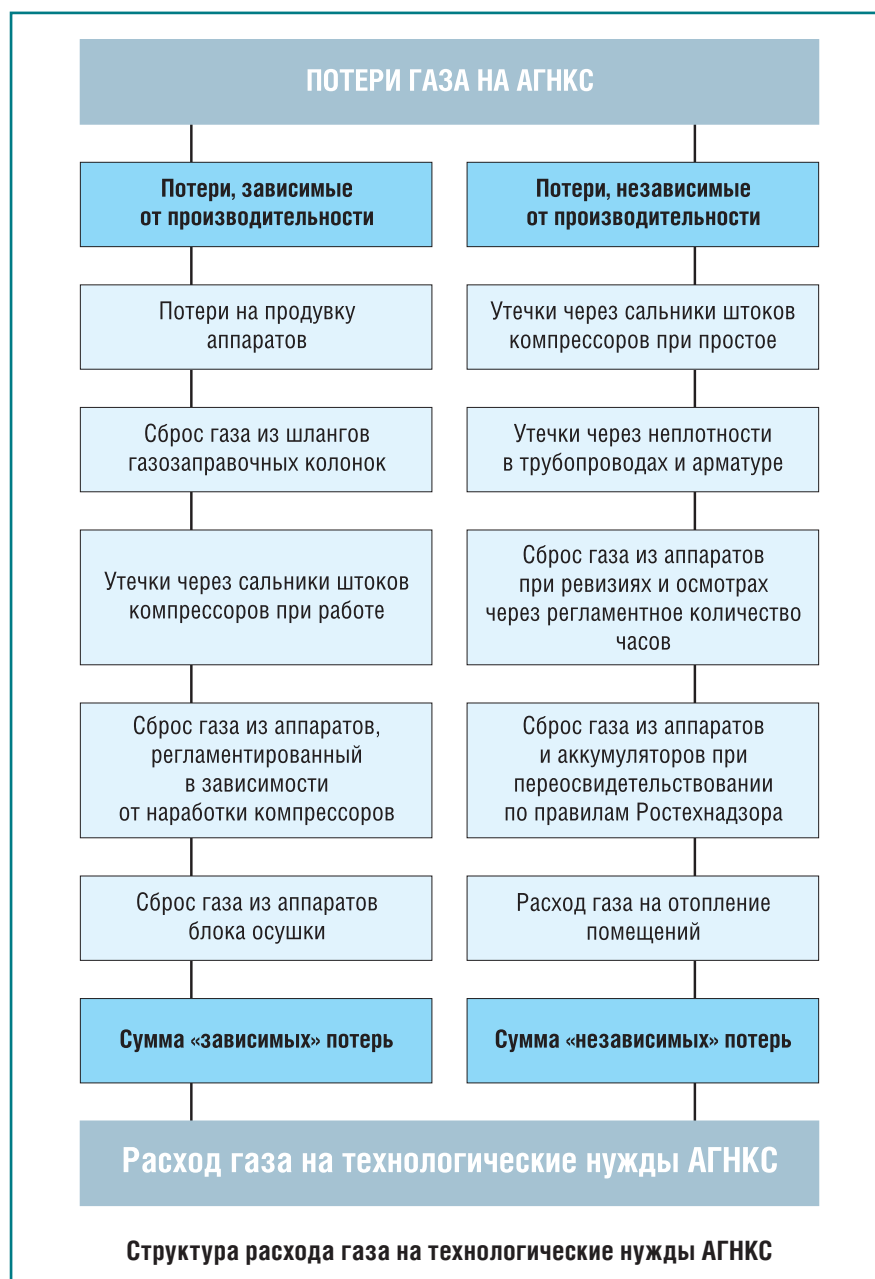
Структура расхода газа на технологические нужды на АГНКС представлена на рисунке ниже.

Анализ характера операций, связанных с безвозвратными потерями газа, позволяет выделить ряд характерных операций, «зависимых» и «не-

зависимых» от производительности АГНКС.

К безвозвратным потерям относятся:

- периодическая продувка газосепаратора, конденсатосборников, аккумуляторов газа, влагомаслоотделителей блока осушки;
- потери газа при заправке автомобилей (сброс газа «на свечу» из заправочных шлангов) и в виде утечек через сальниковые уплотнения компрессора как на работающем, так и на резервном компрессоре;
- сброс газа из участков газопроводов, аппаратов и устройств перед проведением ревизий и ремонтов;



Расчетная тепловая мощность для обогрева АГНКС

Тип АГНКС	Максимальная тепловая мощность для различных климатических зон, кДж/ч		
	южная зона, 134 дня (4,5 мес.)	средняя зона, 205 дней (6,8 мес.)	северная зона, 281 день (9,4 мес.)
АГНКС-500 («Борец»)	330374	391044	407910
АГНКС-500 (Германия)	343940	407102	424750
АГНКС-250 (МНПО им. Фрунзе, г. Сумы); АГНКС-250 (Германия)	94442	111784	116633
АГНКС-125	60099	71136	74220
АГНКС-75	10044	11889	12407
АГНКС-50,40	3690	4370	4559

■ предпусковая продувка газопроводов, аппаратов и устройств после проведения плановых ревизий и ремонтов;

■ сброс газа из установки осушки при отключении блока осушки газа;

■ потери газа при остановке компрессоров.

Кроме перечисленных потерь, следует учитывать утечки через затворы арматуры, в том числе предохранительных клапанов, а также через неплотности в разъемных соединениях трубопроводов и аппаратов.

Количество газа для отопления АГНКС пропорционально объему помещений станций. Необходимая для обогрева АГНКС максимальная тепловая мощность рассчитывается с учетом продолжительности отопительного периода для различных климатических зон (см. таблицу). Для расчета выделены три климатические зоны, характеризующиеся различной продолжительностью отопительного периода:

■ южная зона – 134 дня (4,5 мес.);

■ средняя зона – 205 дней (6,8 мес.);

■ северная зона – 281 день (9,4 мес.).

Оценка расхода газа на отопление АГНКС показала, что газовое отопление станций при малых нагрузках резко изменяет величину расхода газа на собственные нужды. При загрузке на уровне 2% на АГНКС-500 расход газа на отопление в холодные месяцы может составить около 65% от производительности, а на АГНКС-250 – до 60%. При загрузке на уровне 5% на АГНКС-500 и АГНКС-250 соответственно 26 и

29%. При загрузке на уровне 10% (100 тыс. $\text{нм}^3/\text{мес.}$ для АГНКС-500 и 50 тыс. $\text{нм}^3/\text{мес.}$ для АГНКС-250) на АГНКС-500 и АГНКС-250 соответственно 13 и 12%. Только при производительности выше 200-300 тыс. $\text{нм}^3/\text{мес.}$ расход газа на отопление находится на уровне 4-6% от производительности. Поэтому при нормировании расход газа на цели отопления должен учитываться отдельной статьёй.

По результатам оценки величины технологических потерь газа на АГНКС сделаны следующие выводы:

1. Суммарные потери на продувку аппаратов (40-55% от общих) и потери на утечку (35-50% от общих) приблизительно одинаковы по величине и вносят основной вклад в общую величину потерь.

2. Среди потерь на продувку наиболее велика доля потерь на продувку шлангов газозаправочных колонок, составляющая 30-40% от потерь на продувку и 17-20% от общих технологических потерь.

3. 85-90% потерь на утечки представляют собой утечки через сальники штоков компрессоров. В общих технологических потерях их доля составляет 30-50%.

4. Потери газа при регламентных операциях контроля и ремонта оборудования составляют 6-13% от общих технологических потерь.

5. Расчетный расход газа на технологические потери составляет 0,65-0,78% от паспортной производительности АГНКС, а расход газа с учетом газового обогрева 1,19-0,92% от паспортной производительности.

Для обеспечения безаварийной эксплуатации СКУ на АГНКС предусмотрена система охлаждения, включающая насосы, воздушные холодильники, емкости, работающие в замкнутом контуре охлаждения.

Межступенчатое и конечное охлаждение газа на компрессорных установках, а также охлаждение газа регенерации производится антифризом в системе замкнутого цикла. Для охлаждения на АГНКС может быть применен антифриз следующего состава: раствор – 65% диэтиленгликоля + вода; раствор – 45% этиленгликоля + вода; раствор – вода + гликоль; антифриз марки 40, а также тосол марки А-40М и др. Срок отработки охлаждающей жидкости составляет три года.

Для обеспечения качества газа, как моторного топлива для автотранспорта, по ГОСТ 27577–2000 он подлежит осушке до 0,009 г/м³. В целях обеспечения требований ГОСТа по влаге и с учетом режима эксплуатации АГНКС для осушки с переменной подачей газа был выбран адсорбционный процесс. В стандарте представлены нормы расхода охлаждающей жидкости и адсорбента и методика их расчета с учетом загрузки АГНКС.

В процессе апробации СТО Газпром на АГНКС дочерних обществ ОАО «Газпром» возникла необходимость корректировки методики расчета расхода газа на собственные нужды и технологические потери. В связи с этим в настоящее время проводится процедура внесения изменений в СТО Газпром «Нормы эксплуатационных расходов на производство КПГ».



Коммунальная техника «КамАЗ» с газовым двигателем для чистого города

KAMAZ Communal vehicles with CNG Engines for Clean Cities

Вопрос снижения финансовых затрат на приобретение моторного топлива является для любого предприятия едва ли ни одной из основных задач. Для предприятий коммунального хозяйства, помимо решения данной задачи, необходимо также стремиться к уменьшению показателей загрязнения окружающей среды не в ущерб качеству предоставляемых услуг.



Рис. 1. Вакуумная машина КО-505А

ханизированного заполнения, транспортирования и выгрузки жидких отходов. Топливная система КО-505А на базе шасси КамАЗ-65115-1861-30 оснащена 8 баллонами, размещенными на раме: слева 4 по 100 л, справа 4 по 80 л. Общий объем баллонов составляет 720 л и вмещает 180 м³ КПГ при давлении 200 атм. Таким образом, запас хода составляет 380 км без дозаправки. Данная модель коммунальной техники участвовала в автопробеге «Голубой коридор – 2009» (рис. 3). Во время автопробега автомобиль проявил себя с лучшей стороны. Также, автомобиль являлся одним из наиболее интересующих экспонатов выставки «GasSUF – 2009».

Особенностью мусоровозной машины КО-440В на базе шасси КамАЗ 65115-1861 с серийным га-



Рис. 3. Участник автопробега «Голубой коридор – 2009» вакуумная машина КО-505А на стоянке

зовым двигателем КамАЗ-820.60-260 является возможность задней загрузки. Основным преимуществом мусоровоза с задней загрузкой являются простота в эксплуатации, экологическая чистота, надежная работа оборудования.

Мусоровозная машина оснащена 13 баллонами по 80 л каждый.

Внедрение и эксплуатация автомобильной техники «КамАЗ» с газовыми двигателями способствуют снижению стоимости проводимых работ с одновременным сохранением их высокого качества.

В рамках проводимой политики продвижения автомобильной техники «КамАЗ» с газовыми двигателями, работающими на компримированном природном газе (КПГ), руководством компании и специалистами ОАО «КамАЗ» было принято решение о создании техники, удовлетворяющей потребности муниципальных коммунальных хозяйств субъектов РФ. Таким образом, были сконструированы и произведены следующие автомо-

били: вакуумная машина КО-505А на базе шасси КамАЗ 65115-1861 с газовым двигателем 820.60-260 (рис. 1) и мусоровозная машина КО-440В на том же шасси (рис. 2).

Вакуумная машина КО-505А предназначена для вакуумной очистки выгребных ям путем ме-



Рис. 2. Мусоровоз КО-440В

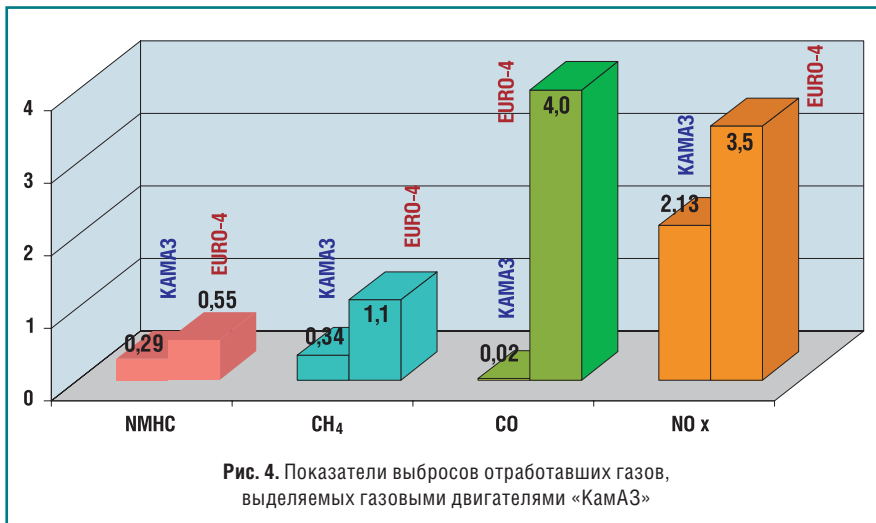


Рис. 4. Показатели выбросов отработавших газов, выделяемых газовыми двигателями «КамАЗ»

Общий объем баллонов составляет 1040 л и вмещает 260 м³ КПГ, которого хватает на 520 км. Автомобиль по праву можно назвать лучшим решением вопроса эксплуатации мусоровозной техники в городских условиях. Выхлопы газового двигателя практически безвредны для окружающей среды. Относительно низкий уровень шума также является немаловажным показателем. Количество токсичных выбросов, выделяемых газовыми двигателями КамАЗ, значительно меньше нормативных значений «Евро-4» (рис. 4).

Таким образом, основными конкурентными преимуществами коммунальной техники с газовыми двигателями, работающими на КПГ, являются:

- соответствие экологическим нормам «Евро-4» позволяет уменьшить количество вредных выбросов в пять раз, что особенно актуально в крупных городах;

- использование КПГ в качестве моторного топлива обеспечивает экономию эксплуатационных издержек в два раза в сравнении с аналогичной дизельной техникой.

В планах завода «КамАЗ» и его стратегического партнера по производству и продвижению

газомоторной автотехники ООО «ПаритЭК» – пополнить серийный модельный ряд коммунальных ма-

шин и спецтехники на газобаллонном шасси КамАЗ.

По данным автопредприятий, где сегодня автотранспорт работает на газе, в целом по каждому предприятию расход топлива сократился на 15-25% – за счет «потерь жидкого топлива». По проведенным исследованиям в различных НИИ и лабораториях установлено, что у двигателей, работающих на газомоторном топливе (ГМТ), повышается ресурс работы на 30-35%. При работе двигателей внутреннего сгорания на ГМТ ресурс работы смазочного масла повышается на 40-50%.

По материалам ООО «ПаритЭК»

КОМПЛЕКС УСЛУГ ПО ОФОРМЛЕНИЮ АЗС и АГЗС

- Проектирование
- Производство
- Монтаж
- Гарантийное и постгарантийное обслуживание



г. Пермь, ул. Героев Хасана, 105, корп. 70
Тел: +7 (342) 249-44-26, 249-44-27
www.paritet-stroy.org

Серийное качество
Индивидуальный подход



Паритет
ГРУППА КОМПАНИЙ

Современные технологии передачи данных в системах автоматизированного управления и учета СУГ

В.И. Терешин,

генеральный директор ЗАО «Техносенсор»,

А.С. Совлуков,

зам. генерального директора ЗАО «Техносенсор», профессор, д.т.н.,

К.С. Лоос,

начальник отдела ЗАО «Техносенсор»

В статье рассматриваются технические решения на основе современных технологий передачи данных в системах автоматизированного управления и учета сжиженных углеводородных газов (СУГ), которые позволяют с небольшими затратами обеспечить интеграцию имеющегося на контролируемых объектах оборудования в АСУ верхнего уровня – SCADA-системы и СУБД. Описываются особенности предлагаемого подхода и его преимущества при оснащении разработанным оборудованием АГЗС и газовозов.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ, учет, автоматизированное управление, передача данных.

Advanced technologies for data transfer in LPG automatized control and monitoring systems

Tereshin V.I., Sovlukov A.S., Loos K.S.

Advanced technologies for data transfer in liquefied petroleum gas (LPG) automatized control and monitoring systems are considered. They provide low cost integration of technological equipment in monitored objects with upper-level automatized control systems – SCADA-systems and database control systems. Features of suggested approach and its advantages under installation of designed equipment in automatized gas-filling stations and gas tank-cars are described.

Keywords: liquefied petroleum gas, monitoring, automatized control, data transfer.

Современные технологии автоматизации ориентированы преимущественно на использование SCADA-систем [1], большинство которых предоставляют информацию о процессах в форме отчетов, экранов, архивных данных, сообщений, статистических графиков. Источниками данных являются непосредственно контроллеры или посредники между

SCADA-системами и контроллерами – OPC-серверы и им подобные. Индустриальные базы данных считывают информацию о процессе с этих же устройств и сохраняют их в своих базах. Предоставление архивных данных имеет большое значение, так как ведение процесса на основе анализа трендов (графиков значений) является в большинстве случаев более

удобным, чем только по текущим значениям. Современные SCADA-системы способны сами вести архивацию значений параметров, но их возможности ограничены как по функциональности, так и по объему архивных данных.

Основные принципы работы индустриальных систем управления базами данных (СУБД) схожи с общераспространенными СУБД, такими, как MS SQL и Oracle [2]. Основным отличием является то, что индустриальные СУБД должны быть более быстрыми, так как информацию необходимо предоставлять в реальном режиме, задержки не должны превышать нескольких секунд.

Комплексная автоматизация объектов газового хозяйства (АГЗС, ГНС и других) на основе SCADA-систем имеет свои характерные особенности. В одну систему автоматизации может входить большое количество удаленных объектов, имеющих различное техническое оснащение.

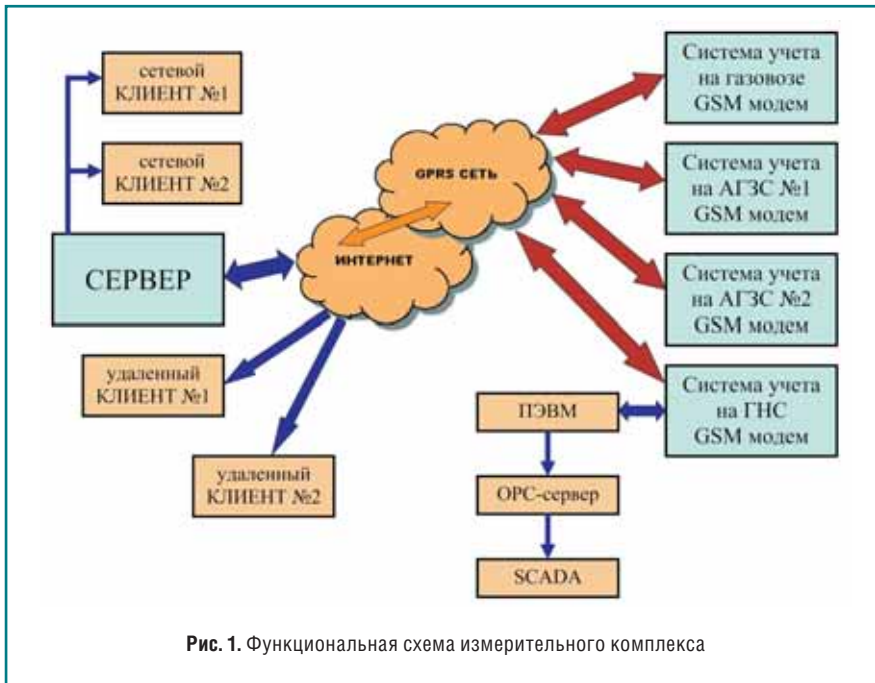
Функциональная схема измерительного комплекса

Измерительный комплекс (рис. 1) состоит из систем учета СУГ, оснащенных GSM-модемами, и сервера. К серверу дополнительно могут быть подключены другие компьютеры – сетевые клиенты (находящиеся в сети предприятия) и удаленные клиенты (компьютер в головном офисе предприятия, мобильный компьютер руководителя для получения оперативной информации, соединение через Интернет). С системы учета СУГ может осуществляться также выдача информации непосредственно в ПЭВМ и через OPC-сервер – в SCADA-систему.

Система учета СУГ

Системы учета СУГ могут быть установлены на подвижных объектах (газовозах) и на удаленных объектах (АГЗС, ГНС).

Каждая система учета СУГ состоит из датчиков, микропроцессорного блока искрозащиты и GSM-модема. Блок искрозащиты выдает информацию по интерфейсу RS-485 в GSM-модем, а также, при необходимости, в ПЭВМ с программой учета или в АРМ



оператора. Через GSM-модем информация поступает на сервер.

Проблемы учета СУГ

Проблемы точного учета массы СУГ подробно изложены в публикациях авторов [3-5], с которыми можно ознакомиться на сайте ЗАО «Техносенсор» [6].

ЗАО «Техносенсор» по заказу НК «Лукойл» разработало методики выполнения измерений (МВИ) массы СУГ [7]. МВИ позволяют для каждого объекта выбрать такой способ измерения массы СУГ, который обладает наименьшей погрешностью

в конкретных условиях проведения измерений.

Для точного определения количества СУГ в резервуаре необходимо иметь достоверную информацию об уровне, плотности жидкости и пара. Плотность жидкости зависит от температуры и состава газа (процентного содержания пропана и бутана). Плотность жидкости может быть определена с помощью плотномера или лабораторным методом с помощью хроматографа.

Плотность пара СУГ зависит от температуры и состава СУГ. На основе данных, приведенных в [8], получены

зависимости давления пара СУГ от состава СУГ при различных температурах (рис. 2): ряд 1 – минус 40°C, ряд 2 – минус 20°C, ряд 3 – 0°C, ряд 4 – +20°C, ряд 5 – +40°C.

Масса кубического метра газообразного пропана составляет 2,019 кг, бутана – 2,703 кг при давлении 1 кг/см². Если рассчитывать массу пара СУГ в резервуаре по величине давления, то будут большие погрешности, потому что плотности пропана и бутана значительно отличаются.

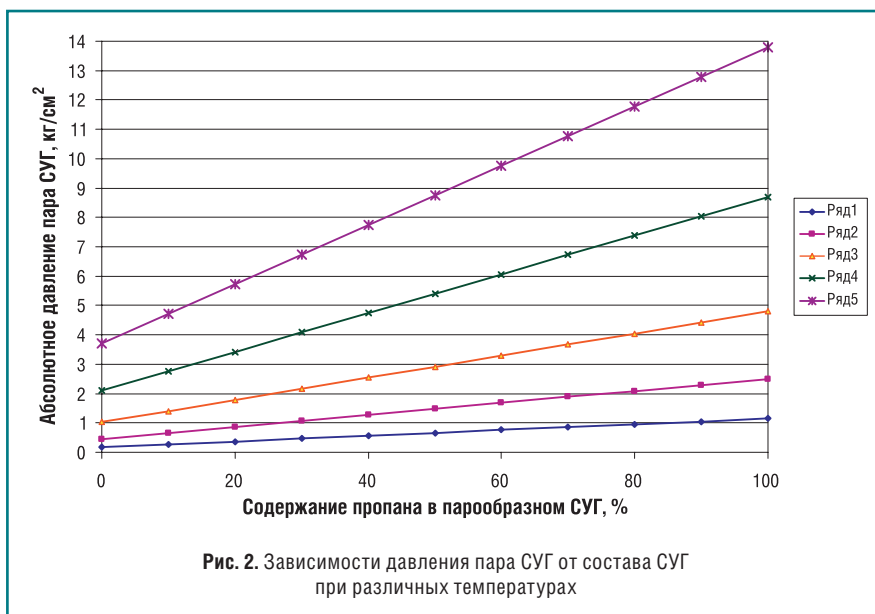
В смеси пропана и бутана состав пара всегда отличается от состава жидкости [8]. На основе данных, приведенных в [8], получены зависимости состава пара СУГ от состава жидкого СУГ при различных температурах (рис. 3): ряд 1 – минус 40°C, ряд 2 – минус 20°C, ряд 3 – 0°C, ряд 4 – +20°C, ряд 5 – +40°C.

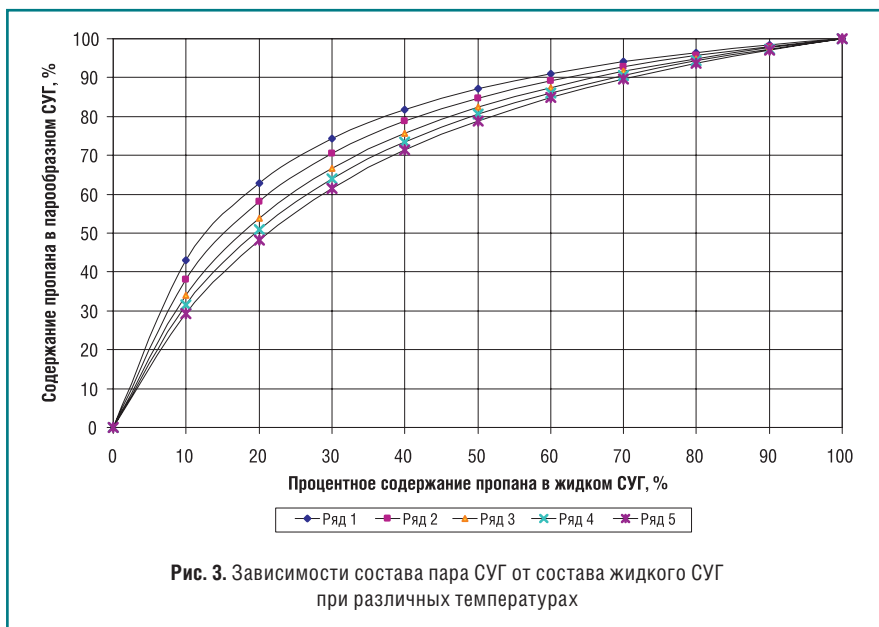
Как видно из графиков на рис. 3, при содержании пропана в жидком СУГ 10%, содержание пропана в паре СУГ составляет 30-40%, а при содержании пропана в жидком СУГ 30%, содержание пропана в паре СУГ составляет 60-75%.

Датчики

ЗАО «Техносенсор» разработало и производит датчики ДЖС-7 (входят в систему измерения СУ-5Д), которые измеряют уровень, плотность жидкости, плотность пара и температуру и позволяют обеспечить учет СУГ в резервуаре с погрешностью не более $\pm 0,5\%$ по массе. В каждом датчике имеется измерительный преобразователь на микроконтроллере ATmega168. Датчики подключаются по четырехпроводной схеме (два провода питания и два провода интерфейса RS-485). На один кабель может быть подключено несколько датчиков по схеме последовательного шлейфа, каждый датчик имеет свой адрес, и опрос производится по адресам. Датчики имеют малое потребление (при напряжении питания +10 В ток при включении не более 4 мА, а в режиме опроса – не более 30 мА).

На рис. 4 показан датчик для вертикальной установки на лючок с проходным отверстием 100 мм (типовой лючок для уровнемера), на рис. 5 показана установка датчиков на





боковой или торцевой лючок на место стрелочного показывающего прибора, на рис. 6 показан датчик для установки на трубопроводе (плотность пара, плотность жидкости или содержание воды в СУГ).

Электронные блоки

Датчики подключаются к блоку искрозащиты ИЗК-3. К одному блоку искрозащиты можно подключить до



Рис. 4. Датчик ДЖС-7 для вертикальной установки



Рис. 5. Боковая установка датчиков ДЖС-7



Рис. 6. Датчик ДЖС-7 для установки на трубопроводе

шести датчиков ДЖС-7. Блок искрозащиты имеет 8 релейных выходов (на оптореле) и два гальванически изолированных интерфейса RS-485 (один – для опроса датчиков, другой – для обмена с ПЭВМ, GSM-модемом и индикатором).

На рис. 7 изображена установка блока искрозащиты с GSM-модемом в кабине газовоза. Антенна GSM-модема крепится с помощью магнита в удобном месте. На рис. 8 изображен блок искрозащиты с открытой крышкой.

На передней панели имеются выключатель питания и разъемы для подключения датчиков, питания и индикатора. Антенна имеет удлинительный кабель длиной 5 м, что позволяет расположить данный блок в удобном месте. Внутри блока находятся контроллер, GSM-модем и вторичный источник питания.

На рис. 9 изображен индикатор, подключенный к блоку искрозащиты по интерфейсу RS-485 и установленный в кабине водителя. На индикатор выдается значение массы (суммарная масса жидкого и газообразного СУГ в резервуаре) в тоннах и объема в кубических метрах. При нажатии кнопки на передней панели происходит переключение режима, выдается уровень и плотность СУГ.

Блоки для установки на газовозе питаются от сети напряжением +24В. Для стационарной установки (на АГЗС или ГНС) используются блоки с

питанием от сети переменного тока 220 В, 50 Гц.

Система может быть укомплектована индикатором во взрывозащищенном исполнении, который устанавливается на улице во взрывоопасной зоне.

GSM-модем

GSM-модем должен обеспечивать следующие функции:

- поддержка протокола Интернета TCP/IP контроллером модема;
- автоматическое соединение с удаленным сервером обработки данных при появлении данных от контролируемого прибора;
- при разрыве связи быстрое восстановление соединения (не более 5 с) и восстановление потерянных данных;



Рис. 7. Блок искрозащиты с GSM-модемом

- возможность программирования настроек модема через Интернет;
- автоматическое подключение к серверу по основному или альтернативному IP-адресам;



Рис. 8. Блок искрозащиты с открытой крышкой

- полностью прозрачный режим без контроля содержимого пакетов;
- режим работы в системном протоколе DPP, который позволяет использовать весь потенциал прибора и интегрировать или создавать



Рис. 9. Индикатор в кабине водителя

приложения на основе имеющихся программных библиотек;

- наличие средств разработки собственного обработчика данных и исходных кодов для упрощения начального процесса программирования;

- высокая надежность и возможность работы при температурах до -40°C .

Программные средства

Серверная часть программного обеспечения комплекса системы учета СУ-5Д является ее основным ядром. Под сервером понимается комплекс программных средств, обеспечивающих взаимодействие с электронными модулями системы СУ-5Д (получение, хранение и обработка информации), также сервер обеспечивает раздачу информации по локальной сети и сети Интернет. Информация выводится на ПЭВМ в мнемоническом, графическом и табличном виде в реальном време-

ни. Имеется возможность просмотра архивов и формирования отчетов.

На рис. 10 показано рабочее окно программы в режиме просмотра архива – графика заполнения и слива резервуара газовева. В 9 ч утра производилось заполнение резервуара газовева на ГНС. В 12 и в 14 ч производились сливы СУГ на АГЗС.

В процессе движения газовева имеется нестабильность показаний, которая связана с перемещением СУГ в резервуаре при движении газовева (уровень изменяется на 50-150 мм). Это позволяет контролировать несанкционированные остановки газовевов.

Показания после первого слива и перед вторым сливом на АГЗС несколько отличаются. Это связано с неровностью площадки, на которой стоит газовоз при сливе. При неровности площадки возникает изменение уровня СУГ в месте установки датчика. Для корректной работы прибора на газовевах площадки для газовевов на АГЗС должны проектироваться в соответствии с требованиями, которые предъявляются к площадкам на бензиновых АЗС.

Электронные модули системы СУ-5Д могут быть подключены к серверу как локально (через интерфейс RS-485), так и удаленно (через сеть Интернет). Связь с удаленными устройствами можно установить двумя способами:

- если ПО сервера поддерживает работу с Интернет-сокетами

(предоставляет точку соединения в сети Интернет), то GSM-модем удаленного устройства может напрямую подключаться к открытому сервером Интернет-сокету;

- если ПО сервера ориентировано на работу с устройствами только через последовательный интерфейс, то в этом случае на сервере необходимо организовать виртуальный COM-порт (аналог физического порта для подключения по интерфейсу RS-232 или RS-485), к которому выполнит подключение GSM-модем удаленного устройства.

Существует много поставщиков программ для организации виртуального COM-порта, имеющего, с одной стороны, открытый Интернет-сокет для удаленного подключения, с другой стороны – обычный после-



Рис. 11. Настройка виртуального COM-порта

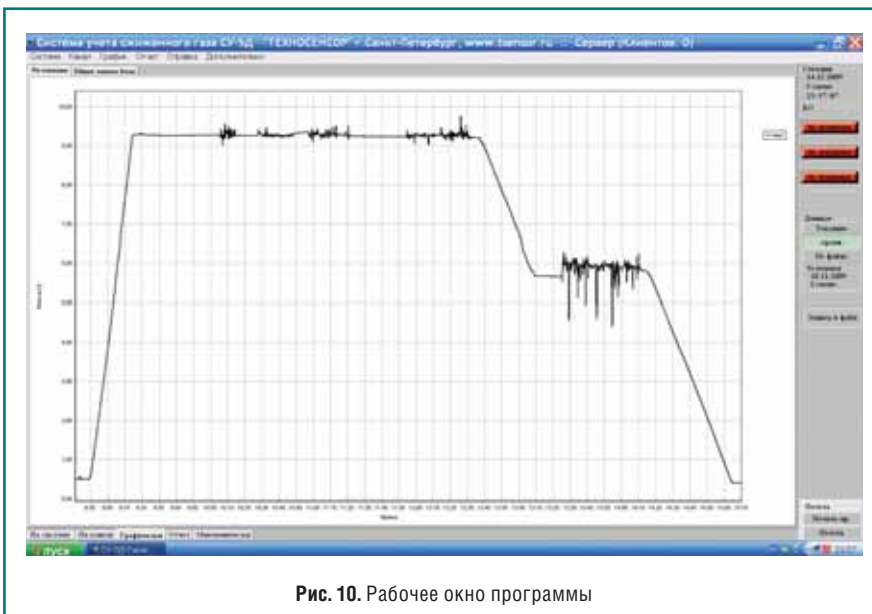


Рис. 10. Рабочее окно программы

довательный интерфейс, понятный для всех без исключения программ, которые работают с последовательными портами. Таким образом, связка «GSM-модем и виртуальный COM-порт» является готовым решением для подключения любого устройства, работающего по последовательному интерфейсу удаленно (без использования кабеля). Такое решение не требует модернизации уже имеющегося ПО. На рис. 11 продемонстрирована настройка виртуального COM-порта с помощью сервисной программы TIBBO VSP MANAGER.

Сервер предоставляет клиентам возможность получать данные в реальном времени. Каждое измерение,

выполненное системой, не останется без внимания сервера независимо от того, подключены к нему клиенты или нет. Это будет происходить до тех пор, пока сервер запущен в работу, и на него поступают данные от измерительных систем.

Клиент подключается к серверу по локальной сети по протоколу TCP/IP с использованием внутренних IP-адресов, а удаленные клиенты используют для подключения внешний IP-адрес сервера.

Сервер должен иметь доступ в Интернет с внешним фиксированным IP-адресом. Это является необходимым условием для обеспечения возможности подключения удаленных клиентов. Большинство провайдеров проводного доступа в Интернет предоставляют своим клиентам возможность иметь внешний фиксированный IP-адрес. Этого нельзя сказать о сотовых операторах, предоставляющих мобильный доступ в Интернет, единицы из них обеспечивают данную услугу.

Клиентская часть программного обеспечения так же, как и серверная, отображает текущие данные в табличном, графическом и мнемоническом виде, ведет архив измерений.

Настройку удаленных систем учета СУ-5Д, оснащенных GSM-модемом, можно производить с помощью программы конфигуратора, установленной на сервере заказчика или на сервере поставщика оборудования. Система СУ-5Д может быть интегрирована в большинство существующих SCADA-систем с помощью OPC-сервера. OPC-протокол является стандартным и поддерживается многими SCADA-системами.

Защита информации

Рабочая программа и настроечные параметры вычислительного блока системы СУ-5Д и модема хранятся в энергонезависимой памяти и не подвержены воздействию вирусов.

Несанкционированное подключение через сеть Интернет к системе СУ-5Д, оснащенной GSM-модемом, практически невозможно, так как модем настроен на работу в роли клиента и в такой конфигурации не имеет открытых Интернет-сокетов для



Рис. 12. Схема обмена данными при выполнении пусконаладочных работ

внешних подключений. Адреса для подключения к серверам (основной и альтернативный) жестко прописаны в его энергонезависимой памяти. Таким образом, риск потери или утечки информации со стороны удаленного вычислительного блока системы СУ-5Д сведен к минимуму. Если несанкционированное подключение все же произойдет, то информация перестанет приходить на сервер, потому что модем не может выдавать информацию в два места сразу.

Для обеспечения целостности и конфиденциальности информации достаточно надежно защитить сервер. Для защиты компьютеров, имеющих доступ в сеть Интернет, обычно используются брандмауэры (Firewall). Они помогают обезопасить данные, находящиеся на дисках компьютера, как от несанкционированного доступа, так и от попыток несанкционированной передачи их в сеть, а также контролируют порты (Интернет-сокеты), предотвращая внешние проникновения. Брандмауэр фильтрует весь входящий и исходящий трафик.

Для надежной защиты ПЭВМ и данных необходимо также использование антивирусного программного обеспечения. Антивирусное ПО блокирует выполнение вирусных кодов, ведет сканирование файлов, находящихся на дисках ПЭВМ, на предмет заражения их вирусами и обеспечивает работоспособность системы в критической ситуации.

Пусконаладочные работы, диагностика и настройка оборудования

Затраты на пусконаладочные работы и техническую поддержку при эксплуатации высокотехнологичного оборудования могут быть весьма значительными. Применение совре-

менных технологий передачи данных позволяет поставщику оборудования производить диагностику, настройку и конфигурацию оборудования непосредственно из своего офиса через Интернет. При этом значительно снижаются как затраты заказчика (не надо оплачивать командировочные расходы), так и затраты поставщика (один специалист может одновременно выполнять настройку и диагностику нескольких измерительных систем, находящихся в разных городах или в разных странах). На рис. 12 показана схема обмена данными при выполнении настроек и пусконаладочных работ. Для настройки система учета СУГ подключается через GSM-модем по альтернативному IP-адресу на сервер поставщика оборудования. Компьютер покупателя подключается к серверу поставщика, как удаленный клиент.

При выполнении пусконаладочных работ на объектах удобно иметь мобильный сервер – портативный компьютер с подключением к Интернету через 3G-модем с фиксированным IP-адресом. Услуга «фиксированный IP-адрес для SIM-карты» предоставляется не всеми операторами сотовой связи и не во всех регионах. Эта услуга работает в роуминге, поэтому, если она не предоставляется в вашем регионе, можно пользоваться SIM-картой того региона, где эта услуга предоставляется.

Предлагаемая многими операторами сотовой связи услуга «реальный IP-адрес» не закрепляет за SIM-картой постоянного IP-адреса, поэтому не может быть использована для мобильного сервера.

Определение местоположения подвижных объектов

Операторы сотовой связи предоставляют услугу по определению

местоположения объектов. При подключенной услуге на сайте оператора сотовой связи можно посмотреть на карте, в районе действия какой базовой станции находятся в данный момент объекты (GSM-модемы). Точность определения местоположения зависит от расположения базовых станций и составляет от нескольких сотен метров в центре города до нескольких километров по области.

В сравнении с широко используемой спутниковой навигацией (GPS-навигацией) недостатком этого метода является низкая точность определения местоположения. Преимущества данного метода: не требуется оснащение объектов GPS-навигаторами и есть возможность отказа от этой услуги, если она не требуется.

Предлагаемые технические решения при оснащении АГЗС и газозов позволяют:

- обеспечить как в офисе предприятия, так и на мобильном ком-

пьютере руководителя получение в реальном времени информации от газозов о слитом СУГ и от АГЗС – о полученном и отпущенном СУГ;

- контролировать несанкционированные сливы СУГ и непредусмотренные остановки газозовов;

- обеспечить автоматизированный сбор информации и выдачу ее в АСУ верхнего уровня;

- контролировать в реальном времени товарные операции в автоматизированном режиме, исключить человеческий фактор.

Литература

1. **Деменков Н.П.** SCADA-системы как инструмент проектирования АСУ ТП: Учебное пособие – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 328 с.

2. **Коннолли Т., Бегг К.** Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. (3-е издание). Пер. с англ. М.; СПб.; К.: изд-во «Вильямс». 2003. – 1440 с.

3. **Терешин В., Совлуков А.** Комплексный подход к организации высокоточного учета СУГ на ГНС и АГЗС. – АГЗК + АТ. 2005, № 5. – С. 10-13.

4. **Совлуков А.С., Терешин В.И.** Радиочастотный метод измерения количественных параметров сжиженных углеводородных газов в резервуарах. – Измерительная техника. 2005, № 10. – С. 68-71.

5. **Совлуков А.С., Терешин В.И.** Измерение количества сжиженного углеводородного газа в резервуаре. – Измерительная техника. 2006, № 2. – С. 40-42.

6. <http://www.tsensor.ru>

7. http://au98.ru/m/188335/metodiki_wypolneniya_izmereniy_massy_sug_razrabotanny.html

8. **Преображенский Н.И.** Сжиженные углеводородные газы. – Л.: изд-во «Недра», 1975. – 279 с.

Сравнительная динамика среднемесячных розничных цен (руб./л) на СУГ и Аи-92 по Москве и области в 2009 г.

Average Monthly LPG and Gasoline-92 Prices in Moscow and Moscow Region in 2009

Согласно мониторингу компании «Верген Ойл Групп» среднемесячный уровень цен на СУГ (пропан-бутан) в Москве в целом с начала 2009 г. повысился на 9,2% или 1,11 руб./л (рис. 1). При этом среднемесячный уровень цен на СУГ по Московской области в целом с начала 2009 г. увеличился на 15,5% или 1,73 руб./л (рис. 2). Для сравнения: среднемесячная стоимость бензина Аи-92 в Москве в целом с начала года увеличилась на 8,4% или 1,73 руб./л, в Московской области – на 8% или 1,63 руб./л.

Можно отметить, что уровень цен на СУГ снижался в течение 6-7 мес. (январь-июль), однако, с начала августа и до конца сентября на розничном рынке газомоторных топлив Москвы и области на фоне значительного увеличения оптовых цен на СУГ и сезонного спроса произошел существенный рост цен (например, только в сентябре цены выросли на 29 и 36% в столице и области соответственно). При этом, достигнув максимальных значений в начале октября, в дальнейшем средний уровень цен на СУГ в Московском регионе показал небольшое снижение.

В течение ноября-декабря 2009 г. на розничном рынке газомоторных топлив, скорее всего, сохранится, плавное падение цен в связи с сезонным сокращением потребления и наметившимся снижением оптовых цен в регионах страны.

Источник:
компания «Верген Ойл Групп»

Москва			Московская область		
Дата мониторинга	Цена на СПБТ	Цена на Аи-92	Дата мониторинга	Цена на СПБТ	Цена на Аи-92
Декабрь 2008	12,04	20,77	Декабрь 2008	11,18	20,48
Январь 2009	10,75	19,47	Январь 2009	9,82	19,10
Февраль 2009	10,10	19,18	Февраль 2009	9,05	18,81
Март 2009	9,92	18,80	Март 2009	8,79	18,31
Апрель 2009	9,84	18,25	Апрель 2009	8,67	17,52
Май 2009	9,73	18,08	Май 2009	8,55	17,15
Июнь 2009	9,50	18,56	Июнь 2009	8,41	17,92
Июль 2009	8,87	20,14	Июль 2009	8,24	19,81
Август 2009	9,69	21,33	Август 2009	9,59	20,96
Сентябрь 2009	12,52	22,13	Сентябрь 2009	13,05	21,77
Октябрь 2009	13,15	22,50	Октябрь 2009	12,91	22,11
Изменение среднемесячных цен за 2009 г.	1,11	1,73	Изменение среднемесячных цен за 2009 г.	1,73	1,63
В процентах	9,19	8,35	В процентах	15,51	7,97

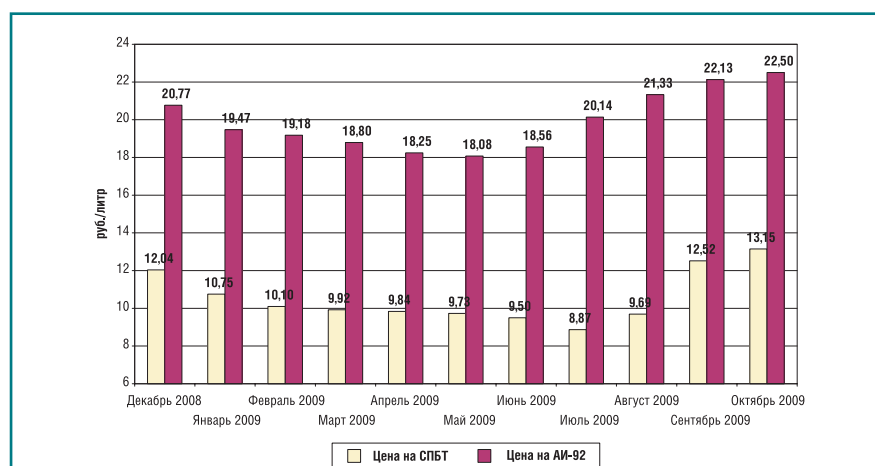


Рис. 1. Сравнительная динамика среднемесячных розничных цен (руб./л) на СУГ и Аи-92 по Москве в 2009 г.

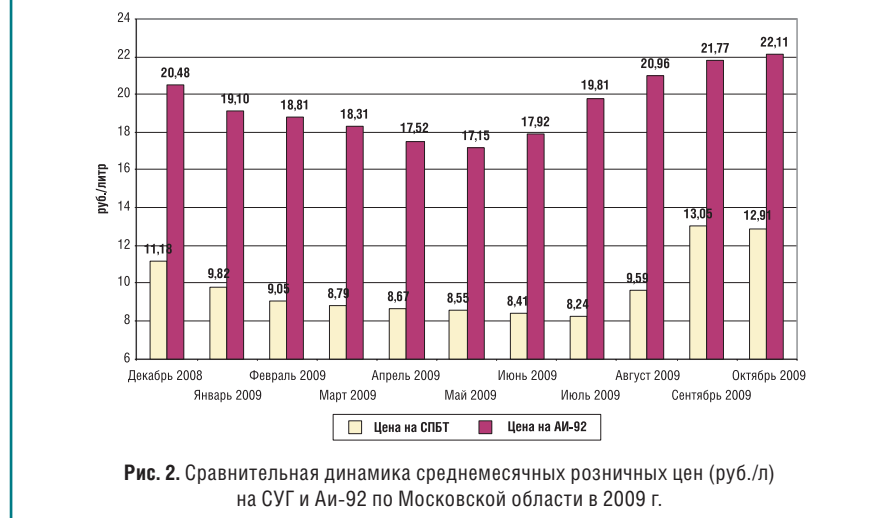


Рис. 2. Сравнительная динамика среднемесячных розничных цен (руб./л) на СУГ и Аи-92 по Московской области в 2009 г.

Система топливоподачи с электронным управлением ДВС для стационарных газопоршневых электроагрегатов

В.Ю. Орлов,

ведущий инженер-конструктор ОАО ЭОКБ «Сигнал» им. А.И. Глухарева

В статье рассматриваются вопросы создания системы топливоподачи с электронным управлением для стационарного газового двигателя с электроискровым зажиганием ЯМЗ 831.10-20 без предварительного редуцирования газа и варианты ее практической реализации на примере газопоршневого электроагрегата АП-100С-Т400-1Р в составе мини-ТЭС.

Ключевые слова: система топливоподачи, электронное управление, газ, газопоршневой электроагрегат, мини-, тепло-, электростанции.

Fuel supply system with electronic control of internal combustion engine for stationary gas-piston electrical units

V.Y. Orlov

This article describes the questions of designing a fuel supply system with electronic control for the stationary gas engine with electric sparking ЯМЗ 831.10-20 without preliminary gas reduction and also its practical realization on the gas-piston electrical unit АП-100С-Т400-1Р in the structure of a mini thermal power station.

Keywords: fuel supply system, electronic control, gas, gas-piston electrical unit, mini thermal power stations.

В настоящее время к числу наиболее актуальных задач относятся: развитие независимых источников теплоэнергоснабжения объектов народного хозяйства; создание мини-ТЭС и разработка стационарных газопоршневых электроагрегатов, удовлетворяющих требованиям высокой энергоэффективности, рационального

использования вырабатываемых энергии и тепла, а также экологической безопасности.

Современные системы топливоподачи двигателя внутреннего сгорания (ДВС), использующие в качестве моторного топлива природный газ, при питании от газовой магистрали среднего давления имеют, как правило,

редуцирующие устройства, пропускная способность которых в значительной степени зависит от величины давления в газовой магистрали и размера проходного сечения редуктора, что снижает общую мощность двигателя.

В ОАО ЭОКБ «Сигнал» им. А.И. Глухарева разработана и успешно прошла промышленную апробацию система топливоподачи с электронным управлением стационарного ДВС, предназначенного для использования в составе электроагрегата мини-ТЭС. Система позволяет исключить необходимость установки редуктора низкого давления и обеспечивает устойчивую работу двигателя, в том числе и на переходных режимах работы (предпусковой режим, режим пуска, режим прогрева, режим готовности к принятию нагрузки, режим холостого хода и др.), с автоматизированной системой защиты от аварийных ситуаций, производящей останов электроагрегата при превышении одного из предельных эксплуатационных параметров двигателя или генератора.

Система топливоподачи с электронным управлением обеспечивает устойчивую работу стационарного газового двигателя (вне зависимости от его нагрузки, колебания давления газа в подводящей магистрали) и минимизацию выбросов вредных веществ в атмосферу. Структурная схема системы топливоподачи с электронным управлением газового двигателя типа ЯМЗ 831.10-20 представлена на рис. 1.

Основные элементы системы управления топливоподачей:

- электронный блок управления;
- газоздушный тракт;
- датчики первичной информации.

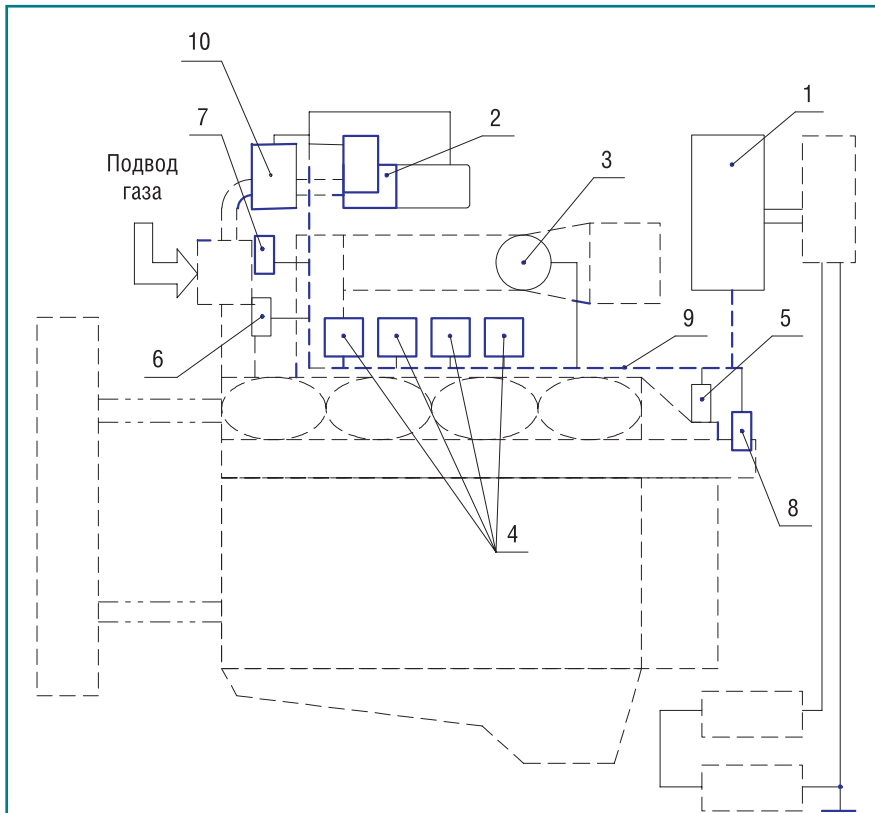


Рис. 1. Структурная схема системы управления топливоподачей газового двигателя ЯМЗ 831.10-20:

1 – электронный блок управления; 2 – электроуправляемый щелевой дозатор; 3 – газоздушный тракт с электроуправляемым приводом воздушной заслонки; 4 – блоки высоковольтных катушек зажигания; 5 – датчик положения коленчатого вала двигателя; 6 – датчик положения распределительного вала; 7 – отсечной электромагнитный газовый клапан; 8 – датчик кислорода; 9 – жгуты управления и сигнализации; 10 – датчик давления газа

Электронный блок управления представляет собой вычислительное устройство, которое получает сигналы от датчиков и формирует сигналы управления расходом газа и воздуха в зависимости от нагрузки на электроагрегат, подачу аварийных сигналов и команд

на отключение при возникновении нештатных ситуаций.

Система топливоподачи работает следующим образом (рис. 1). При включении двигателя сигнал от датчика положения распределительного вала 6 поступает в электронный блок управления 1,

который выдает команду отсечному электромагнитному газовому клапану 7 на открытие. Газ из подводящей магистрали без редуцирования через отсечной электромагнитный щелевой дозатор 2. Параллельно, в результате вращения коленчатого вала (КВ) двигателя в газоздушный тракт двигателя засасывается воздух, который поступает в смесительную камеру.

В смесительной камере происходит перемешивание газа с воздухом и образуется топливная смесь стехиометрического состава, которая поступает во впускной коллектор двигателя и далее распределяется по цилиндрам. Воспламенение топливной смеси осуществляется электроискровым зажиганием. Угол опережения зажигания автоматически корректируется в зависимости от частоты вращения двигателя и величины нагрузки. Состав топливной смеси дополнительно корректируется по содержанию кислорода в отработавших газах двигателя.

При использовании системы топливоподачи с электронным управлением экономия топлива в ДВС составляет 5% за счет точности регулирования и подачи газоздушной смеси стехиометрического состава. Высокая стабильность работы ДВС с разработанной системой топливоподачи на всех режимах позволяет уверенно использовать его в качестве силовой установки электроагрегата АП-100С-Т400-1Р в составе мини-ТЭС для выработки электрической и тепловой энергии.

Конструкция системы топливоподачи с электронным управлением ДВС защищена патентом РФ № 2362900, имеет сертификат соответствия № 0115566 и разрешение на применение № РРС 00-30-87. Она используется для



Рис. 2. Мини-ТЭС ГПТА-100

Таблица

Основные технические характеристики электроагрегата АП-100С-Т400-1Р и мини-ТЭС ГПТЭА-100

управления топливоподачей и системой зажигания газового двигателя ЯМЗ 831.10.20, выпускаемого ОАО «Автодизель» и работающего в составе электроагрегата АП-100С-Т400-1Р мини-ТЭС ГПТЭА-100 (рис. 2).

Технические характеристики электроагрегата и параметры вырабатываемой тепловой энергии мини-ТЭС приведены ниже в таблице.

По результатам эксплуатации электроагрегата с разработанной системой топливоподачи были составлены графические зависимости основных технических параметров (рис. 3-6).

Полученные зависимости указывают на соблюдение требований по поддержанию стабильности частоты вращения КВ двигателя на установившихся режимах (рис. 3), а также по изменению частоты вращения КВ двигателя и времени переходных процессов регулирования при сбросах-набросах нагрузки (рис. 4) в соответствии с требованиями III класса САРЧ (ГОСТ 10511-83).

На рис. 5 и 6 приведены зависимости изменения расхода газа и токсичности отработавших газов (содержание СН приведено с метановой составляющей) от нагрузки двигателя. Увеличение содержания окислов азота с ростом нагрузки выше 160 л.с. связано с ростом температуры отработавших газов (до 700°C), характерной для газопоршневых двигателей.

К преимуществам энергоустановок на базе стационарных газопоршневых электроагрегатов можно отнести высокую экономическую эффективность и экологическую безопасность. Стоимость тепловой и электроэнергии, вырабатываемых на мини-ТЭС, в 2-3 раза ниже тарифов на энергоносители, получаемые из централизованных систем энергоснабжения. КПД мини-ТЭС с газопоршневым двигателем составляет 85-90%.

Параметры	Природный газ (метан) ГОСТ 5542
Номинальная мощность	100 кВт
Рабочий диапазон давления газа	номинальное значение – 0,10 МПа максимально допустимое – 0,13 МПа минимально допустимое – 0,05 МПа
Нестабильность частоты вращения КВ, заброс частоты вращения при сбросах – набросах нагрузки и время переходных процессов регулирования при сбросах – набросах нагрузки не ниже	По III классу САРЧ (ГОСТ 10511-83)
Показатели тепловой энергии, вырабатываемой на мини-ТЭС	
Тепловая мощность, кВт	150
Температура теплоносителя на входе контура потребителя, °С	48-60
Температура на выходе контура потребителя, °С	80-98
Производительность насоса в контуре потребителя, м³/ч	11
Максимальный оборот теплоносителя в контуре потребления, не менее, м³/ч	5

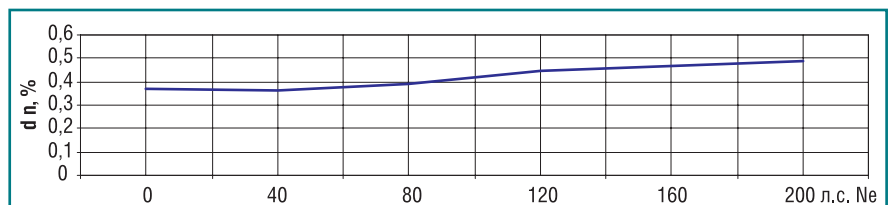


Рис. 3. Зависимость изменения нестабильности частоты вращения КВ двигателя от нагрузки

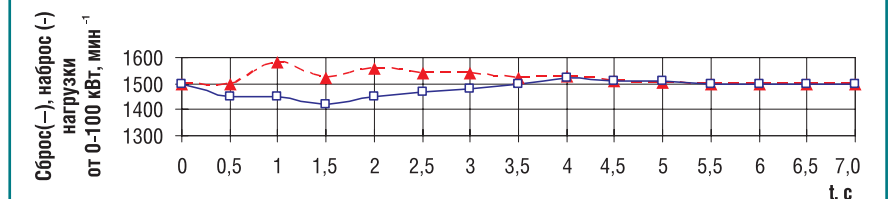


Рис. 4. Зависимость изменения частоты вращения КВ двигателя и времени переходных процессов регулирования при сбросе-набросе нагрузки от 0 до 100 кВт

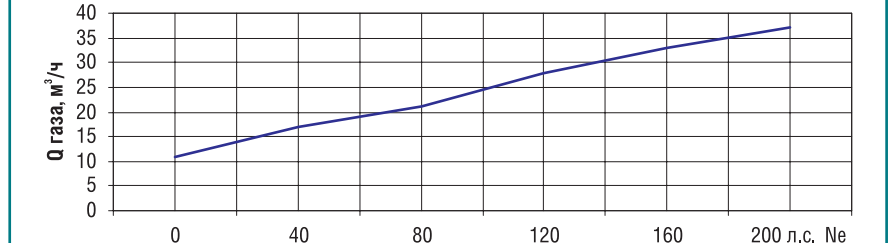


Рис. 5. Зависимость изменения расхода газа от нагрузки двигателя

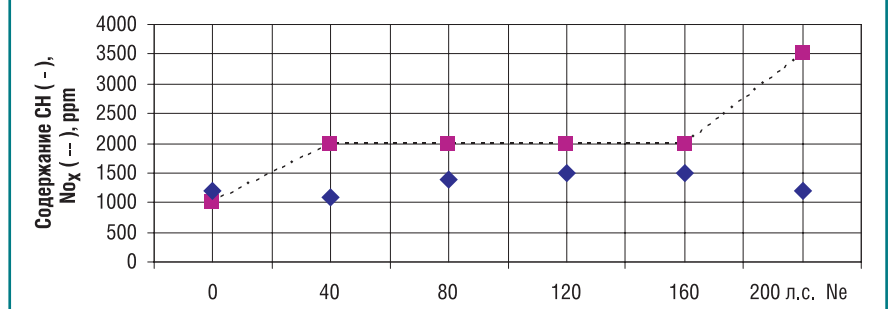


Рис. 6. Зависимость изменения токсичности отработавших газов от нагрузки двигателя

Применение методов адаптивного управления в газовых электроагрегатах

Н.В. Бурцев,
аспирант Рыбинской Государственной Авиационной
Технологической Академии (РГАТА) имени П.А. Соловьева

В статье рассматриваются особенности газового двигателя внутреннего сгорания, как объекта управления, проводится анализ существующих регуляторов частоты вращения коленчатого вала (КВ) двигателя и требований к ним. На основе рассмотренных требований, а также экспериментальных данных о ходе переходных процессов определяются основные задачи управления газовым двигателем. Приводятся результаты исследований разработанных адаптивных алгоритмов управления частотой вращения коленчатого вала двигателя применительно к электроагрегатам на базе газового двигателя ЯМЗ-831.10. Газопоршневой электроагрегат АП-100 с газовым двигателем ЯМЗ-831.10 и доработанным (адаптивным) ПИД-регулятором частоты вращения КВ двигателя на испытаниях и в эксплуатации обеспечил требования 2-го класса точности по ГОСТ 10511-83.

Ключевые слова: теория управления, двигатель внутреннего сгорания, математические модели, микропроцессорные системы.

Application of adaptive control in gas-RUNNING electric power UNits

N.V. Burtsev

On the basis of requirements set on gas internal combustion engine frequency regulators and experimental data obtained through inspecting the gas engine transients the main tasks of control of gas engines are determined. The results of applying of adaptive control algorithms in gas-running electric power units are also present.

Keywords: control systems theory, internal combustion engine, mathematical models, microprocessor control.

Развитие малой энергетики в России обуславливается различными факторами: отсутствием свободных мощностей для новых потребителей, высокой стоимостью подключения и потребления электроэнергии от централизованных сетей, временным отсутствием сетей при строительстве или вводе новых объектов. Как правило, малая энергетика базируется на двигателях внутреннего сгорания мощностью от 30 до 300 кВт, в качестве

топлива используется солярка или природный газ. Опыт проектирования и эксплуатации газопоршневых электростанций специалистами ООО «Газомотор-Р» совместно с ОАО «Автодизель», ФГУП ГНЦ НАМИ, ООО «Дизель-Парк» выявил некоторые недостатки классических ПИД-регуляторов частоты вращения КВ двигателя, а именно:

- низкое качество переходных процессов при сбросах-набросах нагрузки;

- невозможность обеспечить соответствие современным требованиям к качеству вырабатываемой электроэнергии;

- высокую инерционность газового двигателя при эжекционном способе подачи газового топлива в двигатель.

Все это привело к тому, что на испытаниях газопоршневой электроагрегат по точности поддержания частоты вращения КВ двигателя и качеству переходных процессов при сбросе-набросе нагрузки не обеспечивал требования даже 3-го класса по ГОСТ 10511-83.

В то же время современные потребители требуют для своих нужд электроагрегаты автономного электропитания с классом точности не ниже 2-го (наличие сложной электронной аппаратуры, компьютерные сети и другое оборудование, чувствительное к качеству вырабатываемой электроэнергии).

Газовый двигатель, как объект управления

Проанализируем газовый двигатель, как объект управления, выделив входные и выходные (регулируемые) переменные и сформулировав основные задачи управления [1-4].

В теории автоматического управления принято характеризовать объект управления, в данном случае – двигатель, набором из двух типов внешних входных воздействий: управляющих и возмущающих, а также выходных управляемых параметров и зависимостей управляемых параметров от входных (рис. 1).

Выходные параметры двигателя разнородны, в их число входят параметры, характеризующие режим его работы и состояние: частота вращения КВ двигателя, мощность, крутящий момент, температура охлаждающей жидкости и масла, содержание вредных выбросов и кислорода в отработавших газах и др.

Входные управляющие воздействия поступают от внешних по отношению к двигателю систем, главная из которых – управляющая, в микропроцессорной системе управления

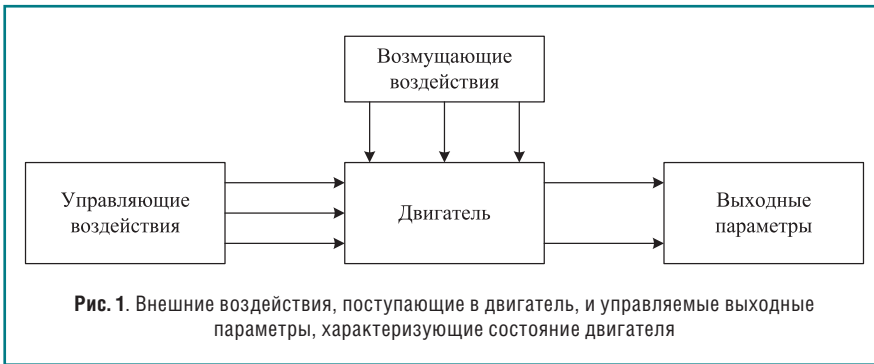


Рис. 1. Внешние воздействия, поступающие в двигатель, и управляемые выходные параметры, характеризующие состояние двигателя

(МПСУ) двигателем – это микроконтроллер.

В систему управления двигателем, как правило, вводят большое число обратных связей (рис. 2).

Для контура с обратной связью по частоте вращения (главная обратная

связь) целью управления является стабилизация желаемой величины частоты вращения КВ двигателя, определяемая заданием с блока управления.

Для контура с обратной связью по соотношению воздух/топливо (контур

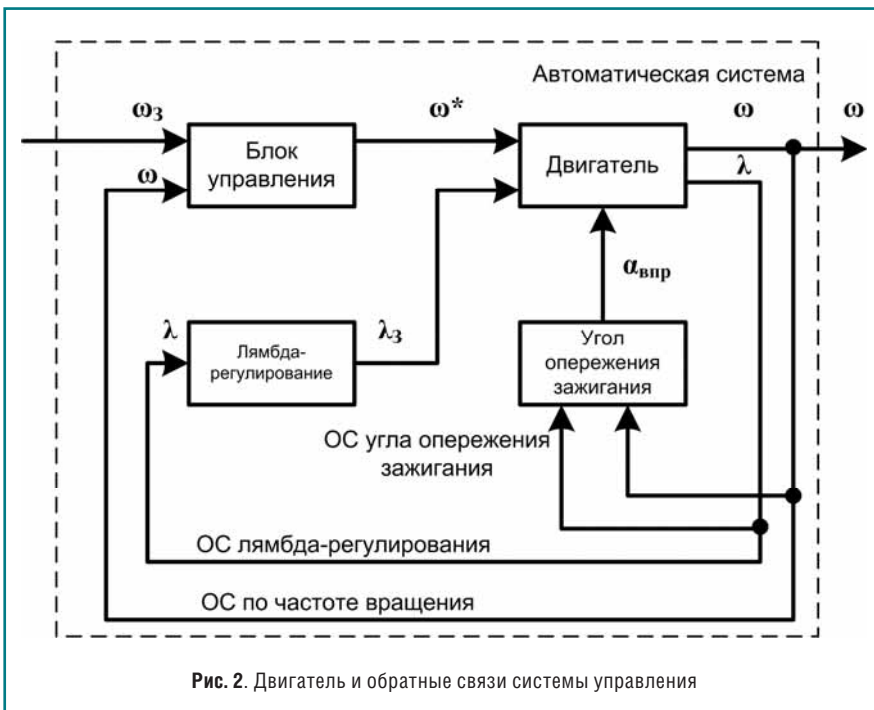


Рис. 2. Двигатель и обратные связи системы управления

лямбда-регулирования) целью управления является стабилизация желаемой величины соотношения воздух/топливо для обеспечения нормальной работы трехкомпонентного каталитического нейтрализатора обработавших газов. Для количественной оценки отклонения режима работы двигателя от оптимального вводится коэффициент λ , показывающий отношение массовых (или объемных) долей воздуха и топлива, поступивших в цилиндр в ходе рабочего цикла, к оптимальным. Для метана оптимальным является соотношение топлива к воздуху, равное 1:17 (по объему). Желаемое значение данного коэффициента при наличии катализатора $\lambda = 1$. Сигнал управления для данного контура – количество подаваемого в ДВС топлива. Сигналом возмущения будет текущее значение соотношения воздух/топливо λ , полученное с лямбда-зонда, установленного в выпускном тракте двигателя.

Для контура с обратной связью по углу опережения зажигания (оптимизирующая обратная связь) целью управления является оптимизация некоторых характеристик работы двигателя. Сигналом управления является заданный угол опережения зажигания.

Технические требования к системам управления газовым ДВС для автономных энергоустановок

В литературе и технических стандартах достаточно полно описаны технические требования к различным характеристикам двигателей внутреннего сгорания и их систем автоматического регулирования частоты (САРЧ).

Основными динамическими показателями качества регулирования частоты вращения (ЧВ) коленчатого вала двигателя стационарных установок являются нестабильность ЧВ, заброс ЧВ после мгновенного сброса или наброса номинальной нагрузки, длительность переходного процесса.

В табл. 1 приведены основные технические требования к системам

Таблица 1

Основные технические требования к САРЧ стационарных установок (ГОСТ 10511–83)

Наименование показателя	Классы точности САРЧ			
	1	2	3	4
Степень непрямолинейности РХ ε_k при ее статизме $\delta_{ст} = 2\%$ не должна превышать $\varepsilon_k = K_1 \cdot \delta_{ст}$, где K_1	0,15		0,20	
Нестабильность ЧВ ν , %, не более:				
- при относительной нагрузке до 25%	0,8	1,0	1,5	3,0
- при относительной нагрузке 25-100%	0,6	0,8	1,0	2,0
Заброс ЧВ после мгновенного сброса или наброса номинальной нагрузки δ_d , %, не более	5,0	7,5	10,0	15,0
Длительность переходного процесса регулирования τ , с, не более	2	3	5	10

автоматического регулирования частоты вращения КВ двигателя стационарных установок на базе дизельных и газовых двигателей [5].

Постановка задачи поддержания качества переходных процессов и работы в установившемся режиме

Как отмечалось ранее, к качеству переходного процесса системы автоматического регулирования частоты вращения КВ двигателя предъявляются достаточно жесткие требования. На рис. 3 показан график переходного процесса классической САРЧ газового двигателя ЯМЗ 831.10, работающего в составе стационарной установки АП-100, при ступенчатом набросе нагрузки. Горизонтальными линиями с цифрами 1, 2, 3, 4 обозначены зоны соответствия забросов частоты вращения соответствующим классам точности. Номинальная частота вращения КВ двигателя для сети переменного тока с частотой 50 Гц должна быть 1500 мин⁻¹. Длительность переходного процесса при набросе 100% нагрузки, изображенного на графике, составляет 5,5 с, заброс частоты вращения равен 15%. Согласно требованиям [5], данная САРЧ соответствует самому низкому, 4-му классу точности, что не удовлетворяет современным условиям и требованиям, предъявляемым к стационарным установкам, поставляемым на российский и международный рынки.

При проведении исследования с целью улучшения показателей переходного процесса был увеличен коэффициент усиления K_p пропорционального звена ПИД-регулятора частоты вращения. График переходного процесса САРЧ газового двигателя ЯМЗ-831.10 с увеличенным коэффициентом усиления показан на рис. 4.

Как следует из рис. 4, длительность переходного процесса уменьшилась до 3 с, заброс частоты вращения уменьшился до 4%, что позволяет достичь 2-го класса точности. Однако в дальнейшем наблюдается неустойчивость частоты вращения – автоколебания в диапазоне до 3%, что не соответствует

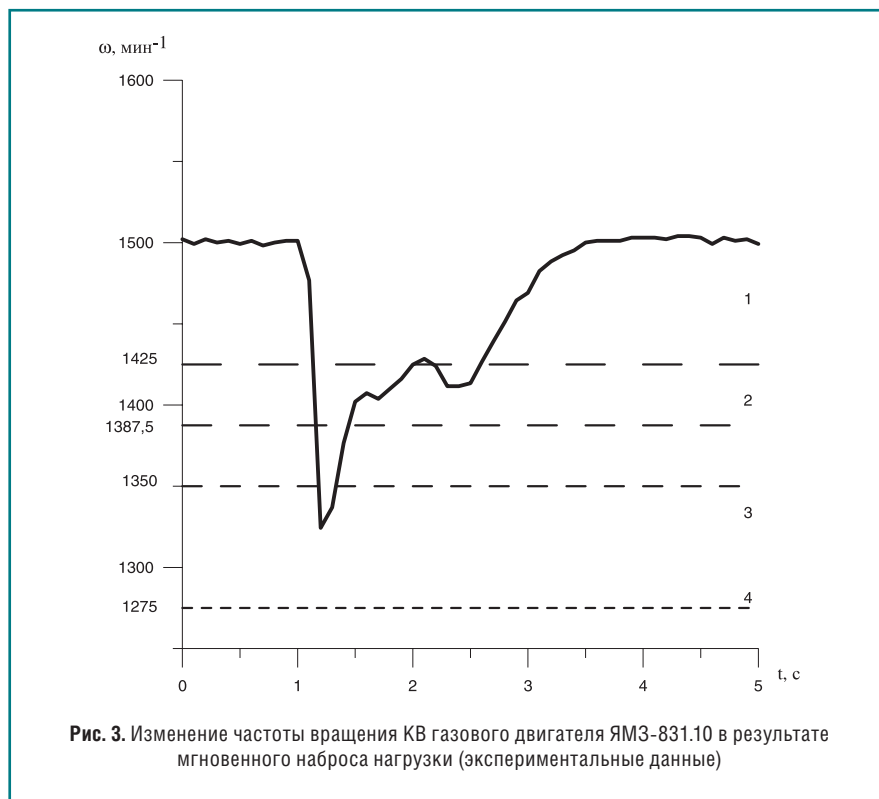


Рис. 3. Изменение частоты вращения КВ газового двигателя ЯМЗ-831.10 в результате мгновенного наброса нагрузки (экспериментальные данные)

требованиям даже 4-го класса точности. На определенных режимах работы запас устойчивости по амплитуде и фазе САРЧ при увеличении коэффициентов ПИД-регулятора уменьшался до возникновения возбуждения. Амплитуда колебаний при этом достигала аварийных величин.

Таким образом, можно сделать вывод, что для улучшения показателей переходного процесса необходимо динамически изменять коэффициент усиления пропорционального звена ПИД РЧВ, увеличивая его при начале переходного процесса – набросе либо сбросе нагрузки – и уменьшая при

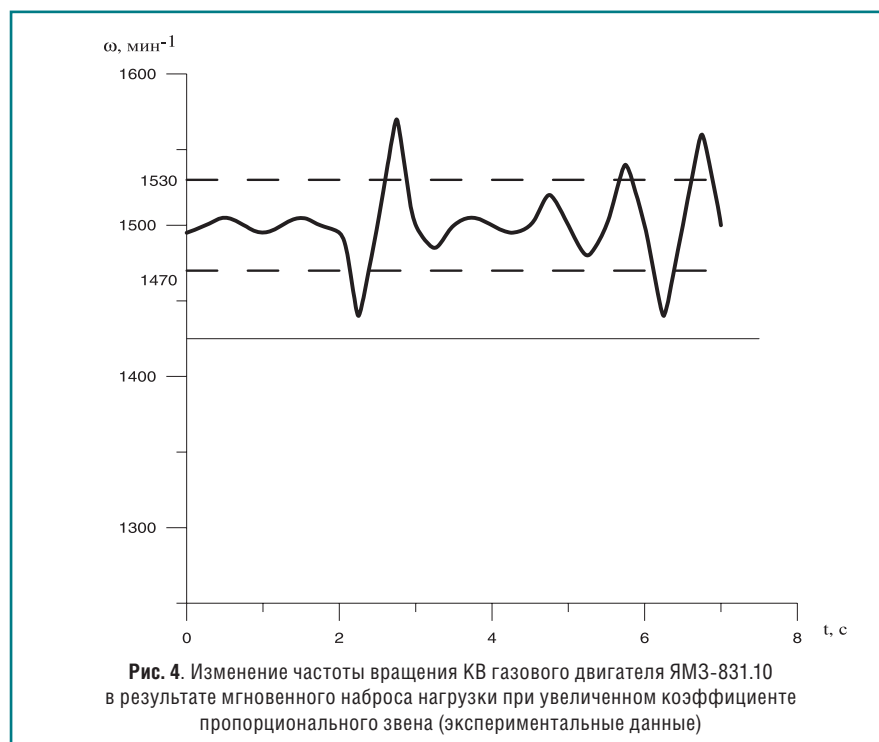


Рис. 4. Изменение частоты вращения КВ газового двигателя ЯМЗ-831.10 в результате мгновенного наброса нагрузки при увеличенном коэффициенте пропорционального звена (экспериментальные данные)

завершении переходного процесса. На рис. 5 показан приблизительный вид графика переходного процесса, показатели которого позволяют достичь 1-го либо 2-го класса точности (длительность переходного процесса не более 2 с, заброс ЧВ после наброса или сброса нагрузки не более 5%).

Подобную задачу можно решить, применив методы адаптивного управления [8]. В систему встраивается адаптер, который отслеживает скорость изменения относительного момента нагрузки и изменяет значение коэффициента усиления пропорционального звена при достижении заданных условий. Необходимо отметить, что непосредственно измерить фактическое значение момента нагрузки на двигатель возможно только в условиях стендовых испытаний. При работе двигателя в эксплуатации, как правило, используется относительная величина момента нагрузки.

В ходе экспериментальных исследований газового двигателя ЯМЗ-831.10, работающего в составе энергетической установки АП-100, было установлено, что с увеличением момента нагрузки растет неустойчивость ЧВ в установившемся режиме при неизменных параметрах ПИД-регулятора ЧВ, подобранных для режима холостого хода (нагрузка равна нулю). Для уменьшения амплитуды колеба-



Рис. 6. Структурная схема адаптивного регулятора частоты вращения КВД

ний необходимо ввести в систему зависимость коэффициентов всех трех составляющих ПИД РЧВ от момента нагрузки M_H .

Таким образом, задача адаптивного поддержания качества переходных процессов и работы в установившемся режиме может быть сформулирована следующим образом: усовершенствовать ПИД РЧВ, внедрив возможность адаптивного изменения коэффициентов всех составляющих ПИД-регулятора, как функции изменения величины и скорости изменения относительной нагрузки с целью улучшения качества переходного процесса и обеспечения стабильности ЧВ в установившемся режиме. Для реализации адаптивных алгоритмов была разработана новая

структурная схема САРЧ, изображенная на рис. 6.

Результаты применения адаптивных алгоритмов управления регулятором частоты вращения КВ ДВС

Разработанные автором адаптивные алгоритмы управления частотой вращения КВ ДВС были применены в микропроцессорной системе управления электроагрегатом АП-100 на базе двигателя ЯМЗ-831.10. На рис. 7 и 8 показаны электроагрегат и компоненты системы управления соответственно.



Рис. 7. Электроагрегат АП-100

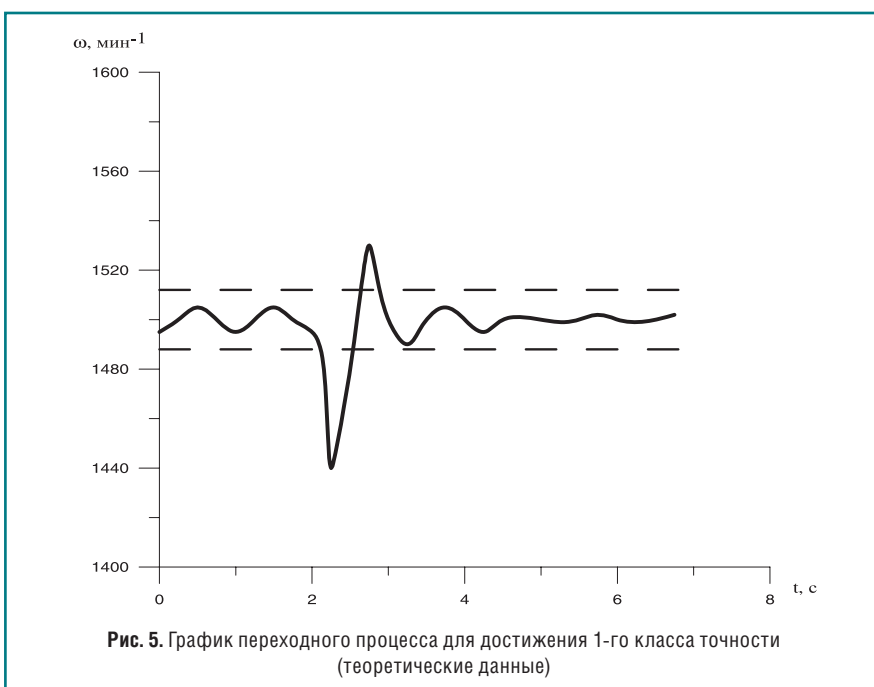
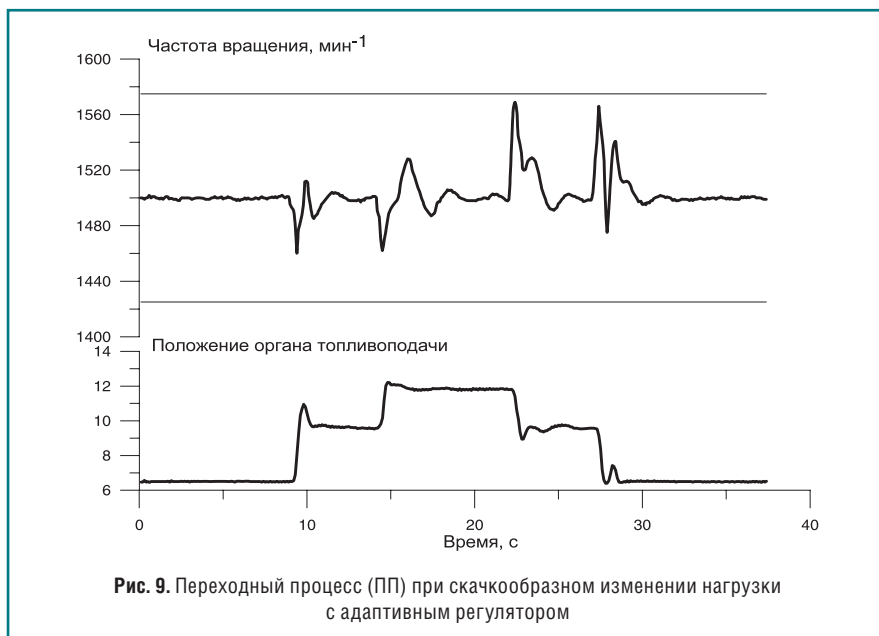


Рис. 5. График переходного процесса для достижения 1-го класса точности (теоретические данные)

На рис. 9 изображены графики переходного процесса при скачкообразном изменении нагрузки, полученные на электроагрегате АП-100 с



Рис. 8. Компоненты системы управления



(7,2%) при сбросе нагрузки, длительность ПП составляет 2,1 с. Кроме того, при работе с адаптивными алгоритмами нестабильность частоты вращения составляет 3-10 мин⁻¹, что также удовлетворяет требованиям ГОСТ [5] по 2-му классу точности.

Для сопоставления характеристик, полученных в ходе экспериментального исследования, составим табл. 2, в которой сравним рассмотренные в первой части статьи показатели базовой системы с классическим ПИД РЧВ, разработанной в ООО «Газомотор-Р», и усовершенствованной системы с адаптивными алгоритмами, разработанной автором.

Заключение

Разработанные алгоритмы, реализованные в САПЧ газопоршневой электростанции АП-100 на базе двигателя ЯМЗ-831.10, позволили обеспечить выполнение требований ГОСТ [5] по 2-му классу точности, что является хорошим показателем в настоящее время.

При этом стоимость и состав газорегулирующей аппаратуры электроагрегата не изменялись, изменению подверглось только программное

применением разработанных адаптивных алгоритмов РЧВ. Горизонтальными линиями отмечены зоны допуска на частоту вращения по требованиям 2-го класса точности.

На рис. 10 изображен график поддержания частоты вращения в установившемся режиме с помощью разработанного адаптивного алгоритма (коэффициент регулятора уменьшается по завершению переходного

процесса). Нестабильность частоты вращения при этом не превышает 1%, что является показателем 2-го класса точности.

Как следует из графика, при использовании разработанных алгоритмов удается достичь показателей 2-го класса точности по ГОСТ [5], а именно: заброс ЧВ при ступенчатом изменении нагрузки составляет 94 мин⁻¹ (6,3%) при набросе нагрузки и 108 мин⁻¹

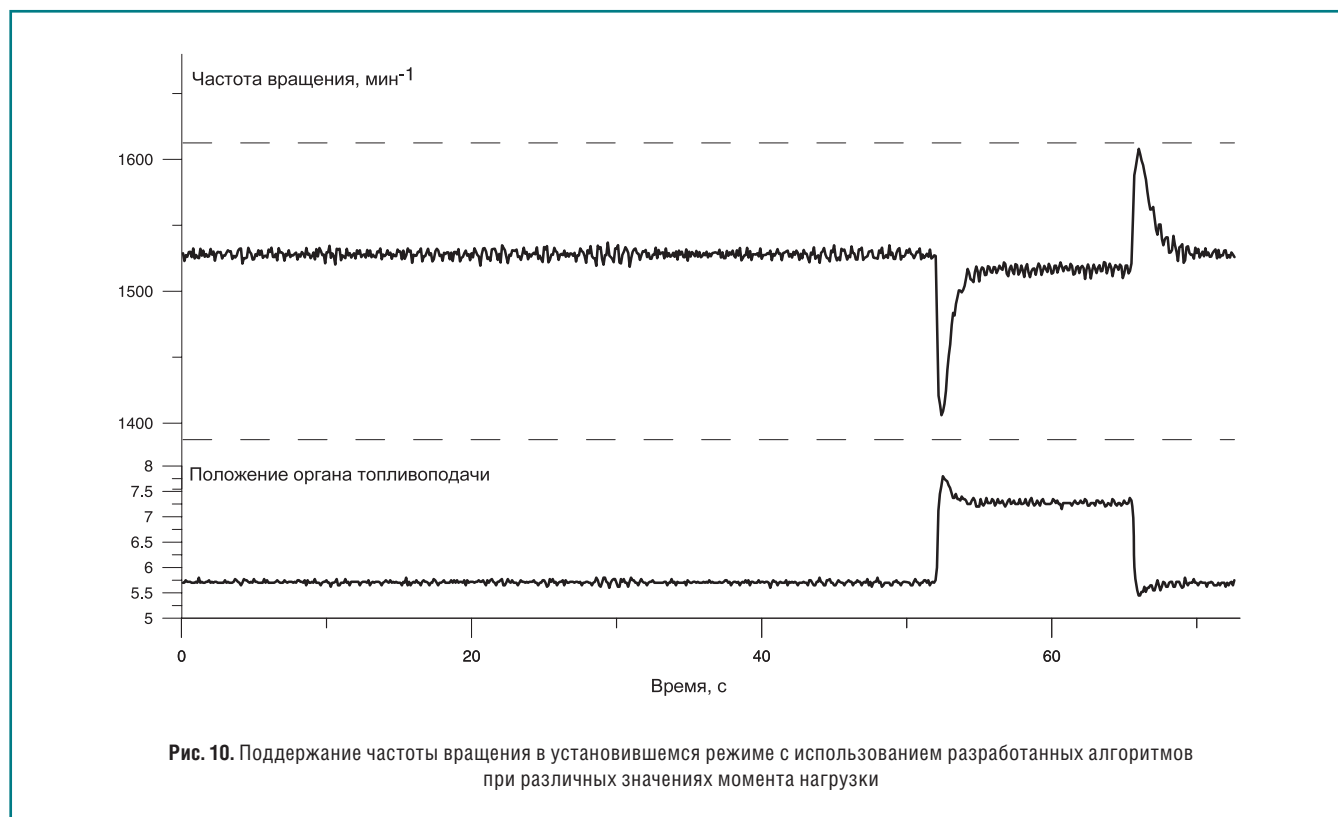


Таблица 2

Сравнение показателей систем управления

Характеристика	Базовая система при стандартных K_{pid}	Базовая система при увеличенных K_{pid}	Усовершенствованная система с адаптивным алгоритмом
Нестабильность ЧВ в установившемся режиме, %	0,8-1	2-3	0,8-1
Заброс ЧВ при ступенчатом изменении нагрузки, %	15	10	6-7
Длительность ПП, с	5-6	4-5	2-3
Класс точности	4	3	2

обеспечение электронного блока управления.

Кроме газопоршневых электроагрегатов, адаптивные алгоритмы управления САРЧ были опробованы в ОАО «Автодизель» на дизельных и газодизельных электроагрегатах. Положительные результаты были получены и в этом случае, что позволяет говорить об универсальности разработанных автором алгоритмов адаптивного управления САРЧ электроагрегатов, работающих на различных видах топлив.

Литература

1. Бурцев Н.В., Бризицкий О.Ф., Кириллов В.А., Комаров В.М., Собянин В.А. Применение элементов адаптивного управления в системе управления метано-водородным двигателем внутреннего сгорания. Вестник Новосибирского государственного университета. Серия Информационные технологии. – Том 7, № 2, 2009.
2. Пинский Ф.И., Давтян Р.И., Черняк Б.Я. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателя-

ми внутреннего сгорания. М.: «Легион-Автодата», 2004. – 134 с.

3. Герасимов Д.Н., Мигуш С.А. Задачи управления инжекторными двигателями внутреннего сгорания. Сборник трудов VII конференции молодых ученых «Навигация и управление движением», Санкт-Петербург, 2003.

4. Крутов В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1979. – 615 с.

5. ГОСТ 10511-83. Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных дизелей. Общие технические требования. М.: Изд-во стандартов, 1984. – 15 с.

6. Блаженнов Е.И. Основы теории автоматического регулирования автомобильных дизелей: учебное пособие. Ярославль: Яросл. политехн. ин-т. – 1989. – 95 с.

7. Блаженнов Е.И. Новые элементы в автоматических регуляторах частоты вращения автомобильных дизелей: учебное пособие. Ярославль: Яросл. политехн. ин-т. – 1988. – 85 с.

8. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: учебное пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.



Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

В связи с тем, что редакция Международного научно-технического журнала Национальной газомоторной ассоциации «Транспорт на альтернативном топливе» готовится к включению издания в Перечень ВАКа, просьба ко всем авторам строго выполнять следующие требования при подготовке статей к публикации:

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

Материалы статей должны быть представлены по электронной почте в программе WinWord. Объем статьи – не более 14 400 знаков с пробелами.

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

ГОСТов. Текст, таблицы и графические рисунки должны быть выполнены в программе Word в формате doc, rtf. Фотографии (не менее 300 dpi, СМУК) – в формате jpg, jpeg, tiff, pdf. Отдельно необходимо представить список подрисовочных подписей. Не следует форматировать текст самостоятельно.

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

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

Комплексная схема завода по производству моторных топлив из природного газа

В.Н. Селюков,
генеральный директор ОАО «Кировгипрогаз»,
В.А. Матанцев,
главный технолог ООО «НИПИ БИОТИН»

В данной статье рассматриваются вопросы комплексного решения производства на одной площадке сжиженного природного газа (СПГ) и диметилового эфира (ДМЭ) посредством утилизации бросовой теплоэнергии генераторных агрегатов производства СПГ.

Ключевые слова: сжижение природного газа, производство диметилового эфира, замкнутый азотный цикл двойных расширителей, прямое окисление природного газа.

Configuration of an Integrated Plant Producing Motor Fuels for Transport out of LNG and DME

V.N. Selyukov, V.A. Matantsev

This article discusses an integrated solution for the production of liquefied natural gas (LNG) and dimethyl ether (DME) in the same facility utilizing the waste heat of power generating units operating in the natural gas liquefaction process.

Keywords: natural gas liquefaction, dimethyl ether production, closed nitrogen loop of double expanders, direct oxidation of natural gas.

В настоящее время на стремительно развивающемся рынке сжиженного природного газа стандартной тенденцией стало строительство небольших по производительности заводов по сжижению природного газа (ниже 150 метрических тонн в день) по «циклу со смесью холодильных агентов» (ЦСХА). Данные заводы менее сложны и более безопасны в отличие от заводов по «каскадному циклу», но имеют один недостаток – увеличенную удельную потребляемую мощность.

Работа фирм, специализирующихся в данной области, привела

к созданию еще более простой и безопасной системы «замкнутого азотного цикла двойных расширителей» с акцентом на надежность и безопасность, но при этом потребляемая мощность данного технологического процесса в сравнении с циклом ЦСХА увеличивается на 50%, а в сравнении с каскадным циклом – вдвое.

Для снижения энергозатрат на производство сжиженного природного газа по безопасной технологии «замкнутого азотного цикла двойных расширителей» и повышения экономической эффективности предла-

гается объединить на площадке два производства:

- сжиженного природного газа;
- диметилового эфира, утилизирующее бросовую теплоэнергию генераторных агрегатов производства СПГ.

Для производства диметилового эфира используется модульная установка прямого окисления природного газа небольшой мощности (до 5000 т/г. по ДМЭ), соответствующая в каждом конкретном случае номинальной мощности завода СПГ.

Технологическая схема такого завода представлена на рисунке ниже.

Диметиловый эфир рассматривается мировым сообществом как многообещающий прорыв в области альтернативных моторных топлив для различных видов транспорта.

В 1995-1997 гг. было подтверждено, что диметиловый эфир может радикально решить проблему использования экономичных дизельных двигателей в городских условиях. ДМЭ, получаемый из природного газа, не содержит ароматических углеводородов, серы и характеризуется полнотой сгорания, имеет цетановое число 55-60 против 40-55 для нефтяного дизельного топлива. В отработавших газах автомобилей на ДМЭ отсутствует сажа и оксиды, что особенно важно для крупных городов. В мае-июне 1998 г. на международной конференции по альтернативным видам топлива ДМЭ был признан топливом XXI в.

ДМЭ рассматривается также в качестве топлива для двигателей с топливными элементами (ТЭ), работы по созданию которых интенсивно ведутся во всем мире, в том числе и в России. Лидером в этой области является компания «Daimler-Benz», подарившая миру 100 лет назад автомобиль с бензиновым двигателем.

В отличие от традиционного метода, прямое окисление природного газа значительно упрощает технологию производства – исключается сложная промежуточная стадия конверсии природного газа в окись углерода и водород. В целом установка получения ДМЭ прямым методом отличается эффективным аппаратным оформлением, что определяет ее перспективность.

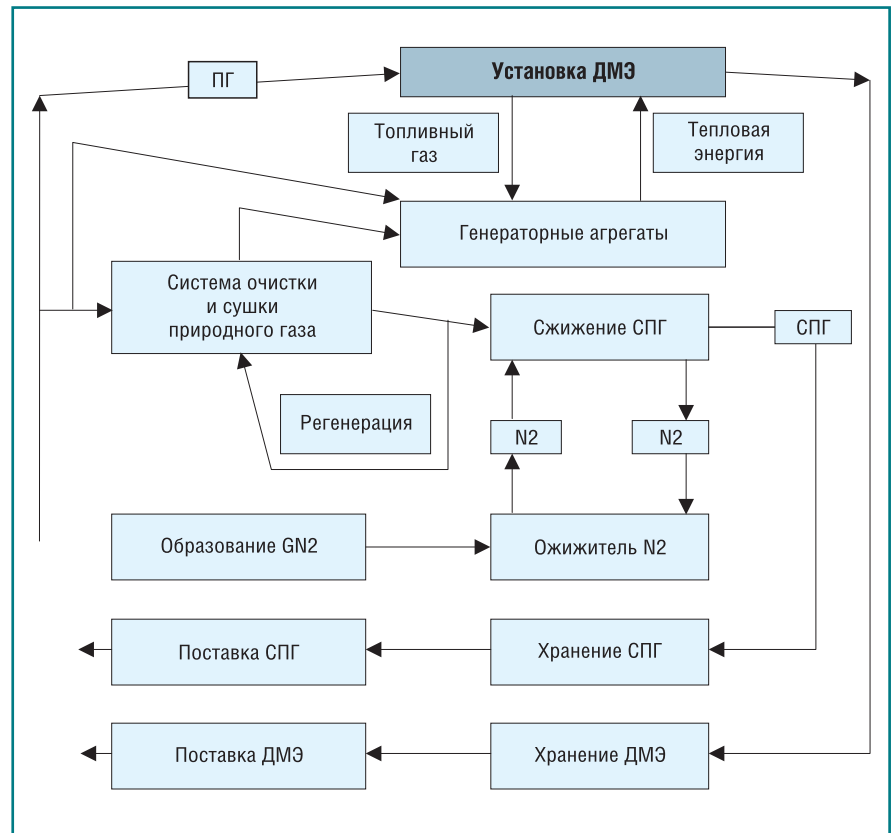
Реализация ДМЭ топливным компаниям может производиться посредством добавки его для повышения цетанового числа топлива, а также через продажи на собственных АЗС по месту производства.

Ниже приводится описание технологического процесса установки ДМЭ.

Природный газ под давлением 10 МПа, пройдя межтрубное пространство теплообменника газ–газ, в котором он нагревается до температуры 390°C, поступает в блок подогревателя газа, где нагревается до требуемой температуры 440°C. Далее горячий газ поступает в смеситель-реактор. Для регулирования температуры природного газа на входе в смеситель-реактор установлен датчик температуры, подающий команду на регулирующий клапан в линии подачи топливного газа в блок подогревателя газа.

Воздух из атмосферы нагревается в теплообменнике до температуры 20°C (в зимнее время года), поступает на всасывание компрессоров, в которых сжимается до давления 10 МПа.

Сжатый воздух после концевого холодильника с температурой 30°C проходит очистку от масла в сепараторе арматурного блока и через обратный клапан, регулирующий клапан, диафрагму для измерения расхода, клапан-отсекатель поступает в смеситель-реактор. Уровень



конденсата в сепараторе поддерживается автоматически с помощью регулятора уровня.

Подача воздуха в смеситель-реактор согласуется с подачей природного газа, в случае недопустимого уменьшения расхода природного газа подача воздуха в смеситель-реактор прекращается.

В смесителе-реакторе на катализаторе при давлении 10 МПа, температуре реакционной смеси 400-440°C, концентрации кислорода 2,5-2,8 об. % протекает процесс окисления углеводородов природного газа, при котором происходит образование диметилового эфира, побочных органических продуктов, а также воды, углекислого газа, окиси углерода и водорода. На линии подачи воздуха в смеситель-реактор предусмотрен клапан-отсекатель, отключающий подачу воздуха в смеситель-реактор в случае резкого увеличения температуры в реакционном объеме смесителя-реактора.

Из смесителя-реактора реакционная смесь с температурой 440°C поступает в трубное пространство рекуперативного теплообменника «газ–газ», где отдает тепло свежему природному газу. Послереакционная смесь выходит из рекуперативного теплообменника с температурой 120°C и поступает в воздушный холодильник-конденсатор, где происходит конденсация паров жидких продуктов неполного окисления природного газа. Газожидкостная смесь с температурой 40°C поступает в блок газосепаратора с разделительной емкостью, где происходит отделение жидкой фазы. Выходящий из сепаратора метаносодержащий (топливный) газ с температурой 40°C подается в газовые двигатели генераторных агрегатов производства СПГ для выработки электроэнергии и тепла.

Тепловая энергия от генераторных агрегатов используется на установке ДМЭ для подогрева природного газа и ректификации диметилового эфира-сырца.

Применение СПГ в Уральском регионе

П.М. Созонов,

главный инженер – первый заместитель генерального директора
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»,

Э.Д. Гайдт,

начальник управления «Уралавтогаз» филиала
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»,

П.В. Кузнецов,

зам. начальника управления «Уралавтогаз» филиала
ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

Перспективы и возможности сжиженного природного газа (СПГ), как универсального энергоносителя будущего, не вызывают каких-либо сомнений. Широкое применение СПГ на транспорте, во всех сферах российской экономики позволит кардинально улучшить экологическую обстановку и снизить затраты на ГСМ в бюджетах всех уровней. Созданная в России единая система газоснабжения охватывает большую часть населенной территории и необходимо создать только мощности по производству и хранению СПГ в непосредственной близости от потенциальных потребителей. ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» с 1997 г. планомерно и поэтапно развивает инфраструктуру по получению, транспортировке и применению СПГ в качестве топлива для автономных котельных, использованию СПГ в качестве моторного топлива на автотранспорте и подаче метана в систему газоснабжения при аварийных и ремонтных работах.

Ключевые слова: сжиженный природный газ (СПГ), моторное топливо, метан, «Газпром трансгаз Екатеринбург».

The use of liquefied natural gas (LNG) in the Urals region

P.M. Sozonov, E.D. Gaydt, P.V. Kuznetsov

Prospects and possibilities of LNG as a universal energy resource of future do not raise any doubts. Wide application of LNG in transport, in all spheres of Russian economy will greatly improve the environmental situation and reduce the cost of fuel. Established in Russia Unified Gas Supply System covers most of the populated area and it is necessary to create only facilities for the production and storage of LNG in the vicinity of potential consumers. Since 1997 year Gazprom transgaz Ekaterinburg has steadily and gradually developed the infrastructure for production, transportation and application of LNG as fuel for autonomous boiler houses, application of LNG as motor fuel in motor transport and supply of methane in the gas transmission system for emergency and repair work.

Keywords: liquefied natural gas (LNG), motor fuel, methane, Gazprom transgaz Ekaterinburg.

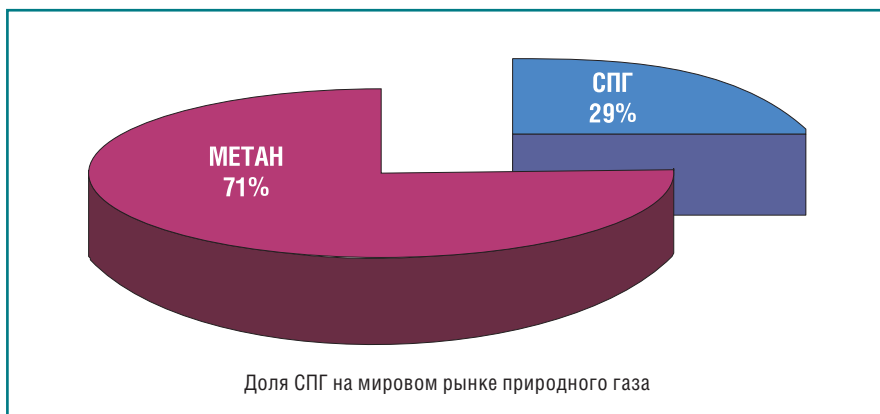
По оценкам мирового энергетического агентства природный газ сегодня является самой быстрорастущей составляющей в мировом потреблении энергоресурсов. В 2007 г. мировая добыча природного газа возросла на 2,5%, и объем добытого газа составил 2 951 млрд. м³. В 2008-2030 гг. рост потребления природного газа будет продолжаться, в результате чего доля голубого топлива в мировом энергобалансе может удвоиться.

Не менее активно развивается и мировой рынок сжиженного природного газа, что, прежде всего, обусловлено его преимуществами перед газообразным метаном:

- более высокая чистота продукта;
- возможность газификации отдаленных районов или объектов без строительства газопроводов;
- при переводе автотранспортных средств (АТС) на газомоторное топливо – равный в сравнении с бензиновыми или дизельными автомобилями пробег;
- возможность получения СПГ практически в любом месте при наличии газопроводов с высоким давлением;
- лучшие экологические показатели по сравнению с бензином и дизельным топливом.

Перспективы и возможности СПГ, как универсального энергоносителя будущего, не вызывают каких-либо сомнений. В 2008 г. мировой рынок СПГ достиг рекордного объема – 172,3 млн. т (237,8 млрд. м³). Его общая доля в международной торговле газом составила 29%. В соответствии с прогнозами к 2015 г. спрос на СПГ в мире увеличится до 327 млн. т в год в связи с ростом потребности в природном газе в странах Атлантического бассейна и, в первую очередь, в США.

Развитию бизнеса СПГ ОАО «Газпром» намерен отныне уделять повышенное внимание, выйдя к 2030 г. на уровень поставок примерно 90 млн. т сжиженного природного газа. К 2008 г. объем продаж СПГ ОАО «Газпром» достигал 1,84 млрд. м³.



На сегодняшний день доля СПГ на мировом рынке составляет 29% от общих поставок природного газа.

Сегодня для России наибольшую социальную значимость приобретает использование СПГ для газификации отдаленных от газопроводов коммунальных и промышленных потребителей в различных регионах страны, а также использование в качестве газомоторного топлива на транспорте.

В России имеется большое количество городских и сельских населенных пунктов, газификация которых традиционными методами – по газопроводам-отводам – экономически нецелесообразна и неприемлема из-за высоких капитальных затрат, трудностей по отводу земель или отсутствия возможности прокладки газопроводов в связи с естественны-

ми преградами (горами, реками, озерами, болотами и т.д.). Разобщенность потребителей, малые объемы потребления, длительные сроки развития инфраструктуры газоснабжения приводят к низкой загрузке газопроводов-отводов и газораспределительных сетей, делают невозможным окупаемость потраченных средств и обуславливают убыточность их эксплуатации.

Основным сдерживающим фактором в продвижении СПГ на внутреннем российском рынке являются новизна (достаточно мало информации о преимуществах) и, безусловно, отсутствие инфраструктуры для получения сжиженного газа и его потребления.

ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» в рамках реализации программ

научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ ОАО «Газпром» с 1997 г. планомерно и поэтапно развивает инфраструктуру по получению, транспортировке и применению СПГ в качестве топлива для автономных котельных, использования его в качестве моторного топлива на автотранспорте и для подачи метана в систему газоснабжения при аварийных и ремонтных работах.

На первом этапе был построен комплекс сжижения на АГНКС (г. Первоуральск) производительностью 0,3 т/ч и комплекс хранения и регазификации на оздоровительном комплексе «Озеро «Глухое» для газоснабжения котельной мощностью 3 МВт.

СПГ до комплекса регазификации доставляется транспортными емкостями для перевозки сжиженного метана на расстояние 30 км от установки по получению СПГ.

В течение последних пяти лет в нашем регионе широкое применение получили мобильные комплексы для подачи природного газа потребителям при производстве аварийных и плановых ремонтных работ на системах газоснабжения. Комплекс представляет собой совокупность транспортной емкости с СПГ, испарителей, агрегата для подачи теплого воздуха на испарители и узла учета опускаемого газа потребителям. В зависимости от объема потребления (от 200 до 1000 м³/ч) запаса природного газа (ПГ) в транспортной емкости объемом 16 м³ достаточно для обеспечения работы потребителей в течение 35-7 ч. В дальнейшем подключается следующая цистерна и т.д.

Следующим шагом в освоении СПГ явилось создание автомобиля с криогенной бортовой топливной системой. На этом этапе к сотрудничеству были привлечены ОАО «КамАЗ» и ОАО «НПО Гелиймаш». В результате такого трехстороннего сотрудничества были созданы автомобиль «КамАЗ» и городской автобус «НЕФАЗ», укомплектованные газовым двигателем «КамАЗ» с криогенным баком для СПГ. Первые результаты показали их значительное преимущество в



Комплекс хранения и регазификации на оздоровительном комплексе «Озеро «Глухое»



Ремонт газопровода без прекращения подачи газа потребителям

и подает жидкость в атмосферные испарители. Под воздействием тепла окружающей среды сжиженный природный газ испаряется и подается на газозаправочную колонку для заправки автомобиля КПГ. Для заправки автомобиля, переведенного на СПГ, в установленный на нем криогенный бак топливо подается другим насосом непосредственно из емкости хранения через свою заправочную колонку.

Для поставок на комплекс СПГ используется транспортная криогенная цистерна объемом 8 м³.

Руководством ОАО «Газпром», ОАО «РЖД» и Свердловской области была принята «Программа по организации на полигоне Свердловской железной дороги опытной эксплуатации тепловозов на сжиженном и сжатом природном газе». Целью этой программы является внедрение газомоторного топлива, особенно СПГ, на ОАО «РЖД», как наиболее крупном представителе транспортной системы России. Этой программой предусмотрено создание пунктов заправки маневровых тепловозов сжатым и сжиженным газом, а также создание бортовых криогенных топливных систем газотепловозов. Кроме того, привлечение такого солидного потребителя на рынок газомоторных топлив

сравнении с газобаллонными автомобилями, работающими на сжатом природном газе. Так, более чем в два раза вырос пробег автомобилей без дозаправки, на 25% снизился удельный расход топлива.

Для развития инфраструктуры использования природного газа в качестве моторного топлива был разработан комплекс для заправки автомобилей как СПГ, так и регазифицированным из СПГ компримированным природным газом (КПГ).

В состав комплекса входит двадцатифутовый контейнер, в котором смонтированы атмосферные испарители с насосом высокого давления, стационарная криогенная емкость

объемом 10 м³, система управления заправкой и насосом, блок аккумуляторов газа объемом 1,2 м³, двухпостовая колонка для заправки автомобилей КПГ, однопостовая колонка для заправки и автомобилей СПГ. Установленная электрическая мощность комплекса всего 35 кВт. Криогенный насос забирает СПГ из емкости хранения, поднимает давление до 25 МПа



Автобус «НЕФАЗ-5299» с криогенным баком БКТ-300/1,0



«КАМАЗ-5410» с криогенным баком БКТ-300



«Газель» с криогенным баком БКТ-100

создало необходимые предпосылки для увеличения производственных мощностей по производству СПГ.

Естественно, что более мощное производство потребовало и реализации более совершенного цикла получения СПГ. Основным способом получения СПГ на сегодняшний день является цикл ожижения с использованием в качестве источника холода расширительной машины (детандера). В сравнении с циклами ожижения с использованием дросселя или адиабатической вихревой трубы Ранка – Хилша, детандерный цикл имеет максимальный коэффициент извлечения жидкости за счет того, что холодопроизводительность процесса адиабатного расширения газа гораздо выше эффективности

процесса дросселирования или эффекта температурного разделения газа. Практика показала, что наиболее эффективной расширительной машиной в настоящее время является турборасширительная машина (турбодетандер).

На сегодняшний день применение турбодетандерных агрегатов для охлаждения природного газа имеет несколько основных направлений:

- низкотемпературная сепарация;
- получение СПГ;
- низкотемпературная очистка от примесей.

ОАО «НПО Гелиймаш», опираясь на многолетний опыт создания турбодетандерных агрегатов для воздухо-разделительных установок и установок по ожижению водорода и гелия,

в настоящее время производит широкий спектр турбодетандеров для охлаждения и ожижения природного газа, а также для ожижителей метана, установок выделения этана и широкой фракции легких углеводородов из природного газа, систем получения электроэнергии на газораспределительных станциях и установок выделения газового конденсата.



Заправка легкового автомобиля регазифицированным из СПГ газомоторным топливом

В 2007 г. ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» совместно с ОАО «НПО Гелиймаш» приступили к разработке первой очереди комплекса по получению СПГ производительностью 3 т/ч в рамках реализации совместной программы по применению СПГ на железнодорожном транспорте.



Магистральный газотурбовоз ГТ-81



Комплекс для заправки 100 автомобилей в сутки СПГ или газифицированным КПГ

Схема ожижения природного газа выглядит следующим образом: природный газ (прямой поток), при давлении от 2,8 до 3,5 МПа, по мере последовательного прохождения блока осушки, фильтра и отсекающего клапана поступает в турбокомпрессор, где сжимается до 3,4-4,1 МПа.

Затем ПГ охлаждается в охладителе природного газа за счет нагрева ПГ, идущего из магистрального трубопровода. Поддержание постоянного расхода ПГ, идущего из



Комплекс СПГ на ГРС-4 (г. Екатеринбург) производительностью 3 т/ч

магистрального трубопровода, обеспечивается регулятором расхода.

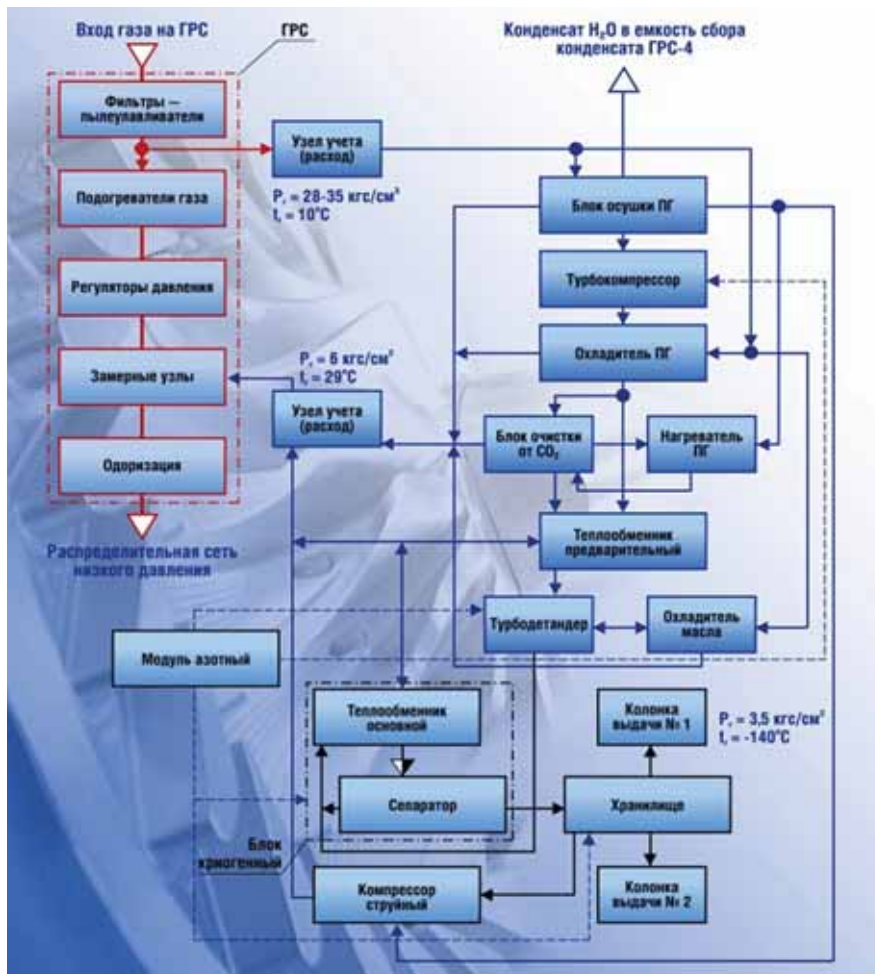
На следующем этапе работы прямой поток ПГ разделяется на ожижаемый (~13,5%) и турбодетандерный (~86,5%) потоки. Ожижаемый поток направляется в блок очистки, где очи-

щается от двуокиси углерода. После этого ожижаемый и турбодетандерный потоки направляются в предварительный теплообменник, где охлаждаются до температуры 218 К за счет нагрева обратного потока ПГ. Затем турбодетандерный поток проходит

фильтр и отсечной клапан, расширяется в турбодетандере и смешивается с обратным потоком, выходящим из сепаратора. Ожижаемый поток охлаждается в основном теплообменнике криогенного блока до температуры 151,5 К, фильтруется от твердых частиц в фильтре-отделителе и после дросселирования в клапане подается в сепаратор, где происходит отделение СПГ от ПГ. СПГ из сепаратора через регулирующий клапан сливается в криогенную емкость, причем сам процесс слива выполняется автоматически – по сигналу датчика уровня, при давлении 0,2-0,3 МПа.

ПГ (обратный поток) из сепаратора после смешения с расширенным турбодетандерным потоком поступает в основной теплообменник, где нагревается до температуры 186,5 К, затем в предварительный теплообменник, где нагревается до температуры 302 К, и после прохождения запорного вентиля подается в распределительный трубопровод криогенного блока и соответственно в газовую сеть при давлении 0,55-0,9 МПа.

Ориентация на высокие технологии и производство сжиженного природного газа позволяют ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» достичь более устойчивой позиции в современных рыночных условиях. Широкое применение СПГ на транспорте, во всех сферах российской экономики позволит кардинально улучшить экологическую обстановку и снизить затраты на ГСМ в бюджетах всех уровней. Необходимо отметить и то преимущество природного газа (в сравнении с нефтяными жидкими видами топлива), заключающееся в том, что оно требует гораздо меньших затрат на транспортировку к потребителю. Созданная в России единая система газоснабжения охватывает большую часть населенной территории, необходимо лишь создать мощности по производству и хранению СПГ в непосредственной близости от потенциальных потребителей. Разведанных запасов природного газа гораздо больше, чем нефти, и в зависимости от его агрегатного состояния при сегодняшних технологиях он становится практически незаменимым.



Функциональная блок-схема комплекса производства СПГ на ГРС-4

Применение биотоплива на железнодорожном транспорте

Д.Н. Григорович,
ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИИЖТ», к.т.н.

В статье отражаются вопросы экономической целесообразности перевода железнодорожного транспорта на биотопливо. Приведены экспериментальные данные результатов испытания биодизельного топлива на тепловозах. Техно-экономическая оценка внедрения биотоплива показала, что в настоящее время применение его будет убыточно при действующих ценах на биотопливо.

Ключевые слова: биотопливо, дизельное топливо, растительные масла, тепловоз, топливная аппаратура.

Application of the biofuels on a railway transport

D.N. Grigorovich

In the article issues concerning economical worthwhileness of switching of the railroad transport to biofuels are provided. Experimental data of testing bio-diesel fuel on locomotives is given. Techno-economic analysis of biofuels in practice showed that exploitation of this kind of fuel is unprofitable due to the current biofuels price level.

Keywords: biofuels, diesel fuel, agricultural oils, locomotive, fuel equipment.

Большая часть железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» уже переведена на электрическую тягу (около 70%), тем не менее парк маневровых тепловозов и магистральные тепловозы на неэлектрифицированных участках железных дорог потребляют дизельное топливо. Специфика работы маневровых тепловозов не позволяет перевести их на электрическую тягу, а электрификация отдаленных от источников электроэнергии и мало загруженных участков пути неэффективна. С учетом тех обстоятельств, что среднесуточное потребление дизельного топлива одним маневровым локомотивом составляет около 240 кг, а магистральным около 500 кг, и при этом дизельное топливо постоянно дорожает, общие расходы на топливо занимают значительную часть бюджета ОАО «РЖД».

Задача обеспечения устойчивого снабжения тепловозов моторным топливом и снижения расходов на его приобретение диктует поиски альтер-

нативных видов моторного топлива. Один из путей решения этой задачи – замещение части дизельного топлива менее дефицитным и в перспективе более дешевым биотопливом, интерес к которому в последние годы наблюдается во всем мире.

Основой биотоплива является метиловый эфир, получаемый из сырья растительного происхождения. Биодизельное топливо – это топливо, произведенное из смеси биотоплива со стандартным дизельным топливом.

Сырьем для биотоплива являются растительные масла: рапсовое, соевое, арахисовое, пальмовое, подсолнечное, оливковое, а также животные жиры. Таким образом, источником биотоплива являются возобновляемые ресурсы, а растения, служащие сырьем для биотоплива, улучшают структурный и химический состав почв в системах севооборота.

С химической точки зрения биотопливо представляет собой метиловый эфир, для получения которого к 9 массовым единицам растительного масла добавляется одна массовая единица метанола, а также небольшое количество щелочного катализатора. Все это смешивается при температуре 60°C и нормальном давлении. Побочным продуктом смеси является глицерин. Полученный метиловый эфир отличается хорошей воспламеняемостью и имеет цетановое число 52-58, по сравнению с 45-52 у дизельного топлива. Основные физико-



Рис. 1. Упрощенная схема производства биотоплива

Таблица 1

Основные физико-химические свойства биотоплива и дизельного топлива

Показатели	Дизельное топливо	Биотопливо
Низшая теплотворная способность, МДж/кг	42,5	37,1
Плотность, г/мл	0,86	0,88
Цетановое число	45-52	52-58
Температура кипения, °С	180-370	>200
Содержание, % от массы:		
углерода	86,0	77,95
водорода	14,0	12,25
кислорода	0	9,8
Кинематическая вязкость при 20°С, мм ² /с	3,0-6,0	8,0

химические свойства биотоплива и дизельного топлива приведены в табл. 1. Упрощенная схема производства биотоплива приведена на рис. 1.

Как видно из табл. 1, биотопливо характеризуется высоким цетановым числом, однако, его теплотворная способность значительно ниже теплотворной способности дизельного топлива (на 13%), что должно вызывать увеличение удельного расхода топлива.

Использование биотоплива сопровождается сокращением выбросов углекислого газа, монооксида углерода, сажи. Выбросы окислов азота приблизительно на том же уровне, что и при работе на дизельном топливе. Биотопливо при попадании в воду не наносит вреда ни растениям, ни животным, так как подвергается практически полному биологическому распаду: за один месяц микроорганизмы перерабатывают около 99% биотоплива при попадании его в воду или почву.

Биотопливо и биодизельное топливо могут использоваться в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) после предварительной регулировки двигателя или после внесения изменений в его конструкцию. Химический состав биотоплива характеризует его хорошие смазочные способности, что способствует увеличению срока службы дизеля и топливных насосов. Температура вспышки биотоплива составляет около 200°С. Такая температура позволяет использовать биотопливо при работе по дизельному циклу

с зажиганием от сжатия. С другой стороны, температура вспышки биотоплива делает его относительно безопасным веществом для хранения и транспортирования.

Внедрению биотоплива способствует изменение требований к качеству дизельного топлива в странах ЕС. В ноябре 2001 г. Европейская Комиссия утвердила пакет законопроектов по внедрению и использованию альтернативных топлив. Объем их производства должен достигнуть к 2010 г. 5,75%, а к 2020 г. – 20 % от всего объема топлива из нефтяного сырья. На рынке биотоплива в настоящее время лидирует Западная Европа, где его производится в 20 раз больше, чем в США. Больше всего биотоплива выпускается в Германии и во Франции. Активное внедрение биодизельного топлива на потребительский рынок обусловило необходимость введения нормативных документов: EN 14214 в Европе и ASTM 6751 в США.

Стоимость биотоплива пока выше, чем нефтяного дизельного топлива – в среднем на 20%. С учетом роста цен на нефть применение биодизельных топлив становится экономически все более выгодным, особенно с точки зрения налоговых льгот, предоставляемых правительствами разных стран. Капитальные затраты по производству биотоплива снижаются с увеличением объема производства.

Проведенные в США и странах Европы испытания дизелей на биодизельном топливе дали неоднозначные результаты. В ряде случаев было зафиксировано расслоение топлива,

в результате чего работа двигателя становилась нестабильной или невозможной. Было выявлено, что качество биотоплива в значительной степени зависит от подготовки растительного масла. Масло не должно содержать механических примесей, для чего следует предусмотреть мероприятия по его фильтрации и промывке. Увеличение удельного расхода биотоплива по сравнению со штатным дизельным топливом составило около 13%, что пропорционально теплотворной способности.

В США проведены испытания смеси 20% биотоплива с дизельным топливом на двухтактном дизеле мощностью 1490 кВт. Из полученных данных следует, что в топливной системе тепловоза необходимо предусмотреть дополнительный фильтр специальной конструкции. Были выявлены растворяющие свойства биотоплива, в результате чего в топливной системе появлялись твердые частицы, ведущие к задиру топливной аппаратуры. Появление таких частиц стало результатом окисления биотопливом накопленных в ходе эксплуатации двигателя горючих отложений, кокса и нагара. Отмечено снижение мощности двигателя на 2%.

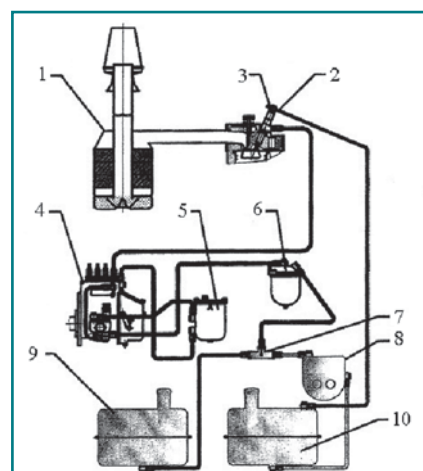


Рис. 2. Топливная система трактора МТЗ-82, адаптированная для работы на биодизельном топливе:

- 1 – воздушный фильтр; 2 – сливная труба;
- 3 – форсунка; 4 – насос высокого давления;
- 5 – фильтр тонкой очистки; 6 – фильтр грубой очистки; 7 – трехходовой кран;
- 8 – подогреватель рапсового масла; 9 – топливный бак для солярки; 10 – топливный бак для рапсового масла

По заключениям специалистов, снижение мощности является результатом более низкого значения объемной теплоты сгорания для биотоплив. Не было достигнуто и существенного сокращения вредных выбросов. Причиной этому стали дополнительные выбросы от сгорания смазочных материалов, вступивших в химическую реакцию с биотопливом.

В России первые эксплуатационные испытания биотоплива были проведены на тракторе МТЗ-82 с двигателем Д-240. При испытаниях использовалось чистое биотопливо и его смесь с дизельным топливом в различных концентрациях. Предварительно топливная система трактора МТЗ-82 была адаптирована для работы на биодизельном топливе (рис. 2). Как показали испытания, выбросы CO и CH на биодизельном топливе ниже, чем на чисто дизельном топливе, однако, при достижении заданной мощности при работе на биодизельном топливе увеличивается часовой расход топлива.

В целом для России, имеющей значительные запасы нефти, добавление в топливо растительных масел и их эфиров не является сегодняшней проблемой. Однако при вступлении в ЕС, где принимается закон об обязательном использовании биотоплива, эта проблема может стать актуальной и для нашей страны. Еще одним стимулом применения биодизельного топлива в России, как и в Европе, является

повышение требований к качеству нефтепродуктов. Наличие больших запасов плодородных земель, пригодных для выращивания масляных культур (рис. 3), а также положительная динамика посевных площадей и урожайности озимого и ярового рапса определяют потенциальную возможность России стать одним из лидирующих государств по изготовлению биотоплива. Действующий в России ГОСТ 52368–2005 допускает применение биотоплива в концентрации до 5% по отношению к дизельному топливу.

В настоящее время в России производство биотоплива пока еще не налажено. Соответственно и цена биотоплива в России почти в два раза выше, чем дизельного топлива. По прогнозам экономистов, стоимость биотоплива и дизельного топлива сравняются в России не ранее чем через три года.

План стратегического развития ОАО «РЖД» на ближайшую перспективу и до 2030 г. предусматривает применение передовых технологий на базе современных научных достижений и их внедрение на сетях российских железных дорог в случае получения положительного эффекта. В отношении биотоплива было принято решение провести его испытания, оценить затраты на модернизацию существующих дизелей тепловозов и отложить отработанную технологию для внедрения после изменения конъюнктуры топливного рынка. Прове-

дение испытаний было поручено ОАО «ВНИИЖТ».

По распоряжению ОАО «РЖД» в локомотивное депо Воронеж-Курский Юго-Восточной железной дороги были проведены испытания биодизельного топлива. Биотопливо, изготовленное по нормам EN14214, было поставлено ЗАО «Маслопродукт» из Чехии. Три опытных и один контрольный маневровые тепловозы ЧМЭЗ были оборудованы приборами контроля режимов работы и бортовой диагностической системой.

В соответствии с программой испытаний биотопливо использовалось в качестве добавки к дизельному топливу на трех тепловозах в количестве 5, 10 и 20%. Эксплуатационным испытаниям предшествовали реостатные испытания тепловозов для оценки влияния биотоплива на мощностные, расходные и экологические характеристики.

В результате реостатных испытаний на дизельном и биодизельном топливе тепловозов ЧМЭЗ установлено следующее:

1. Мощность дизелей тепловозов ЧМЭЗ при работе на биодизельном топливе с концентрациями 5, 10 и 20% не изменяется во всем диапазоне позиций контроллера машиниста вследствие того, что система регулирования поддерживает заданную частоту вращения коленчатого вала двигателя при установленной регулировке мощности.

2. Удельный расход топлива увеличивается в зависимости от режима работы и величины добавки на 2-8%. Наибольшее увеличение наблюдается на режимах малых нагрузок (1-3 позиции контроллера машиниста).

3. Измерения токсичности отработавших газов показали, что добавка биотоплива снижает содержание оксидов углерода (CO) в отработавших газах дизеля от 2 до 25% в зависимости от режима работы и от концентрации биодизельного топлива. Содержание оксидов азота (NO_x) в отработавших газах при применении биодизельного топлива практически не изменяется.

4. Лабораторным анализом установлено, что смесь дизельного и



Рис. 3. Площади плодородных земель, пригодных для выращивания масляных культур в странах Западной Европы, России, Украине и Казахстане

биотоплива со временем не расслаивается и не оказывает воздействия на состояние резины. Однако отмечены растворяющие свойства биотоплива, в результате чего наблюдается смыв отложений со стенок топливной системы и образование осадка в топливном баке.

Одновременно с реостатными испытаниями дорожной химико-технологической лабораторией были проведены химические анализы биодизельного топлива со всеми концентрациями биотоплива.

В первых опытах в три колбы с дизельным топливом было залито биотопливо до достижения концентраций 5, 10 и 20%. Топливо не перемешивалось. Наблюдение за перемешанным биодизельным топливом показало, что во всех случаях при комнатной температуре через 80-84 ч происходит его расслоение на фракции. Биодизельное топливо выпадает в осадок. При нагреве топлива до 40°C и наблюдении за ним в течение 3,5 сут. расслоения установлено не было.

Во второй серии опытов биотопливо с концентрацией 5, 10 и 20% перемешивалось с дизельным топливом. Расслоение топлива в течение 3,5 сут. не наблюдалось. В пробе с 20%-ной концентрацией наблюдалось помутнение в нижнем слое. При повышении температуры до 40°C помутнение оседало в виде мелких прозрачных пузырьков на дне колбы. Дальнейшее наблюдение показало, что пузырьки превратились в плесневые отложения на дне колбы.

Проверка воздействия биодизельного топлива с 5-, 10- и 20%-ным содержанием биотоплива на резиновые уплотнения выявила, что физические свойства резины за время испытаний не меняются, цвет топлива с яркого желтого изменился на темный с хлопьевидными взвесями. Самым активным был признан раствор с 10%-ной концентрацией биотоплива.

Проведенные пробы биодизельного топлива, взятого из топливного бака, по определению изменения кинематической вязкости показали, что вязкость при 20°C за пять дней увеличилась с 5,01 до 7,63 сст., а при 40°C

– с 4,56 до 4,77 сст. при норме 3-6 сст. Спустя две недели после взятия первой пробы анализ был повторен, вязкость при 20°C снизилась до 4,7 сст.

Анализ проб, взятых из баков тепловозов с 5- и 10%-ным содержанием биотоплива, показал, что через 5-8 ч после заправки тепловоза биотопливом на дно бака выпадает осадок, состав которого выяснить не удалось.

При проведении опытной эксплуатации тепловозов ЧМЭЗ на биодизельном топливе были организованы исследования качественного состава отложений на внешней поверхности фильтров тонкой очистки топливной системы тепловозов, так как такие отложения сокращают срок эксплуатации фильтрующей поверхности. Исследования проводились ЗАО «Маслопродукт» с привлечением специалистов аккредитованной лаборатории криминалистики УВД по Воронежской области и сотрудников аналитической лаборатории факультета экологии и химической технологии Воронежской государственной технологической академии.

В результате было выяснено, что осадок на фильтре представляет собой смесь частиц сажи и механических примесей. После обработки соскоба с фильтра диэтиловым эфиром раствор был отфильтрован через бумажный фильтр «белая лента». Полученный осадок белого цвета был высушен и исследован на инфракрасном спектрометре. Инфракрасный спектр был снят из таблетки, полученной растиранием анализируемого образца с KBr.

Исследование показало:

- в спектре присутствует широкая характеристическая полоса поглощения при 3400 см⁻¹, соответствующая валентным колебаниям гидроксильной группы;

- полоса поглощения при 1741 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям карбонильной группы в кислотах и сложных эфирах;

- широкая интенсивная полоса при 2927 см⁻¹ может быть отнесена к асимметричным валентным колебаниям группы =CH₂ в насыщенных углеводородах, а полоса при 2854,9 см⁻¹ – к асимметричным валентным колебаниям

метильной группы (-CH₃) в насыщенных углеводородах;

- при 1618 см⁻¹ в инфракрасном спектре находятся две широкие, частично неразделенные, полосы поглощения, которые могут быть отнесены к валентным колебаниям гидроксильной группы. В этой же области спектра находятся полосы деформационных колебаний кристаллизационной воды в гидратированных солях, однако, с учетом происхождения образца, их присутствие проблематично;

- полоса слабой интенсивности при 1305 см⁻¹ характерна для углеводородов с неразветвленными цепями. Присутствие этой полосы в сочетании с полосами при 2927 и 2854,9 см⁻¹ свидетельствует о присутствии в образце веществ с длинным алифатическим радикалом;

- в области 1205-1125 см⁻¹ выходят полосы валентных колебаний группы C-OH, относящиеся к вторичным спиртам, к этой же группе относится и полоса при 1195 см⁻¹;

- полосы при 1139,6 и 1905 см⁻¹ могут быть отнесены к асимметричным валентным колебаниям группы –C-O-C- в алифатических эфирах;

- полоса при 722 см⁻¹ относится к маятниковым колебаниям группы =CH₂ в алифатическом радикале длиной более 4 групп =CH₂.

Таким образом, анализ инфракрасного спектра поглощения исследуемого образца позволяет сделать вывод о присутствии в пробе веществ с функциональными группами:

- гидроксильной (-OH);
- карбонильной (-C=O);
- эфирной (-C-O-C-);
- алифатического радикала.

В процессе получения биотоплива при синтезе метиловых эфиров перэтерификацией рапсового масла в реакционной смеси присутствуют побочные продукты – моно- и диглицериды жирных кислот, которые как раз и имеют все функциональные группы, полосы поглощения которых присутствуют в анализируемом инфракрасном спектре. Содержание этих веществ в конечном продукте суммарно не превышает 1%. Они обладают поверхностно-активными

Таблица 2

Результаты освидетельствования топливной аппаратуры при техническом обслуживании тепловоза ЧМЭЗ с 5%-ным содержанием биотоплива

Время работы, сут.	Результаты осмотра и обслуживания
24	Замечаний по работе топливной аппаратуры не было. Был заменен сальник топливного насоса. На сопловых наконечниках распылителей форсунок обнаружен нагар, удаляемый механическим способом. Отложения были удалены. Элементы фильтра тонкой очистки топлива были заменены из-за наличия темного маслянистого налета на их поверхности
52	Три форсунки были заменены по причине подтекания и плохого распыления топлива
82	Замечаний по работе топливной аппаратуры не было. На сопловых наконечниках распылителей форсунок обнаружен нагар, удаляемый механическим способом. Отложения были удалены. Элементы фильтра тонкой очистки топлива были заменены из-за наличия темного маслянистого налета на их поверхности
122	У всех форсунок обнаружено снижение давления впрыска. Две форсунки были заменены по причине подтекания и плохого распыления топлива. Обнаружен износ притирочных поясков обоих распылителей и тугой ход игл. На одной из игл имелись светлые лаковые отложения
157	Две форсунки были заменены по причине подтекания и плохого распыления топлива. На сопловых наконечниках распылителей форсунок обнаружен нагар, удаляемый механическим способом. Отложения были удалены. Элементы фильтра тонкой очистки топлива были заменены из-за наличия темного маслянистого налета на их поверхности

Таблица 3

Результаты освидетельствования топливной аппаратуры при техническом обслуживании тепловоза ЧМЭЗ с 10%-ным содержанием биотоплива

Время работы, сут.	Результаты осмотра и обслуживания
27	Замечаний по работе топливной аппаратуры не было
54	Замечаний по работе топливной аппаратуры не было. На сопловых наконечниках распылителей форсунок обнаружен нагар, удаляемый механическим способом. Отложения были удалены. Элементы фильтра тонкой очистки топлива были заменены из-за наличия темного маслянистого налета на их поверхности
77	Замечаний по работе топливной аппаратуры не было
103	У одной форсунки была нарушена регулировка давления впрыска

свойствами при контакте с водой, но плохо растворимы в компонентах дизельного топлива, поэтому в первую очередь отлагаются на фильтрах тонкой очистки. Причиной этому может быть сравнительно высокое содержание дизельного топлива в смеси, что вызывает снижение растворимости моно- и диглицеридов, которые, с другой стороны, весьма хорошо растворимы в метиловых эфирах рапсового масла.

Во время проведения эксплуатационных испытаний условия поездной работы тепловозов на биодизельном топливе не отличались от условий эксплуатации приписного парка тепловозов ЧМЭЗ на штатном топливе.

Входной контроль качества топлива по ГОСТ 305–82 производился работниками химико-технической лаборатории депо в соответствии с требованиями инструкции «Локомотивы и мотор-вагонный подвижной состав. Инструкция по применению смазочных материалов» 01 ДК.421 457.001 И.

Входной контроль биотоплива на соответствие EN 14214 осуществлялся работниками химико-технической лаборатории депо и в дорожной химико-технической лаборатории по показателям: плотность при 15°C, кинематическая вязкость при 40°C, температура вспышки, зольность, кислотное число, содержание воды. Контроль биодизельного топлива выполнялся по этим же показателям после смешения штатного топлива и биотоплива и фиксировался в лабораторном журнале с указанием концентрации биотоплива.



Рис. 4. Элемент топливного фильтра чистой очистки тепловоза ЧМЭЗ с 20%-ной концентрацией биотоплива через два месяца после начала испытаний

Контроль биодизельного топлива из топливного бака тепловоза осуществлялся на содержание механических примесей и воды.

Результаты технического обслуживания тепловозов ЧМЭЗ с различной концентрацией биотоплива, полученные во время эксплуатационных испытаний, приведены в табл. 2-4.

Результаты первых двух месяцев эксплуатационных испытаний тепловозов на биодизельном топливе выявили следующие дефекты:

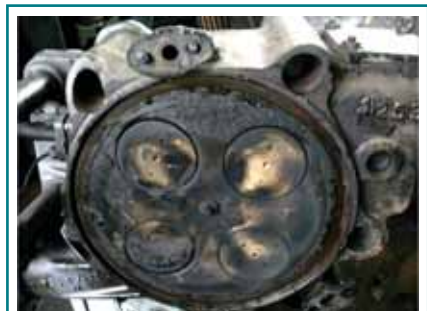


Рис. 5. Крышка цилиндра тепловоза ЧМЭЗ с 10%-ной концентрацией биотоплива через два месяца после начала испытаний

Таблица 4

Результаты освидетельствования топливной аппаратуры при техническом обслуживании тепловоза ЧМЭЗ с 20%-ным содержанием биотоплива

Время работы, сут.	Результаты осмотра и обслуживания
38	Замечаний по работе топливной аппаратуры не было. На сопловых наконечниках распылителей форсунок обнаружен нагар, удаляемый механическим способом. Отложения были удалены. Элементы фильтра тонкой очистки топлива были заменены из-за наличия темного маслянистого налета на их поверхности
72	По причине подтекания и плохого распыления топлива были заменены три форсунки. Неудовлетворительная работа форсунок объясняется заклиниванием игл распылителей
85	Одна форсунка была заменена по причине подтекания и плохого распыления топлива. Причиной явилось заклинивание иглы распылителя
131	Одна форсунка была заменена по причине подтекания и плохого распыления топлива. Причиной явились износ притирочного пояса и тугой ход иглы. У всех форсунок снижено давление впрыска. На сопловых наконечниках распылителей форсунок обнаружен нагар, удаляемый механическим способом. Отложения были удалены. Элементы фильтра тонкой очистки топлива были заменены из-за наличия темного маслянистого налета на их поверхности
167	Замечаний по работе топливной аппаратуры не было



Рис. 7. Элементы фильтров тонкой очистки тепловоза ЧМЭЗ с 20%-ной концентрацией биотоплива в конце испытаний

Этими отложениями первоначально были загрязнены фильтры и элементы топливной аппаратуры. В конце испытаний топливная система тепловозов была очищена биотопливом значительно лучше, чем на контрольном тепловозе.

Заключение

1. Увеличение среднего по позициям контроллера удельного эффективного расхода топлива тепловозами с различной концентрацией биотоплива, по сравнению с такими же расходами на штатном дизельном топливе, составило (см. табл. 5)

На эксплуатационный расход топлива тепловозами, работающими на биодизельном топливе, оказывают влияние несколько факторов – более низкая теплотворная способность биотоплива, его растворяющие свойства, вызывающие смывание из топливной системы нерастворимых в дизельном топливе отложений, наличие в самом биотопливе нерастворимых осадков, которые загрязняют топливо и оказывают отрицательное влияние на процесс его сгорания в цилиндрах дизеля. С другой стороны содержание в биотопливе кислорода способствует улучшению процесса сгорания. Совместное влияние указанных факторов определяет изменение расхода топлива, которое было получено при испытаниях.

Таблица 5

Концентрация биотоплива, %	В начале испытаний	В конце испытаний
5	4,2	1,8
10	4,8	3,6
20	5,6	2,5

■ Фильтры тонкой очистки топлива (рис. 4) забиваются смолистыми отложениями, имеется разрушение сальников на топливоподкачивающем насосе. Это вызывает падение давления в топливной системе и потерю мощности двигателя, в результате чего тепловоз «глохнет».

■ Выявлен нагар на носиках распылителей форсунок.

■ Обнаружено заклинивание игл распылителей форсунок.

■ Огневые поверхности крышек впускных и выпускных клапанов были

покрыты тонким слоем твердого нагара темного цвета, местами сажистым налетом серого цвета (рис. 5).

■ У одного из выпускных клапанов обнаружено подтекание масла из-за неплотного прилегания к седлу. Седла клапана имели повышенный износ. У всех клапанов был обнаружен нагар на поверхностях, обращенных к внутренним каналам крышки (рис. 6).

Исследования, проведенные в конце эксплуатационных испытаний (через 9 мес.), показали совсем другую картину. Фильтры тонкой очистки топлива (рис. 7) были чище, чем у контрольного тепловоза на штатном дизельном топливе. То же самое было с другими элементами топливной аппаратуры. Объясняется это тем, что за первые месяцы испытаний биотопливо растворило большую часть твердых налетов от нагаров на топливной аппаратуре, которые не могло растворить штатное дизельное топливо.



Рис. 6. Клапан цилиндровой крышки тепловоза ЧМЭЗ с 10%-ной концентрацией биотоплива через два месяца после начала испытаний

2. Изменение максимального давления сгорания при переходе с дизельного на биодизельное топливо с различной концентрацией биотоплива находилось в пределах погрешностей измерений.

3. Средняя температура выхлопных газов несколько увеличилась, что свидетельствует о некотором ухудшении рабочего процесса и координируется с увеличением удельного расхода топлива.

4. Измерения токсичности выхлопных газов показали, что в зависимости от режима работы тепловозного дизеля содержание оксидов углерода в выхлопных газах при концентрации биотоплива 5% снижается на 24-60%, при 10% – на 9-32%, при 20% – на 14-31%. Содержание оксидов азота практически не изменилось, хотя и имеет тенденцию к повышению (до 1,2%). Содержание оксидов азота в выхлопных газах контрольного тепловоза также практически не изменилось.

5. На всех опытных тепловозах, заправленных биодизельным топливом, в первые месяцы эксплуатации наблюдалось повышенное загрязнение фильтров тонкой очистки топлива в виде темных маслянистых отложений.

По данным химического анализа эти отложения являются фактически смолами. Указанное загрязнение фильтров потребовало замены фильтрующих элементов.

6. На распылителях форсунок дизелей, работающих на биодизельном топливе, наблюдался мягкий нагар, удаляемый механическим способом. Из других показателей работы форсунок при применении биотоплива наблюдалось заклинивание игл распылителей, потеря плотности, подтекание топлива, снижение давления впрыска, которое является характерной неисправностью на всех серийных тепловозах. По другим неисправностям на опытных тепловозах заменено 15 форсунок. Замена форсунок на контрольном тепловозе не производилась.

Такой же нагар был обнаружен на днище цилиндрических крышек со стороны камеры сгорания, на впускных и выпускных клапанах. На боковых поверхностях поршней, находящихся выше уровня первого компрессионного кольца, имелись небольшие лаковые отложения.

7. Показатели биодизельного топлива по температуре вспышки,

плотности, кинематической вязкости, содержанию воды и механических примесей, по анализу проб, взятых из топливных баков опытных тепловозов, в целом находились на уровне показателей дизельного топлива на серийных тепловозах ЧМЭЗ. Исключение составило кислотное число, значение которого на опытных тепловозах превышало предельное число для дизельного топлива вследствие высокого содержания биотоплива (1,56 при норме 0,5 мг КОН/г).

8. Технико-экономическая оценка внедрения биотоплива на тепловозах ЧМЭЗ показала, что при существующих в России ценах на биотопливо (21,6 тыс. руб. за 1 т) его применение убыточно. Экономический эффект может быть получен при цене биотоплива менее 12 тыс. руб. за 1 т. При цене 11 тыс. руб. за 1 т срок окупаемости капиталовложений депо с парком из 40 локомотивов, работающих на топливе с 20%-ной концентрацией биотоплива, составляет шесть лет. При применении 100% биотоплива, вследствие использования освобождающейся инфраструктуры для дизельного топлива, срок окупаемости составляет менее года.

Хабаровский край намерен заменить бензин на газ

10.12.2009 г. в Хабаровске прошла научно-практическая конференция «Перспективы использования природного газа на автомобильном транспорте в Хабаровском крае». Один из основных докладчиков на конференции директор филиала «Томскавтогаз» ООО «Газпром трансгаз Томск» Вячеслав Хахалкин рассказал о том, как газовое топливо используют в Западной Сибири.

«Все последние годы мы можем наблюдать устойчивый рост стоимости бензина и дизельного топлива. К тому же автомобили, заправляющиеся нефтепродуктами, оказывают серьезнейшее негативное воздействие на окружающую среду. И в последние годы все больше стран в мире обращают свои взоры к альтернативным видам топлива. Что касается метанола и этанола, то сейчас уже всем ясно, что это тупиковый путь. Использование в качестве топлива биогаза, водорода, диметилэфира, электричества пока упирается в несовершенство

технологий. Прогресс в этом направлении ожидается не ранее 2025 г. Природный газ на сегодняшний день наиболее приемлем из альтернативных видов топлива по экономическим, экологическим и ресурсным характеристикам», – считает Хахалкин.

Сейчас в России действует 233 такие станции газовой заправки автомобилей. И 196 из них принадлежат ОАО «Газпром». Эти станции объединены в 11 филиалов при газотранспортных предприятиях. Дочернее общество ОАО «Газпром» – ООО «Газпром трансгаз Томск» – имеет филиал «Томскавтогаз». Сибирская компания занимается строительством, эксплуатацией таких станций и формированием рынка потребления КПП на территории от Омска до Камчатки.

«Наша компания эксплуатирует 8 станций в Томске, Новосибирске, Кемерове, Новокузнецке, а также семь пунктов автогазовой заправки. В 2008 г. было реализовано 18 млн. м³ КПП, заправлено 530 тыс. автомо-

билей. За 9 месяцев этого года реализовано 11,2 млн. м³ КПП. Цена на газовое топливо держится в пределах 6,5-8 руб. за 1 м³. Вот и посчитайте, сколько сэкономили наши клиенты на топливе. Основные потребители газового топлива – это муниципальная спецтехника, пассажирские автобусы, сельскохозяйственные машины. Есть и легковые автомобили, но пока не так много, – сказал В.Хахалкин. – Нужен эффективный и работоспособный местный закон об использовании природного газа в качестве моторного топлива. Его положения должны стимулировать предприятия к переводу техники на КПП. К примеру, надо позволить муниципальным предприятиям оставлять себе не менее 50% средств, сэкономленных на топливе за счет газификации транспорта».

В Хабаровский край, подчеркнул он, пришел сахалинский природный газ, владельцы автотранспорта наверняка заинтересуются использованием его в качестве моторного топлива.

Зам. министра промышленности, транспорта и связи Хабаровского края Владимир Быченко сказал на конференции, что инвесторы готовы вкладывать в газификацию автотранспорта на условиях эффективности.

<http://primamedia.ru/news/10.12.2009-112998>

Использование токсичного биогаза в качестве возобновляемого источника энергии, являющегося продуктом полигонного захоронения отходов

В.В. Лозовецкий, профессор Московского государственного университета леса, д.т.н.,
М.В. Кондратенко, студентка Российского государственного университета туризма и сервиса,
Г.С. Дугин, зам. заведующего отделом научной информации по проблемам транспорта, старший научный сотрудник Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН)

Предлагается использовать биогаз, образующийся при полигонном захоронении отходов и являющийся загрязнителем окружающей среды, в качестве возобновляемого источника энергии в различных установках для производства электроэнергии, холода, теплофикации и в качестве моторного топлива на транспорте. Приводятся методика расчета системы подачи биогаза потребителю и критериальные зависимости для гидравлического и теплового расчета регенеративного теплообменного аппарата, накапливающего теплоту при малых нагрузках и отдающих ее в режиме пиковых. Рассмотрены возможности применения биогаза в качестве моторного топлива на транспорте.

Ключевые слова: биогаз, полигон, отходы, скважина, коэффициент гидравлического сопротивления, коэффициент теплоотдачи, тепловой насос, теплообменный аппарат-регенератор, возобновляемый источник энергии, моторное топливо.

Methods application of harmful biogas (as renewable energy source) – a product of ground burial place of wastes

V.V. Lozovetsky, M.V. Kondratenko, G.S. Dugin

It is suggested to utilize biogas, appearing at the ground burial place of wastes and being contamination of environment, as a renewable energy source in different options for the production of electric power, cold, power-and-heat supply and as motor fuel. Offered method of calculation of the system of serve of biogas to the user and criterion dependences for the hydraulic and thermal calculation of regenerative heat-exchange vehicle, accumulating a warmth at the small loadings and giving it in the mode of spades. Also it is considered possibility of biogas application as motor fuel.

Keywords: biogas, ground, wastes, mining hole, coefficient of hydraulic resistance, coefficient of heat emission, thermal pump, heat-exchange vehicle-regenerator, renewable energy source, motor fuel.

Во всем мире проблема утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) является одной из приоритетных, занимая в системе городского хозяйства второе место по затратам и инвестициям после сектора водоснабжения и канализации. Неэффективная утилизация таких отходов может привести к нарушениям экологического равновесия и часто является причиной возникновения чрезвычайных ситуаций. Поэтому санитарная очистка городов обеспечивается своевременным удалением ТБО из мест их образования, что создает необходимые санитарно-экологические условия существования населенного пункта.

В условиях истощения природных ресурсов практически не учитывается промышленный потенциал накопленных и образующихся отходов, которые необходимо использовать. При этом сложившаяся система утилизации отходов фактически не стимулирует процессы ликвидации и переработки отходов, а скорее способствует их накоплению на территориях предприятий и в местах, не предназначенных для этого.

В настоящее время наиболее распространенный и экономически приемлемый метод удаления отходов – это размещение их в специально отведенных местах для хранения и захоронения: на полигонах, в шламохранилищах, отвалах и других объектах.

Современный полигон – инженерно обустроенное сооружение, обеспечивающее реализацию технологии размещения ТБО (прием, складирование, уплотнение, захоронение) и охрану окружающей природной среды от загрязнения. В соответствии с современными требованиями полигон должен быть оборудован следующими отдельными инженерными объектами: уплотненным основанием из минеральных слоев в комбинации с искусственными материалами; проездами; сооружениями по сбору фильтрата и его очистке; устройствами по сбору и утилизации выделяющегося газа; сооружениями по защите ландшафта с помощью рекультивации земель.

При недостатке кислорода органические ТБО на полигоне подвергаются анаэробному сбраживанию, что приводит к образованию так называемого «свалочного газа» – биогаза (смесь метана, углекислого газа, сероводорода и др.), создающего парниковый эффект и являющегося причиной возгорания ТБО на полигонах и свалках. Биогаз, полученный на полигонах ТБО, может использоваться в качестве топлива для выработки теплоты, холода и электроэнергии, особенно в режиме пиковых нагрузок, для коммунально-бытовых целей и сельского хозяйства. Одновременно утилизация биогаза с полигонов позволяет улучшить экологическую обстановку, уменьшить загрязнение атмосферы и практически исключить самовозгорание отходов.

Температура образующегося биогаза соответствует температуре полигона, которая при анаэробном разложении органической фракции ТБО повышается до 20-40°C, что позволяет предварительно использовать биогаз в качестве источника теплоты в тепловых насосах, преобразующих низко потенциальную тепловую энергию в теплоту более высокого потенциала и холод. Поскольку для отходов характерна высокая влажность, биогаз насыщается парами воды. При снижении температуры биогаза в системе

газопровода образуется до 20 г/м^3 конденсата, который необходимо удалять из системы сбора биогаза и направлять на обезвреживание, так как по химическому составу он во многом аналогичен фильтрату. Влага из системы удаляется за счет ее конденсации в испарителе 1 (рис. 1) теплового насоса при снижении температуры биогаза в процессе нагревания рабочего тела. После осушки биогаз подается по системе трубопроводов на сжигание в камере сгорания 6 и далее в паровую турбину для получения электроэнергии или для аккумулирования теплоты в теплообменнике-регенераторе 8 и ее последующего использования в режиме пиковых нагрузок.

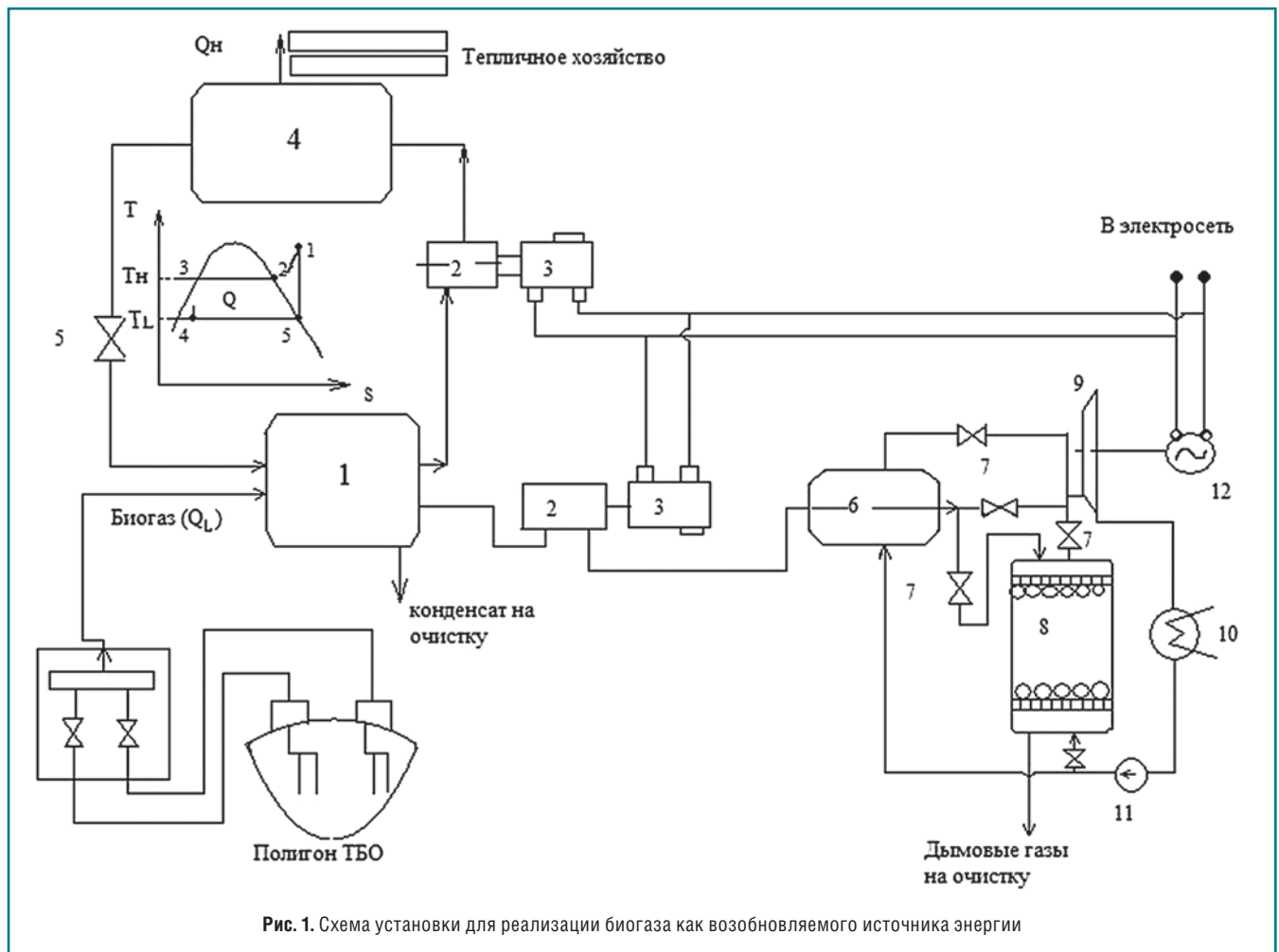
Таким образом, предлагаемая система получения биогаза на эксплуатируемых полигонах ТБО состоит из скважин, дренажа, промежуточных и магистральных трубопроводов с арматурой, из устройства по очистке и осушке биогаза, вентиляторной и энергетической установок. Проектная система должна быть составной частью технологической схемы эксплуатации полигона. На основании рабочей карты монтируют скважины для отвода биогаза из тела полигона. В каждую скважину сначала устанавливают железобетонное кольцо диаметром 1 м. Затем в это кольцо снизу размещают перфорированную дренажную трубу, а сверху нее – обсадную трубу без перфорации. Промежутки между железобетонным кольцом и этими двумя трубами заполняют крупнозернистым щебнем. К скважинам через

каждые 2 м по высоте (толщина рабочего слоя) подводят 3-4 дренажные сети, длина каждой из которых составляет 10-15 м. Сверху дренажную сеть засыпают ТБО.

Гидравлический расчет разветвленной газовой сети системы сбора и утилизации биогаза на полигоне ТБО сводится к определению оптимального диаметра труб каждого участка газопровода на основе подсчета потерь давления газа по заданным расходам.

При гидравлическом расчете выбирается основное направление газопровода, соединяющее начальную наиболее удаленную точку и конечную точку магистрального трубопровода. Для удобства расчета участки газовой сети нумеруются двумя цифрами: первая обозначает начало участка, вторая – конец участка. В связи с тем, что в разветвленной сети к любому узлу подаются лишь один линейный расход, при заданных в конечных точках расходах определяют линейные расходы всех участков. По линейным расходам и скоростям движения биогаза определяются диаметры труб каждого участка.

В качестве примера рассмотрим систему с электрической мощностью 2,5 МВт. Исследования показали, что для получения мощности в 1 МВт требуется 15-20 скважин [1]. Для расчета примем среднее значение, равное 18 скважинам. Тогда общее количество скважин на полигоне для обеспечения указанной мощности составит $n = 2,5 \cdot 18 = 45$ скважин.





Выход биогаза из пробуренной скважины глубиной 10 м обычно составляет 10-20 м³/ч. Примем среднее значение, равное 15 м³/ч. Тогда потребный расход биогаза равен: $Q = 15 \cdot 45 = 645 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,1875 \text{ м}^3/\text{с}$.

С учетом различных диаметров труб и потребного расхода рассчитываются гидравлические потери и эксплуатационные расходы на прокачку биогаза в системе (кривая 1). Для этих же диаметров рассчитываются капитальные затраты (кривая 2). Результаты таких расчетов, представленные на рис. 2, позволяют определить оптимальный диаметр труб на основе минимума общих издержек (кривая 3).

Упрощенный расчет годового экономического эффекта от внедрения такой системы подачи биогаза показывает, что для производящей электроэнергию установки мощностью $N = 2,5 \text{ МВт}$, работающей $T = 11$ мес. в году, при современной цене на электроэнергию $C = 2,76 \text{ руб./кВт}\cdot\text{ч}$ он составляет:

$$E = NTC = 2,5 \cdot 11 \cdot 30 \cdot 24 \cdot 2,76 = 54,53 \text{ млн. руб. в год.}$$

Для реализации данного проекта были проведены исследования процессов гидродинамики и теплообмена в теплообменниках-аккумуляторах, которые обеспечивают максимальное заполнение объема воспринимающей и отдающей теплоту средой (шаровыми элементами с плавящимся при нагревании наполнением).

В режиме малых нагрузок засыпка шаровых элементов омывается однофазной средой – горячими газами, образующимися при горении биогаза. В этом случае для расчета обобщенного коэффициента гидравлических потерь в условиях модели внутреннего отрывного течения [2] предлагается использовать следующую зависимость:

$$\xi_o = 0,276 \left(\frac{33}{\text{Re}_o^{0,6}} - \frac{\text{Re}_o^{1,6}}{10^9} + 1 \right). \quad (1)$$

Данная зависимость может быть рекомендована для расчета коэффициента гидравлического сопротивления

в регулярных и нерегулярных монодисперсных шаровых засыпках в диапазоне чисел Рейнольдса $\text{Re}_o = (200-10^4)$.

Сопротивление при кипении воды и движении пароводяной смеси в режиме пиковых нагрузок, когда шаровая засыпка отдает накопленную теплоту, моделировалось с помощью смеси воздуха и воды. Результаты исследований показали, что коэффициент гидравлического сопротивления хорошо описывается критериальными зависимостями двух видов:

$$\text{для области чисел Рейнольдса } \text{Re}_o = 4.545-10^2 \\ \xi_o = \exp [1.96(4.6 - \ln \text{Re}_o)]. \quad (2)$$

$$\text{для области чисел Рейнольдса } \text{Re}_o = 10^2-7.2 \cdot 10^4 \\ \xi_o = 0.276 \left(\frac{33}{\text{Re}_o^{0,6}} - \frac{\text{Re}_o^{1,6}}{10^9} + 1 \right). \quad (3)$$

Формулы (2) и (3) хорошо обобщают опытные данные и могут быть рекомендованы для расчета обобщенного коэффициента гидравлического сопротивления в регулярных и нерегулярных монодисперсных шаровых засыпках в диапазоне чисел Рейнольдса $\text{Re}_o = 4.545-7.2 \cdot 10^4$ при течении в них воздуха, воды и газожидкостных потоков.

Теплообмен в шаровом монодисперсном слое так же, как и сопротивление, согласно модели внутреннего отрывного течения определяется отрывным характером течения. Обработка экспериментальных данных, полученных в настоящей работе, и учет влияния степени расширения проходного сечения монодисперсного шарового слоя позволили получить следующую критериальную зависимость для расчета среднего коэффициента теплоотдачи на стабилизированном участке при теплообмене с однофазной средой, в частности, с продуктами, образующимися при сгорании биогаза:

$$\text{Nu}_o = 0,076 \left(1 + \frac{5}{F^2} \right) \text{Re}_o^{0,69}. \quad (4)$$

В режиме пиковых нагрузок теплообменник-регенератор с засыпкой шаровых элементов работает как источник теплоты, нагревая воду до температуры кипения и производя пар высоких параметров. Следует отметить, что процессы гидродинамики и теплообмена при кипении воды в засыпке шаровых элементов практически не исследованы.

Проведенные нами экспериментальные исследования позволили обнаружить две области кипения: пузырьковую и переходную. Данные по коэффициенту теплоотдачи при пузырьковом режиме кипения представлены на рис. 3. Они хорошо описываются соотношением:

$$\text{Nu}_b = 0,03 \left[\frac{d_{ш}}{\sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_b - \rho_n)}}} \right]^{0,48} \left[\frac{r}{C_{экр} \Delta T_s} \right]^n Pr_b^{1,79} \left(\frac{\lambda_{экр}}{\lambda_b} \right)^m, \quad (5)$$

$$\text{где } m = 0,69 \left[\frac{d_{ш}}{\sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_b - \rho_n)}}} \right]^{0,6}, \quad n = -0,313 \cdot Pr_b^{0,3},$$

где комплекс

$$a = \left[\frac{d_{ш}}{\sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_{в} - \rho_{п})}}} \right]^{0,9} \left[\frac{r}{C_{эKB} \Delta T_s} \right]^n Pr_{в}^{2,73} \left(\frac{\lambda_{эKB}}{\lambda_{в}} \right)^m; Nu_{в} = \frac{\alpha d_{ш}}{\lambda_{в}};$$

1, 2 – пузырьковый и переходной режим кипения соответственно.

Из рис. 3 следует, что при пузырьковом режиме кипения, как и в случае кипения в большом объеме, с ростом плотности теплового потока коэффициент теплоотдачи увеличивается. Рост коэффициента теплоотдачи вызван ростом центров парообразования на поверхности шаровых элементов и увеличением скорости движения паровой среды, что связано с ростом величины паросодержания β . В случае кипения жидкости в условиях вынужденного движения в шаровой засыпке тепло от поверхности нагрева переносится в ядро пузырьками пара, образовавшимися на ней, и конвекцией жидкости. Количество тепла, переносимого паром, зависит, в основном, от плотности теплового потока q на поверхности сферы. Количество тепла, переносимого путем конвекции жидкости, в случае малых объемов паросодержаний β определяется скоростью циркуляции.

При достаточно развитом кипении, когда вблизи поверхности шарового элемента содержание пара становится значительным, высокая интенсивность теплоотдачи при пузырьковом кипении определяется малым термическим сопротивлением тонкой жидкостной пленки, которая остается на самой теплоотдающей поверхности. Эффективная толщина этого слоя жидкости уменьшается по мере увеличения тепловой нагрузки, что приводит к увеличению интенсивности теплоотдачи.

Анализ экспериментальных данных показал, что при паросодержании $\beta = 8,58\%$ ($q = 1,098 \cdot 10^5$ Вт/м²), имеет место максимум теплоотдачи. При дальнейшем росте паросодержания коэффициент теплоотдачи уменьшается и достигает своего минимального значения для данной серии экспериментов, соответствующего $Nu_{в} = 8,06$ при $\beta = 58,6\%$. Снижение величины коэффициента теплоотдачи

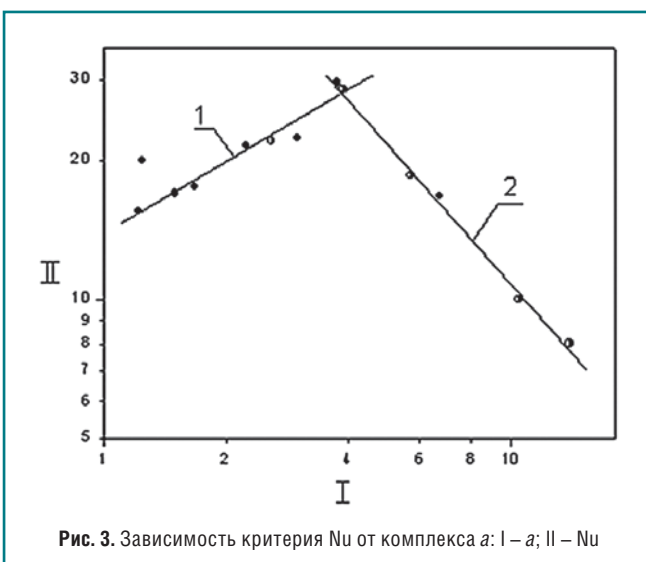


Рис. 3. Зависимость критерия Nu от комплекса a : I – a ; II – Nu

объясняется тем, что как на самой поверхности шаровых элементов, так и вблизи нее пузырьки пара непрерывно сливаются между собой, образуя большие паровые объемы, которые все больше затрудняют доступ к теплоотдающей поверхности. В отдельных ее областях возникают сухие пятна, их число и плотность непрерывно увеличиваются по мере увеличения T_w и соответственно ΔT_s и β . Эти участки исключаются из теплообмена с жидкой средой, они контактируют с паром, теплоотдача к которому существенно менее интенсивна, чем к воде.

Уменьшение теплоотдачи с ростом плотности теплового потока соответствует переходному режиму кипения, для описания которого нами получена следующая критериальная зависимость:

$$Nu_{в} = 8,93 \cdot 10^6 \left[\frac{d_{ш}}{\sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_{в} - \rho_{п})}}} \right]^{-0,884} \left[\frac{r}{C_{эKB} \Delta T_s} \right]^{n_1} Pr_{в}^{-2,69} \left(\frac{\lambda_{эKB}}{\lambda_{в}} \right)^{m_1}, \quad (6)$$

$$\text{где } m_1 = -1,28 \cdot \left[\frac{d_{ш}}{\sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_{в} - \rho_{п})}}} \right]^{0,6}, \quad n_1 = -0,579 \cdot Pr_{в}^{0,3}.$$

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Предложена система использования биогаза, образующегося при полигонном захоронении ТБО, в качестве возобновляемого источника энергии.
2. Определены геометрические параметры, характеризующие модель внутреннего отрывного течения и процессы теплообмена и гидродинамики в шаровом монодисперсном слое.
3. Получены критериальные уравнения, удовлетворительно описывающие экспериментальные данные по сопротивлению и теплообмену в засыпке шаровых элементов при течении одно- и двухфазных сред и кипении.
4. При кипении в засыпке шаровых элементов во всем исследованном диапазоне наблюдается монотонный рост плотности теплового потока с увеличением параметра ΔT_s , который несколько замедляется в области больших значений этого параметра.

Список принятых обозначений

$C_{в}$ – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); $C_{ш}$ – удельная теплоемкость материала шарового элемента, кДж/(кг·К); $C_{в}$ – удельная эквивалентная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); $d_{ш}$ – диаметр шарового элемента, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; $Nu_{в}$ – критерий Нуссельта для воды; $Pr_{в}$ – критерий Прандтля для воды; q – плотность теплового потока, Вт/м²; r – удельная теплота парообразования, Дж/кг; Re_0 – критерий Рейнольдса; ΔT_s – разность температур поверхности шарового элемента и насыщения воды, °С; β – паросодержание, %; $\lambda_{в}$ – коэффициент теплопроводности воды, Вт/(м·К); $\lambda_{ш}$ – коэффициент теплопроводности материала шарового элемента, Вт/(м·К); $\lambda_{э}$ – эквивалентный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); $\rho_{в}$ – плотность воды, кг/м³; $\rho_{п}$ – плотность пара, кг/м³; ξ_0 – обобщенный

коэффициент гидравлического сопротивления; σ – поверхностное натяжение, Н/м. Индексы: в – вода; п – пар; ш – шаровой элемент; э – эквивалентный; s – насыщение.

Использование биотоплива на транспорте

В ближайшей перспективе основными проблемами на автомобильном транспорте всех без исключения стран мира, которые требуют немедленного своего решения, станут обеспечение безопасности движения, борьба с загрязнением атмосферного воздуха продуктами выхлопа автомобильных двигателей и, наконец, внедрение альтернативных видов топлива.

Сейчас все двигатели внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей производят более 85% всей энергии и потребляют более 1 млрд. т кислорода в год, выбрасывая в атмосферу сотни миллионов тонн токсичных веществ. Автомобилизация сопровождается значительным ростом масштабов потребления традиционного жидкого нефтяного топлива и повсеместным загрязнением окружающей среды отработавшими газами автомобилей. При этом запасы нефти на Земле ограничены, а затраты на ее добычу постоянно возрастают. Все это приводит к необходимости поиска и последующего использования альтернативных видов автомобильных топлив, к которым относится топливо, полученное не из нефтяных источников, а из возобновляемых видов сырья. Среди таких видов топлива можно назвать газовое топливо (сжиженный и сжатый нефтяной газ), водородное топливо и, наконец, биотопливо.

В настоящее время все большее распространение получают виды топлива на основе растительных масел (рапсовые, соевые, подсолнечные и т.п.). Это пока единственное альтернативное топливо, прошедшее строгие требования Закона о чистом воздухе, так как не содержит серы и биологически разлагается в природной среде, сокращает выбросы токсичных окиси углерода, несгоревших углеводородов и твердых частиц.

Преимущества и перспективы получения биотоплива из возобновляемого растительного сырья и положительные экологические аспекты не вызывают сомнения и подкреплены успешными результатами его применения во многих странах. Сейчас в Европе производится более 1,5 млн. т биодизельного топлива с тенденцией дальнейшего расширения его производства. Согласно экспертным прогнозам, к 2030 г. мировое производство биотоплива достигнет уже 150 млн. т.

Следует отметить, что биотопливо становится конкурентоспособным, когда цены на нефть достигают 50 долл. США за баррель.

Лидером потребления автомобильного биотоплива является Бразилия, где почти 50% продаваемых автомобилей используют спиртосодержащее топливо, полученное из сахарного тростника.

В мире существуют семь стандартов на этот вид топлива (Германия, Австрия, Чехия, Франция, Италия, Швеция и США). Так, в Германии топливо, представляющее собой диметилвый эфир (ДМЭ), производят уже 8 фирм, и оно отпускается на 800 заправок станциях.

Применение в качестве альтернативного вида топлива этанола или биодизеля, полученных за счет переработки растений, рассматривается как значительный шаг к сокращению выбросов углекислого газа в атмосферу. Хотя при сжигании биотоплива все же выделяется углекислый газ, но растительная масса, используемая для его получения, создавалась за счет фотосинтеза, то есть усвоения углекислого газа, и поэтому выброс этого продукта оказывается минимальным. Биодизель может использоваться в качестве альтернативного вида моторного топлива в обычных ДВС как самостоятельно, так и в смеси с обычным дизтопливом без внесения каких-либо изменений в конструкцию двигателя. Биодизель имеет высокое цетановое число 51-58 (а минеральное дизтопливо – только 42-45).

Рапсовое масло является самым дешевым из растительных масел. В России, Украине, Белоруссии и других странах СНГ, благодаря особым природно-климатическим условиям, обеспечивается достаточно высокая урожайность рапса. Кроме рапса, для производства можно использовать и другие маслосодержащие культуры – подсолнечник, кукурузу и др., однако, рапс технологически проще и экономически выгоднее. Сгорание 1 г биодизеля дает 9,5 килокалорий, что является огромным энергетическим потенциалом.

В России, к сожалению, доля биотоплива в общем объеме потребления составляет менее 1%, а моторное биотопливо здесь практически не применяется, хотя в Европе этот показатель составляет почти 8%. Но с 2007 г. появился интерес к инвестициям в эту отрасль в нашей стране. В ближайшее время планируется реализовать несколько проектов по производству биоэтанола, хотя ряд экспертов считает, что конечное производство биотоплива в России нерентабельно и возможен только экспорт сырья (например, рапса) в Европу.

На 5-м Байкальском экономическом форуме, который состоялся 8-10.09.2008 г. в Иркутске, представитель Ростехнологии заявил о планируемом строительстве в России 30 заводов по производству биотоплива. ООО Кировский биохимзавод приступил к выпуску биотоплива из непищевого сырья, производство которого должно обеспечить решение экологических проблем крупных городов.

Для полного замещения потребления бензина в России биотопливом потребуется 110-120 млн. т зерна, что нереально, так как суммарное производство его в десятки раз меньше. Поэтому специалисты считают, что наиболее перспективным для России можно считать производство твердого биотоплива (брикетированное), когда в качестве сырья используются отходы сельскохозяйственного и лесоперерабатывающего производств.

Также в качестве примера реальных дел в нашей стране по производству биотоплив можно назвать ГК «Титан», который уже строит в Омской области агропромышленный комплекс с заводом по производству биоэтанола. Здесь будет ежегодно перерабатываться до 500 тыс. т сельскохозяйственных культур. Мощности для переработки рапса (200 тыс. т в год) планируется создать в Липецкой области. Воронежская ГК «Маслопродукт» объявила о намерении построить предприятие по производству биодизеля.

Интересен также опыт Канады, где в 2010 г. должен появиться первый в мире мусороперерабатывающий завод, который будет производить в промышленном масштабе этанол из ТБО.

Наиболее эффективной разновидностью биотоплива является биогаз. По экологическим характеристикам биогаз чище дизельного топлива на 75% и бензина на 50%. Токсичность биогаза для человека на 60% ниже. Продукты его сгорания практически не содержат канцерогенных веществ. Влияние отработавших газов двигателей, работающих на биогазе, на разрушение озонового слоя на 60-80% ниже, чем работающих на нефтяных видах топлива. Так, например, выход биогаза из 1 т сухого вещества растительных отходов и сорняков для различных растительных масс составляет: для соломы пшеничной – 342 м³; стеблей кукурузы – 420 м³; подсолнечниковой шелухи – 300 м³; ботвы картофеля – 420 м³; сорной растительности – 500 м³. При этом коэффициент превращения органических веществ в биогаз достигает 0,9.

Биогаз с высокой эффективностью может трансформироваться в другие виды энергии. КДП его использования в качестве топлива на газогенераторах составляет до 83%. При промышленном производстве биогаза происходят те же процессы, что и в природе, но только, как правило, в анаэробной (без доступа воздуха) среде. При этом в специальных биореакторах – так называемых «метантенках» – производят не только газ, но и органические удобрения. В сырьевом биогазе содержится в среднем 65% метана и 35% углекислого газа, влаги и других примесей. Так же как и природный газ, то есть газ, извлекаемый из недр, перед применением в двигателе внутреннего сгорания биогаз подвергается обогащению (до уровня содержания метана в газе 95%), очистке, осушке и компримированию. Энергетический эквивалент газа составляет 9-10 кВтч/м³. Физико-химические и экологические свойства очищенного биогаза и природного газа практически идентичны, поэтому для них применяется одна и та же топливная аппаратура. Уровень шума двигателя, работающего на биогазе, на 5-10 dB (A) ниже, чем у дизельного аналога. Поэтому биогаз считается абсолютно сбалансированным биологическим топливом, так как выделение CO₂ у него при сгорании в двигателе минимальное.

Чтобы стабилизировать и в перспективе улучшить экологическую ситуацию, муниципалитет Стокгольма принял политическое решение о производстве и использовании в качестве энергоносителя и моторного топлива биогаза. Автобус, работающий на этом виде топлива, выбрасывает в атмосферу за год на 1,2 т меньше оксидов азота и на 9 т меньше двуоксида углерода. Еще в 1996 г. на одном из заводов Стокгольма по очистке канализационных вод была построена опытная установка для производства биогаза. Установка позволяла получать 1000 м³ газа в день, что эквивалентно примерно 1000 л бензина. В основном газ использовался на котельной, а 150 м³ газа применялись на заводских газобаллонных машинах. Муниципалитет Стокгольма утвердил программу строительства еще двух заводов (в пригородах Бромма и Хенриксдаль) по переработке отходов и получению биогаза на 1,5 и 3 млн. м³ в год. При

этом городские власти решают задачу снижения вредных выбросов в атмосферу сразу от нескольких источников: автомобильного транспорта, канализационных коллекторов и свалок органических отходов.

С начала 2000 г. в Стокгольме на биогазе работают уже более 300 автомобилей, заправку которых обеспечивают четыре «спутельных» станции. Всего власти Стокгольма планируют перевести на этот вид газа 3000 столичных автомобилей. В программе принимают непосредственное участие компании «Вольво», «Фольксваген» и «BMW». В рамках городской экологической программы муниципалитет Стокгольма принял решение о переводе всех мусороборочных автомобилей на биогаз. Топливо будут получать при переработке органических отходов, собираемых в столичных ресторанах и столовых больших предприятий. При этом называется ряд преимуществ биогаза по сравнению с другими энергоносителями, а именно: возобновляемость; наличие местных источников сырья для получения топлива; снижение парникового эффекта; сокращение зависимости от зарубежных поставщиков нефти и газа; снижение экологического ущерба от систем сбора органических отходов; обеспечение экологически замкнутой энергетической системы.

Использованием биогаза на транспорте занимаются не только в Стокгольме. В той же Швеции в городе Линчопинг в 1990 г. переоборудовали для работы на биогазе 64 автобуса («Вольво», «Мерседес», «Неоплан/Камминс») и два таксопарка. В Евле биогаз применяется для производства тепла, электричества и в качестве топлива на 10 автобусах «Неоплан» с газовыми и гибридными силовыми установками. В Трольхеттане на биогазе, получаемом при переработке отходов мясной и рыбной промышленности, работают 15 автобусов. В городе Упсала 31 автобус «Неоплан», шесть легковых автомобилей и одна мусороборочная машина работают на биогазе, получаемом из органических отходов и навоза.

Во Франции в Туре работает установка получения и компримирования биогаза, обслуживающая 30 легковых автомобилей («Рено Клио», «Пежо-106»). В Лиле на этом топливе работают 100 автобусов, а в Тулузе – 6.

В Швейцарии (кантон Цюрих) с 1997 г. биогаз получают из органических отходов. Правительство страны ограничивает отпускную цену этого вида топлива на уровне 70% от стоимости дизельного топлива.

В Рейкьявике (Исландия) с загородной свалки органических отходов собирают до 500 м³ газа в час. После очистки, обогащения и компримирования газ, содержащий до 98% метана, заправляется в транспортные контейнеры до давления 260 атм. Контейнеры перевозят к потребителю и заправляют газом автомобили. Стоимость 1 м³ очищенного биогаза на 1,11 евро ниже стоимости бензина. Общая потребность Рейкьявика в автомобилях на биогазе равна 1000 ед.

Но не только в Исландии городские свалки твердых бытовых отходов стали источником биогаза. В заметных объемах биогаз добывается и утилизируется в ряде развитых западных стран. К их числу относятся США (500 млн. м³), Германия (400 млн. м³), Великобритания (200 млн. м³), Нидерланды (50 млн. м³), Франция (40 млн. м³), Италия

(35 млн. м³) и Дания (5 млн. м³). В Китае уже в 1999 г. действовали 7 млн. малых установок получения биогаза. Еще в начале 70-х гг. прошлого века тогдашнее руководство КНР предписало совершить «большой биогазовый скачок». В результате свыше 60% всего автобусного парка страны, в том числе около 80% в сельской местности, ныне работают на биогазе. Между прочим, производство биогазовых и двухтопливных двигателей в КНР было засекречено до конца 80-х гг. прошлого века. Зато сегодня Китай их экспортирует, как и сам биогаз, более чем в 20 стран мира.

Объемы годовой газодобычи и утилизации свалочного газа в мире составляют примерно 1,2 млрд. м³ в год, что эквивалентно 429 тыс. т метана или 1% его глобальной эмиссии. Таким образом, объем извлекаемого газа ничтожен по сравнению с объемом его образования. Это открывает широкие возможности для развития биогаза, как отрасли в целом.

В рамках ЕЭК ООН разработана и реализуется программа ZEUS, направленная на создание транспортных средств с нулевым и сверхнизким содержанием загрязняющих веществ в отработавших газах. Получение и применение биогаза является составной частью этой программы, и на реализацию проектов получения и применения этого вида топлива Европейское сообщество выделяет значительные суммы.

В нашей стране работы по промышленному получению и использованию биогаза начались в 60-х гг. прошлого века. Уже тогда проводились работы по энергетическому использованию коммунально-бытовых, лесных и сельскохозяйственных отходов. Но так как ресурсы нефти тогда казались неисчерпаемыми, а цены на наши нефтепродукты были символическими, то это, по сути, сворачивало исследования в области новой энергетики. А после 1991 г. эти работы вообще потеряли системность, плановость и, естественно, нормальное финансирование. Тем не менее кое-что удалось сделать. Разработанные биогазовые установки и системы в 1992 г. были приняты к производству в АО «Стройтехника – Тульский завод». Сегодня уже создано производство типоразмерного ряда биогазовых установок и систем, отвечающих требованиям современного рынка. Сегодня они используются в хозяйствах от Алтая до Белоруссии.

Перспективы использования биогаза в России

Следует сказать, что Россия давно созрела для производства и использования биотоплива, однако, здесь необходима государственная поддержка. Поэтому очень важным является желание Минсельхоза внести в план законопроектной деятельности министерства Федеральный закон «Об основах развития биоэнергетики в РФ», который должен выстроить четкую систему понятий, связанных с биоэнергетикой, и обеспечить проведение государственной политики в области использования альтернативных видов моторного топлива и особенно биотоплив.

В России практически отсутствует сырьевая база для получения этанола и биодизельного топлива, а также технологическая и производственная база для широкого применения процесса пиролиза отходов. Поэтому их рынок в России ограничен.

Наибольший практический интерес для России представляет только такое альтернативное моторное топливо из местного сырья, как биогаз. Биогаз – это смесь метана и углекислого газа, продукт метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения. Метановое брожение, как результат природного биоценоза анаэробных бактерий, протекает при температурах от 10 до 55°C. Содержание метана в биогазе варьируется в зависимости от химического состава сырья и может составлять 50-90%.

Наиболее эффективным для анаэробного сбраживания осадков является использование металлического или железобетонного резервуаров, где идет только сбраживание осадка с подогревом и перемешиванием. Подогрев производится с помощью паровых эжекторов и теплообменников, а перемешивание – с помощью механических мешалок, а также инжектированием паром.

Канализационные (аэрационные) газы – это продукт брожения сточных вод городской канализации, представляющий собой разновидность биогаза, имеющего в своем составе 60-65% метана (CH₄), 30-35% диоксида углерода (CO₂) и 2-4% водорода (H₂). Как показывает практика, выход канализационных газов со станции переработки, питаемой канализационной сетью и обслуживающей населенный пункт с численностью жителей 100 тыс. чел., достигает в сутки более 2,5 тыс. м³, что эквивалентно 2 тыс. л. бензина. С учетом того, что население крупных городов России, как правило, превышает 500 тыс. чел., канализационные газы становятся реальным источником альтернативного топлива.

Так, автотранспортное хозяйство г. Санкт-Петербург ежедневно может получать до 100 тыс. м³ аэрационного газа, что позволяет перевести значительную часть городского автотранспорта на альтернативный вид моторного топлива, экономя тем самым более 80 тыс. л нефтепродуктов в сутки.

При сбраживании осадков сточных вод очистных станций городской канализации можно выделить от 5 до 15 м³ газа на 1 м³ подобного осадка. По ряду данных только на очистных станциях России и стран СНГ накопление жидких осадков сточных вод составляет 170 млн. м³/г. При анаэробном сбраживании может быть получено 1,5 млрд. м³ биогаза в год (1,2 млн. т условного топлива).

Также возможно получение биогаза из ТБО, когда измельченные отходы в резервуаре перемешивают с канализационным осадком из отстойников очистных сооружений. Температура массы повышается до 65-70°C. Процесс анаэробного сбраживания идет в течение 1-2 мес. По данным зарубежных специалистов, из 1 м³ ТБО выделяется до 1,5 м³ газов. В своем составе газы имеют до 50% метана, 25% двуокиси углерода, до 2% водорода и азота. Эта технология достаточно широко используется за рубежом – в США, Германии, Японии, Швеции. Общее количество биогаза, полученного из ТБО, эквивалентно энергии в 37*10¹⁵ Дж.

В результате анаэробного сбраживания из 1 т сухого навоза при оптимальных условиях можно получить 340 м³ биогаза. Во время сбраживания в навозе развивается микрофлора, которая последовательно разрушает органические вещества до кислот, а последние под действием

синтрофных и метанообразующих бактерий превращают в газообразные продукты – метан и углекислоту.

Следует, однако, отметить, что разработка двигателей автотранспортных средств, работающих на газе с низкой теплотой сгорания, как у биогаза, представляет определенные трудности. Поэтому целесообразнее использовать не биогаз, а получаемый из него биометан. Для этого из биогаза удаляют CO_2 и другие примеси. Получаемый газ имеет однородный состав (биометан), содержащий 90-97% CH_4 с теплотой сгорания 35-40 МДж/м³. Очистка биогаза от двуокиси углерода может производиться различными способами. Наиболее распространенные: промывка газов через жидкие поглотители (например, воду), вымораживание, адсорбция при низких температурах.

Биометан имеет низкую объемную концентрацию энергии. При нормальных условиях теплота сгорания 1 л биометана составляет 33-36 кДж, в то время как теплота сгорания 1 л бензина составляет 31400 кДж, то есть в 1000 раз больше, чем у биометана. Поэтому биометан может применяться в автомобилях как моторное топливо в компримированном или криогенном (сжиженном) состоянии. Биометан имеет более высокую детонационную стойкость, что позволяет снижать концентрацию вредных веществ в отработавших газах и уменьшать количество отложений в двигателе. Ввиду отсутствия жидкой фазы масляная пленка с цилиндров двигателя не смывается, износ деталей цилиндропоршневой группы уменьшается в два раза. Выброс токсических составляющих сокращается в 3-8 раз. Компанией «Volvo» реализуется проект перевода городских автобусов г. Гетеборг на биогаз (свалочный газ). Подтверждено, что при переводе автотранспорта на биогаз суммарные «парниковые» эмиссии сократились на 90%.

Главным сдерживающим фактором широкого применения сжатого биометана в качестве моторного топлива, как и КПГ, является транспортировка толстостенных баллонов, составляющих до 96% веса топливной системы. На 100 км пути для трехтонного автомобиля потребуется более 30 м³ газа. При давлении 20 МПа в баллон емкостью 50 л вмещается до 10 м³ газа, следовательно, для суточного пробега необходимо иметь не менее 8 таких баллонов (вес около 700 кг).

Уменьшить объем газа почти в 600 раз позволяет его сжижение. Но до последнего времени не существовало экономически целесообразной технологии сжижения газообразного биометана, поэтому в двигателях внутреннего сгорания он ранее не применялся.

Можно выделить два основных направления решения этой проблемы. Одно – создание централизованных производств на основе биогенераторных заводов и крупных ожигательных комплексов. Другое – создание небольших производств на основе биогенераторных и криогенных установок. Первое направление, в силу кризиса экономики России, в ближайшем будущем вряд ли применимо. Производство сжиженного биометана (СБМ) в России может быть налажено только в рамках региональных программ или локальных проектов, основанных на использовании канализационного газа, отходов животноводства и птицеводства. Использование такого топлива, в первую очередь, для собственного автотранспорта животноводческих и птицеводческих предприятий, фермерских хозяйств и

сельскохозяйственных кооперативов, а также общественного и грузового городского транспорта может дать существенный экономический эффект.

Для того, чтобы сделать этот вид топлива конкурентоспособным на российском рынке моторных топлив, надо разработать сравнительно дешевые способы производства сжиженного биометана. В этом отношении наиболее перспективна новая технология производства биометана на основе использования криогенных газовых машин (КГМ), работающих по циклу Стирлинга. Криогенные газовые машины Стирлинга отечественных и зарубежных фирм являются криогенераторами, основанными на принципе только внешнего охлаждения, и предназначены для сжижения газов, температура конденсации которых не ниже 70 К (-200°C). В России производится несколько модификаций КГМ Стирлинга с производительностью от 14 до 80 л/ч СБМ. За рубежом фирмами «Филипс» и «Веркспоор» освоено серийное производство более мощных КГМ Стирлинга с производительностью по СБМ более 700 л/ч.

На основе КГМ Стирлинга могут быть созданы малогабаритные комплексы по производству биогаза в любом автохозяйстве, имеющем возможность получения такого топлива. В качестве комплектующих предполагается использовать только серийно производимое отечественной промышленностью оборудование. Криогенные машины Стирлинга выпускаются ОАО «Машиностроительный завод «АРСЕНАЛ» и НПО «Гелиймаш», а предназначенные для них биогенераторные установки «КОБОС-1» (для крупного рогатого скота) и «БИОГАЗ-301С» (для свиноводческой фермы в 3000 свиной) Шумихинским машиностроительным заводом. Малогабаритный комплекс СБМ на основе данного оборудования позволяет получать до 700 л сжиженного биометана в сутки (достаточно для заправки грузовых автомобилей «ЗИЛ-130» или 15 легковых). Производительность комплекса может быть увеличена за счет дополнительных модулей. В качестве биогенераторных установок могут быть использованы более мощные установки других производителей, например, опытного завода ООО «Газпром ВНИИГАЗ». Биогенераторная установка этого предприятия с производительностью биогаза 1000 м³/сут. из куриного помета в настоящее время эксплуатируется на Октябрьской птицефабрике Глебовского птицеводческого объединения.

Литература

1. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Шехирев Д.В. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): учебник. – ГОУВПО «МГУС». – М., 2006.
2. Лозовецкий В.В., Пелевин Ф.В., Крымасов В.Н. Гидродинамика и теплообмен в слое тепловыделяющих элементов. Дисперсные потоки и пористые среды: Тр. 3-й РНКТ. М.: МЭИ, 2002. Т.5. – С. 254–257.
3. Туровский Ф., Бакалейник А., Максимова Е. Проблемы применения новых автомобильных топлив. – Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2009, № 5. – С. 43-48.
4. Беляев С.В., Давыдов Г.А. Применение биотоплив на транспорте. – Труды Петрозаводского госуниверситета. – 2008. – 12 с.
5. Triebstoff für Bussflotte aus Klarschlamm. Autofachmann. – 2006, № 8, С. 22-25.
6. Drung zum Alkohol. Automomile Revue. – 2006, № 29.

Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах

З.Р. Кавтарадзе,

научный сотрудник НИИЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н.,

Р.З. Кавтарадзе,

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

Окончание. Начало в № 6 (12) 2009 г.

Perspectives of the usage of piston engines on the alternative fuels

Z.R. Kavtaradze, R.Z. Kavtaradze

The end. The beginning in Nr 6 (12) 2009.

Эфиры

Эфиры представляют собой органические кислородосодержащие соединения, являющиеся изомерами соответствующих спиртов, то есть веществами, одинаковыми по составу и молекулярной массе, но отличающимися от соответствующих спиртов построением или расположением атомов в пространстве и вследствие этого по физическим и химическим свойствам. Основной (но не единственный) способ получения эфиров – нагревание спиртов в присутствии серной кислоты. В зависимости от структуры различают простые и сложные эфиры. К простым эфирам относятся эфиры со структурой R-O-R, где R – одинаковые или различные радикалы типа CH_3 , C_2H_5 , C_6H_5 и др., между которыми соединительным звеном является атом кислорода O.

Сложные эфиры являются производными органических или неорганических кислот и спиртов, содержатся главным образом в эфирных маслах и составляют основную часть растительных и животных масел (см. ниже – топлива из растительных масел). В настоящее время в качестве одного

из наиболее перспективных топлив для дизелей рассматривается диметиловый эфир $\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$ (или $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), а также диэтиловый эфир $\text{C}_2\text{H}_5\text{-O-C}_2\text{H}_5$ (или $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$). Диметиловый эфир может быть получен из любого углеводородного сырья (в том числе и из биомассы), но в настоящее время чаще всего его получают из природного газа. Как видно, молекулы эфиров, как и молекулы соответствующих спиртов, содержат кислород, однако, у эфиров имеются более высокие цетановые числа и низкие температуры самовоспламенения (у диметилового эфира более 55 и 235°C соответственно) по сравнению со спиртами (у метилового спирта 3 и 464°C соответственно). В связи с этим при переводе дизелей на эфиры не требуется специальных мероприятий по принудительному воспламенению горючей смеси. Следует подчеркнуть также, что из-за большой доли кислорода (~35%) в молекуле диметилового эфира в продуктах сгорания дизеля, работающего на диметиловом эфире, концентрация сажи практически отсутствует [4]. По этой же причине диметиловый эфир имеет относительно

низкую теплоту сгорания ($H_u=28\,800$ кДж/кг), низкое значение максимальной температуры цикла и как следствие – низкую концентрацию оксидов азота в продуктах сгорания. С другой стороны, снижение тепловыделения в цилиндре в сравнении с традиционными жидкими топливами приводит к снижению мощности дизеля, компенсация которой требует увеличения цикловой подачи топлива.

Если учитывать сырьевое происхождение и затраты на производство диметилового эфира, считающегося на сегодняшний день наиболее перспективным моторным топливом из всех эфиров, то в обозримом будущем, видимо, не следует ожидать его широкого применения на транспорте. Ожидается, что доля диметилового эфира в общем количестве всех топлив, употребляемых в поршневых двигателях, в ближайшие 20-30 лет не превысит долю спиртов (то есть составит не более 5-10%).

Топлива

из растительных масел

Основным преимуществом топлив этой группы является то, что они производятся из возобновляемых источников энергии – из масличных растений, содержащих в плодах и семенах растительные жиры. Эти топлива называют также биотопливами, подчеркивая их биологическое происхождение. Из наиболее известных растительных масел (рапсового, подсолнечного, соевого, оливкового, арахисового, пальмового, хлопкового, касторового и др.) наиболее перспективным в качестве альтернативного топлива для поршневых двигателей считается рапсовое масло. По своим свойствам (плотность ~ 900 кг/м³, цетановое число 36, температура самовоспламенения 318°C, теплота сгорания 37 300 кДж/кг) оно хорошо подходит для дизелей. Рапсовое масло содержит 78% углерода, 12% кислорода и 10% водорода (в массовых долях). Присутствие в таком количестве кислорода снижает максимальную температуру цикла дизельного двигателя, работающего на рапсовом масле, концентрацию оксидов азота

и уменьшает количество неполных продуктов сгорания. Положительным свойством растительных масел является способность смешиваться, причем в любых пропорциях, с традиционными топливами – бензином и дизельным топливом, что позволяет использовать их в качестве компонента при производстве смесевых топлив с заданными физико-химическими свойствами.

Использование рапсового масла, а также других топлив масляного происхождения, в чистом виде в качестве альтернативного топлива для дизелей сдерживается повышенным нагарообразованием в камере сгорания и отложением кокса на распылителях форсунки, что практически неизбежно из-за присутствия в растительных маслах смолистых веществ. Кроме этого, широкое применение растительных масел ограничивается демографическими и продовольственными проблемами. В частности, высокие темпы роста населения и отстающие от него темпы производства продуктов питания, особенно заметные в развивающихся странах, сильно ограничивают перспективы поршневых двигателей стать одним из основных потребителей топлив растительного происхождения. Правда, в России есть возможность производить биотоплива без ущерба производству зерна за счет неиспользуемых земельных участков, общая площадь которых составляет 20 млн. га (из 127 млн. га общей площади сельскохозяйственного назначения). Заметим, что общая площадь всех сельхозземель Европы меньше, чем неиспользованная сельскохозяйственная площадь в России. Однако в настоящее время инфраструктура производства биотоплив в России практически не развита, а конвертированием поршневых двигателей для работы на этом альтернативном топливе занимаются только отдельные исследовательские учреждения.

Топлива из газовых конденсатов

Газовые конденсаты являются побочным продуктом добычи

природного и попутного нефтяного газов и представляют собой смесь различных углеводородных фракций, в связи с этим по своему составу и свойствам они весьма разнообразны. Фракции, содержащиеся в газовых конденсатах, могут быть ближе и к бензиновым, и к дизельным фракциям нефти, однако, добываются газовые конденсаты и с более тяжелыми фракциями. В большинстве случаев газовые конденсаты имеют относительно невысокие значения плотности, вязкости и цетанового числа (примерно 35-40), правда, теплота сгорания у них на уровне (и даже несколько выше) дизельного топлива.

Высокая эффективность использования газовых конденсатов достигается при их смешивании между собой, а также с традиционным и тяжелым дизельным топливом в пропорциях, обеспечивающих минимальные значения выбросов вредных компонентов и удельного расхода топлива. По данным [4] эффективные показатели двигателя значительно улучшаются при подаче основной дозы дизельного топлива в камеру сгорания и некоторого количества легкого газового конденсата в его впускную систему, однако, в таком случае речь идет только о частичной замене традиционного топлива.

В некоторых случаях газовые конденсаты заменяют дизельное топливо, например, в Западной Сибири, где имеются значительные месторождения газовых конденсатов и где доставка традиционных моторных топлив экономически нецелесообразна. С другой стороны, транспортировка газового конденсата из регионов добычи к потребителям через магистральный трубопровод осложнена из-за большого содержания нормальных парафиновых углеводородов, имеющих высокие температуры застывания (у некоторых газовых конденсатов эта температура равна примерно -15°C). Таким образом, газовые конденсаты могут быть рассмотрены, как альтернативные топлива регионального назначения, запасы которых привязаны к природным ресурсам нефти и газа.

Газообразные углеводородные топлива

К газообразным углеводородным топливам, в первую очередь, следует отнести пропан-бутановые смеси, генераторный и природный газ. Смеси пропана C_3H_8 и бутана C_4H_{10} сжижаются при плюсовых температурах и используются в качестве жидкого моторного топлива (см. ниже сжиженные газы).

Генераторный газ – вид газообразного топлива, получаемый газификацией, то есть превращением твердого или жидкого топлива в горючие газы путем неполного окисления воздухом, кислородом, водяным паром при высокой температуре в газогенераторах. Наиболее распространенной является газификация угля, торфа, биомассы (древесины, отходов сельскохозяйственного производства, водорослей) и др. Основным компонентом этих газов является монооксид углерода CO (примерно 25-30%). Они также содержат большое количество негорючих компонентов, среди которых азот (до 50% и более) и диоксид углерода CO_2 (до 10-15% и более), что обуславливает низкую теплоту сгорания ($H_u=3\ 800\text{-}5\ 000\ \text{кДж/м}^3$). Правда, теплота сгорания хорошо очищенного и обогащенного генераторного газа, полученного из биомассы, может достигать значения $H_u=30\ 000\text{-}35\ 000\ \text{кДж/м}^3$, что соответствует уровню природного газа.

Генераторный газ считается перспективным горючим для поршневых двигателей по причине следующих обстоятельств:

1. Из всех рассмотренных выше видов топлива только он, наряду с этанолом и топливом из растительных масел, может быть получен из возобновляемого сырья с относительно небольшими затратами на производство.

2. Генераторный газ, в отличие от этанола, может производиться на небольших компактных транспортных установках (генераторах), совмещенных с самим двигателем. В связи с этим отпадает необходимость наличия емкостей для хранения газа.

3. Потери энthalпии в газогенераторе могут быть включены в систему комплексной утилизации теплоты, отведенной от двигателя, и увеличить общий КПД теплоэнергетической установки.

4. Газогенераторы позволяют решать проблему утилизации отходов практически любого производства (сельскохозяйственного, лесного и др.), связанного с переработкой органического сырья. Они могут работать на дешевом сырье (древесине, торфе и др.).

Широкому применению генераторного газа в качестве моторного топлива мешает его низкая теплота сгорания, повышение которой путем обогащения и очищения связано с дополнительными расходами.

Природный газ, основным компонентом которого (до 98%) является метан CH_4 , давно нашел свою нишу применения в качестве моторного топлива в двигателях газоперекачивающих станций, а также в судовых двигателях, предназначенных для танкеров, перевозящих газовое топливо в сжиженном виде. Чаще всего это дизели, конвертированные на природный газ (дизели фирм «MAN», «Fiat», «Pielstick» и др.). В настоящее время масштабы использования природного газа на транспорте колеблются в различных странах от 1 до 10-15% [11], и практически все крупные дизелестроительные фирмы имеют, как минимум, опытно-промышленные образцы дизелей, конвертированных на газ. В целом природный газ, как моторное топливо, имеет ряд преимуществ:

1. Запасы природного газа значительно превышают нефтяные ресурсы, и по некоторым прогнозам при нынешних темпах добычи их хватит в России – примерно на 100 лет, в Иране – на 300 лет. Кроме значительных естественных запасов, природный газ имеет развитую сеть доставки от места добычи во многие регионы мира по магистральным газопроводам, что в настоящее время делает его наиболее дешевым видом моторного топлива.

2. Дополнительное увеличение резервов природного газа путем

перевода на уголь котельных установок и электростанций, работающих на природном газе, проще и энергетически выгоднее в сравнении с получением жидкого топлива из угля, при котором на этот процесс затрачивается половина располагаемой энергии [2].

3. Природный газ имеет экологические преимущества в сравнении с традиционными видами моторных топлив, в частности, имеет меньшее содержание углерода С (74,9% массовой доли) в сравнении с бензином (85,6%) и дизельным топливом (86,1%), что способствует снижению концентрации CO_2 в продуктах сгорания.

Газообразное состояние моторного топлива, в данном случае природного газа, – важное преимущество с точки зрения осуществления эффективного рабочего процесса, однако, влечет за собой три коренных недостатка:

1. Малая концентрация энергии в единице объема. При атмосферном давлении эта концентрация примерно в 800-1000 раз меньше, чем в единице объема жидкого нефтяного топлива.

2. Сложности транспортировки. В связи с малой объемной концентрацией энергии транспортировка на большие расстояния осуществляется магистральным газопроводом под давлением 55-75 бар [13]. Для поддержания такого давления в газопроводах необходимо через каждые 100-150 км установить компрессорные газоперекачивающие станции, мощность привода которых достигает нескольких десятков тысяч кВт. В качестве приводного агрегата компрессора чаще всего используются поршневые двигатели, работающие на газе.

3. Сложности хранения. Основная проблема при использовании природного газа на транспорте заключается в создании компактных, легких и надежных систем его хранения. Металлические баллоны для хранения сжатого газа по своей массе и габаритным размерам довольно внушительные, что способствует сокращению пробега между заправками. Современные альтернативные

технологии изготовления облегченных баллонов (например, из армированных пластиков), как правило, дороги.

В целом природный газ в настоящее время является наиболее известным и исследованным газовым топливом для поршневых двигателей. Его физико-химические свойства, значительные природные запасы, развитая газопроводная сеть для транспортировки от месторождения до региональных потребителей, себестоимость и экологические преимущества в сравнении с традиционными нефтяными топливами позволяют рассматривать природный газ, как наиболее перспективное альтернативное топливо первой половины текущего столетия.

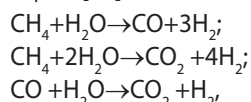
Водород

Водород входит в состав самого распространенного вещества на Земле – воды (11,19% по массе). Водород содержится в угле, нефти, природном газе, глинах, а также в организмах животных и растений (в составе белков, нуклеиновых кислот, жиров, углеводов и др.). Ресурсы водорода практически неисчерпаемы и не иссякают, так как при сгорании водорода образуется водяной пар, который после конденсации вновь превращается в источник получения водорода.

Промышленное производство водорода осуществляется путем электролиза воды с использованием возобновляемых источников энергии (энергия ветра, солнечная энергия), а также из природного газа и угля. В первом случае получается экологически чистый водород, во втором случае одновременно с водородом образуется «парниковый газ» CO_2 . По прогнозам [12] в ближайшие годы основным сырьем для получения водородного топлива станет природный газ (полученный таким путем водород пока является самым дешевым).

Если предположить, что к 2025-2030 гг. водородное топливо займет определенное место на автомобильном транспорте, то уже правительствам ведущих стран-производителей автомобилей следует задуматься над

тем, что само производство этого топлива не должно загрязнять окружающую среду. Широко распространенный процесс производства водорода (так называемый риформинг-процесс) из природного газа (метана), осуществляемый в специальных установках (риформерах) в присутствии катализаторов, основан на следующих трех реакциях [14]:



продуктами которых, как видно, являются диоксиды углерода. В связи с этим рассматриваются варианты:

1. диоксиды углерода CO_2 , возникающие при получении водорода из углеводородов, разместить в подземных хранилищах или в океане;

2. производить водород можно из растительной массы, тогда CO_2 будет поглощаться растениями, и баланс не нарушится.

По теплофизическим свойствам водород, как моторное топливо, значительно отличаются от наиболее используемых в настоящее время жидких (бензин, дизельное топливо) и газообразных (природный газ) топлив, что хорошо видно по данным из таблицы ниже. Несмотря на высокое значение низшей теплоты сгорания на единицу массы (120 МДж/кг), в реальных условиях внешнего смесеобразования по теплоте сгорания на единицу объема стехиометрическая водородно-воздушная смесь уступает бензино-воздушной или метано-воздушной смесям. Широкие пределы воспламенения (интервал изменения коэффициента избытка воздуха) водорода дают возможность качественного регулирования рабочего процесса во всем диапазоне изменения нагрузки.

В отличие от традиционных топливовоздушных смесей, гомогенная смесь водорода с воздухом может гореть при $\alpha_s=10$, требуя при этом на порядок меньше энергии для зажигания. Температура самовоспламенения у водорода значительно больше, чем у бензина или дизельного топлива, что осложняет его применение в качестве моторного топлива

в двигателях с воспламенением от сжатия. С другой стороны, это свойство водорода в случае гомогенной смеси (внешнего смесеобразования) противодействует возникновению детонационного сгорания. Высокая скорость ламинарного пламени (см. таблицу) указывает на то, что сгорание водорода можно осуществить за сравнительно короткий промежуток времени с выгодным для увеличения КПД тепловыделением. Следует заметить, что скорость сгорания у обедненной водородно-воздушной смеси также существенно выше, чем у смесей других топлив. Однако высокая скорость сгорания, особенно стехиометрической смеси, способствует росту скорости нарастания давления и приводит к повышению шума двигателя. Водород практически является единственным видом моторного топлива, в продуктах сгорания которого отсутствуют моно- и диоксид углерода, а также углеводороды. Правда, в реальных циклах двигателей, работающих на водороде, небольшое количество этих вредных веществ все равно возникает в результате выгорания смазочного масла, поэтому необходимость контролирования концентрации оксидов азота при сгорании водорода остается в силе. Отметим, что даже такое общее рассмотрение свойств водорода указывает на его большие перспективы, как моторного топлива, при использовании которого могут быть реализованы различные концепции, в том числе и концепция водородного дизеля [17].

По некоторым прогнозам переход к широкомасштабному внедрению водородной технологии на автомобильном транспорте может занять несколько десятилетий [15]. С другой стороны такой переход вполне реален, так как позволит существенно улучшить экологическую обстановку и защитить окружающую среду от вредных выбросов, а также значительно снизить зависимость экономики стран, небогатых запасами углеводородных топлив, от импортных поставок нефти и природного газа.

Производство автомобилей на водородном топливе станет коммер-

чески выгодным, как только автомобильные компании создадут безопасные и недорогие модели с большим пробегом до заправки, а энергетические компании наладят производство водородного топлива, сопоставимого по цене с бензином. В настоящее время в развитых странах, например, в США и Канаде, действуют государственные и региональные программы по водородной энергетике. Компании «Honda», «Toyota» и «General Motors» уже планируют внедрить коммерчески выгодный автомобиль на топливных элементах в 2010-2020 гг. [12]. Автопроизводители совместно с топливными гигантами «Shell», «Chevron» и «British Petroleum» работают над созданием парка водородных автомобилей и инфраструктуры для них. Первые водородные заправочные станции уже построены и строятся в Германии, США, Китае и др.

По оценкам лаборатории энергетики и окружающей среды при Масчусетском технологическом институте 15 лет понадобится на создание конкурентоспособного автомобиля с водородным двигателем, 25 лет – на внедрение его в массовое производство (имеется в виду производство более трети новых автомобилей), 20 лет – на крупномасштабное проникновение в парк автомобилей. В общей сложности для оказания существенного влияния на транспортную энергетику и на окружающую среду водородной технологии понадобится примерно 55 лет [11].

Несмотря на очевидные преимущества водорода, как моторного топлива, его применение не решит сразу все проблемы охраны окружающей среды и займет достаточно много времени. Как отмечается в [12], это будет не спринтерская гонка, а скорее марафон на длинную дистанцию.

Синтез-газы

Как уже отмечалось выше (см. синтетические топлива), синтез-газом (сингазом) обычно называют смесь газов, главными компонентами которой являются монооксид углерода CO и водород H_2 . Он используется для получения синтетического бензина

из природного газа. Однако в данном случае речь идет об использовании самого синтез-газа в качестве моторного топлива. В настоящее время синтез-газы, как топлива для поршневых двигателей, подвергаются интенсивному исследованию [16-18], а их перспективы применения примерно такие же, как у синтетических топлив.

Следует подчеркнуть, что синтез-газом называют также газообразное моторное топливо, представляющее собой механическую смесь горючих и инертных газов, например, водорода, метана и азота, или водорода и азота [17]. Очевидно, что цена, а также такие характеристики, как теплота сгорания топлива, скорость распространения фронта пламени, скорость тепловыделения, задержка воспламенения в газодизельном процессе и др., определяющие эффективность и экологичность рабочего цикла поршневого двигателя, в таком случае складываются в зависимости от состава синтез-газа. Такие синтез-газы, позволяющие так называемое «смесевое управление» рабочим процессом, могут быть более дешевыми и тем самым более перспективными моторными топливами.

Сжиженные газы

Производство сжиженных газов занимает свою нишу в газовой промышленности и в ряде случаев является довольно рентабельным. Прежде всего, следует назвать пропан-бутановые (C_3H_8)–(C_4H_{10}), а также бутилено-пропиленовые (C_4H_9-OH)–(C_3H_7-OH) смеси. Их отличительной особенностью является то, что они сжижаются при нормальной температуре ($\sim 15^\circ C$) и относительно невысоком давлении (~ 15 бар), при таких параметрах в закрытом сосуде они остаются в жидком состоянии. В связи с этим их можно транспортировать, как и обычные нефтепродукты, то есть в цистернах и баллонах. Пропан-бутановые смеси, благодаря удобству хранения, транспортировки и перезарядки баллонов, нашли применение в качестве моторного топлива. Развитая инфраструктура снабжения населения этим газом для бытовых услуг играет

немаловажную роль. Достоинством пропан-бутановых смесей обычно принято считать их относительно низкую себестоимость в сравнении с традиционными моторными топливами, хорошие экологические свойства и наличие автозаправочных станций, способных обеспечить бесперебойное снабжение транспортных средств этим видом топлива [8]. Однако разница в ценах сжиженных углеводородных газов (СУГ) и бензина в последнее время заметно снизилась, а инфраструктура снабжения этим газом заметно отстала от инфраструктуры снабжения бензином.

Сжиженные газы используются в качестве топлива, главным образом, в бензиновых двигателях, конвертирование которых для работы на газе не связано с какими-либо существенными переделками двигателя. Наоборот, систему топливоподдачи легко можно настроить для быстрого переключения с бензина на газ и обратно, что весьма удобно в условиях эксплуатации [4]. Возможности применения этих топлив в дизелях, где имеются более высокие значения степени сжатия и коэффициента избытка воздуха, еще недостаточно исследованы, правда, есть основания предположить, что этот вид альтернативного топлива для дизелей должен быть более эффективным, чем для двигателей с принудительным зажиганием рабочей смеси. Следует также подчеркнуть, что СУГ имеют концентрацию энергии на единицу объема, уступающую бензину и дизельному топливу лишь в 1,3-1,5 раза (см. таблицу) [14].

Сжижение других газообразных топлив, приводящее к увеличению их энергоемкости на единицу объема, чаще всего связано с большими трудностями, связанными с поддержанием очень низких температур. Например, для сжижения газообразного водорода требуется температура $-253^\circ C$ (см. таблицу). Несмотря на это фирма «BMW», например, выпускает небольшую серию автомобилей с водородными двигателями, использующими сжиженный водород [20]. Эти автомобили оснащены криогенной

технологией фирмы «K. Linde», обеспечивающей необходимую низкую температуру. Для сжижения метана при атмосферном давлении необходима температура, равная $-162^\circ C$, правда, объем, занимаемый метаном при этом, уменьшается в 610 раз [13]. Стоимость сжиженного метана, конечно, выше, чем компримированного, а хранение более сложное, так как требует особые меры предосторожности. Кроме того, при хранении и транспортировке сжиженного природного газа неизбежны потери вследствие испарения, достигающие до 7,5% в сутки [4].

* * *

Очевидно, что для решения экологической и энергетической проблем, связанных, прежде всего, с монопольным положением нефти во всех отраслях экономики, необходима разработка государственной стратегии, нацеленной на создание эффективной транспортной энергетики, основанной на альтернативных топливах, а также на экономичных и экологически чистых источниках энергии. Это касается как государств, экономика которых в основном зависит от экспорта нефти, так и государств, в экономике которых импортированная нефть играет существенную роль, не говоря уже об этой проблеме относительно автомобильной, водной, сельскохозяйственной, военной и другой техники. Подчеркнем, что в этих отраслях поршневой двигатель в настоящее время занимает практически монопольное положение.

Учитывая эти обстоятельства, новая администрация США в разработанном им плане мероприятий «Возрождение Америки и реинвестирование» большое внимание уделила созданию чистой и эффективной энергетики [19]. Согласно этому плану 3 млрд. долл. США выделяются на научные исследования по проблемам загрязнения окружающей среды, 2,4 млрд. – на проекты улавливания и утилизации диоксида углерода, 2 млрд. – для поддержки американских производителей аккумуляторов.

Теплофизические свойства альтернативных и традиционных моторных топлив

Свойство		Размерность	Бензин (Super Plus)	Дизельное топливо	Метан	Водород
Плотность в жидком состоянии при $p=1,013$ бар		кг/м ³ °С	750–770 15	820–845 15	423 –162	70,8 –253
Плотность в газообразном состоянии при $p=1,013$ бар и $t=0^{\circ}\text{C}$		кг/м ³	–	–	0,716	0,090
Молярная масса		кг/кмоль	≈98	≈190	16,043	2,016
Температура (интервал температуры) кипения при $p=1,013$ бар		°С	30–190	210–355	–161,5	–252,8
Стехиометрическое количество воздуха		кг воздуха/ кг топлива Объемный %	14,0 –	14,7 –	17,2 9,5	34,3 29,5
Низшая теплота сгорания топлива		кДж/кг	41 400	42 900	50 000	120 000
Энергоемкость	В жидком состоянии при $p=1,013$ бар	кДж/дм ³	31 700	35 800	21 000	8 500
	В газообразном состоянии		–	–	12 600 при $p=350$ бар, $T=280$ К	3 000 при $p=350$ бар, $T=280$ К
Теплота сгорания горючей смеси при внешнем смесеобразовании ($p=1,013$ бар, $t=0^{\circ}\text{C}$, $\alpha_g=1$)		кДж/м ³	3 760	–	3 400	3 190
Теплота сгорания горючей смеси при внутреннем смесеобразовании ($p=1,013$ бар, $t=0^{\circ}\text{C}$, $\alpha_g=1$)		кДж/м ³	3 830	3 770	3 760	4 520
Пределы воспламенения в воздухе при $p=1,013$ бар, $t=25^{\circ}\text{C}$		Объемный % Интервал α_g	1–7,6 1,4–0,4	0,6–5,5 1,35–0,48	4,4–15 2,28–0,6	4–76 10–0,13
Температура самовоспламенения в воздухе при $p=1,013$ бар		°С	230–450	250	595	585
Минимальная энергия зажигания в воздухе при $\alpha_g=1$		мДж	0,24	0,24	0,29	0,017
Коэффициент диффузии в воздухе	$p=1,013$ бар, $t=0^{\circ}\text{C}$	м ² /с	$5 \cdot 10^{-6}$	–	$16 \cdot 10^{-6}$	$61 \cdot 10^{-6}$
	$p=100$ бар, $T=1000$ К		–	$1,9 \cdot 10^{-6}$	$8,5 \cdot 10^{-6}$	
Скорость ламинарного пламени в воздухе при $p=1,013$ бар, $t=25^{\circ}\text{C}$, $\alpha_g=1$		м/с	≈0,4	≈0,4	≈0,42	≈2,30
Октановое число (исследовательское)		–	98	–	130	–
Метановое число		–	88	–	100	0
Цетановое число		–	–	52–54	–	–
Массовая доля компонентов	С	%	85,6	86,1	74,9	0
	Н		12,2	13,9	25,1	100
	О		2,2	0	0	0

Кроме того, предусмотрено выделить 600 млн. долл. США на замену автомобилей федеральных служб на автомобили на альтернативном топливе, 400 млн. – местным и государственным органам власти на закупку автомобилей на альтернативном топливе, 350 млн. – на исследование проблем использования возобновляемой энергии в системах вооружений, 300 млн. – на проекты по снижению загрязненности дизельного топлива, 200 млн. – на разработку электромобилей. С учетом того, что крупное финансирование предусмотрено для

университетов и научных лабораторий, становится очевидным стремление США стать мировым лидером в применении альтернативных топлив и источников энергии. Значительные усилия в этом направлении проявляют и другие развитые страны, прежде всего, Германия и Япония.

Проведенный выше анализ основных характеристик альтернативных топлив показывает, что решающими факторами, определяющими перспективы их применения в поршневых двигателях вместо нефтяных топлив, являются энергоемкость самих топ-

лив, токсичность продуктов сгорания и иссякающие запасы нефти. Видно также, что у имеющихся и изученных к настоящему времени альтернативных топлив – неравные перспективы применения в первой половине текущего столетия. Даже те топлива, которые на сегодня считаются наиболее перспективными (например, природный газ или водород), пока не составляют в общем количестве употребляемых современными поршневыми двигателями топлив значительную долю, например, 20-30% или больше. А могли бы составить! Но этому, кроме всего

прочего, мешает то, что энергетический кризис (несмотря на всемирный экономический кризис, начавшийся во второй половине 2008 г.) по всей видимости пока еще не наступил в ощутимых масштабах. Как только это произойдет, какое-либо из рассмотренных выше альтернативных топлив стремительно будет завоевывать рынок. Скорее всего, это будет газообразное топливо, вначале – природный газ, а позже его постепенно будет заменять водород.

По прогнозам, основанным на результатах специальных исследований экспертов в области энергетики [15], в 2015-2030 гг. будет существенно расширяться выпуск автомобильных двигателей, использующих в качестве моторного топлива водород. За это время прогнозируется также расширение производства водорода, полученного электролизом с применением солнечной энергии, а также энергии ветра. При этом цена водорода, полученного с помощью солнечной энергии в местах с жарким климатом, будет максимум на 20% выше цен на традиционные жидкие топлива нефтяного происхождения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №09-08-00279а).

Литература

1. Esso Deutschland GmbH: Energieprognose 2001 – Potential Gasvorräte. Exxon Mobil Central Europe Holding GmbH, 2002.
2. **Галышев Ю.В., Магидович Е.М.** Перспективы применения газовых топлив в ДВС. – Двигателестроение, № 3, 2001. – С. 31-35.
3. **Кавтарадзе Р.З.** Теория поршневых двигателей. Специальные главы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.
4. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: Изд-во «ИРЦ Газпром», 2007. – 480 с.
5. Big Coal Tries to Recruit Military to Kindle a Market. The Wall Street Journal, 11.09. 2007.
6. Процесс Фишера-Тропша. <http://ru.wikipedia.org>
7. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах. М.: Изд-во «Легион – Автодата», 2008. – 464 с.
8. **Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания. М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
9. **Diesel R.** «Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschine und der heute bekannten Wärmemotoren». Berlin. Springer-Verlag. 1893. 96 S. Reprintausgabe, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1986. 96 p.
10. **Колеров Л.К.** Применение пылеугольного топлива в дизелях. Двигателестроение, №2, 1982. – С. 51-53.
11. **Хэйвуд Дж.** Горючее будущего. В мире науки, № 1, 2007. – С. 28-31.
12. **Огден Дж.** Большие надежды. В мире науки, № 1, 2007. – С. 69-75.
13. **Генкин К.И.** Газовые двигатели. Москва, «Машиностроение». – 1977. – 196 с.
14. **Eichseder H., Klell M.** Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik. Erzeugung, Speicherung, Anwendung. Wiesbaden, Vieweg – Teubner Verlag. – 2008. – 288 p.
15. Fraunhofer Gesellschaft: DELPHI-98 Umfrage. Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. BMBF Abschlussbericht. Karlsruhe. 1998.
16. Synthesis Gas Combustion. Fundamentals and Applications. Edit by T. Lieuwen, V. Yang, R. Yetter. CRC Press, New York. 2009.
17. **Кавтарадзе Р.З., Цайлингер К., Цитцлер Г.** Задержка воспламенения в дизеле при использовании различных топлив. РАН. Теплофизика высоких температур, том 43, № 6, 2005. – С. 947-965.
18. **Boehman A.L., Le Corre O.** Combustion on Syngas in Internal Combustion Engines// Combustion Science and Technology, N 6 (180), 2008. – P. 1193-1206.
19. План Обамы. Возрождение Америки и реинвестирование. «Новая газета», № 20, 27.02.2009. – С.11-14.
20. **Schüers A., Abel A., Fickel H. Ch., Preis M., Artmann R.** Der Zwölfzylinder-Wasserstoffmotor im BMW 750hL//MTZ, N 2, 2002. – P. 98-105.

Авиакомпания KLM начнет летать на биотопливе

Компания «Aviation Explorer – KLM Royal Dutch Airlines» станет первой в мире авиакомпанией, использующей биокеросин для заправки самолета, который совершил демонстрационный полет с небольшой группой пассажиров на борту. Кроме того, это был первый полет на биокеросине европейского производства.

Для демонстрационного полета, который состоялся 23 ноября 2009 г., авиакомпания «KLM» выбрала лайнер «Boeing 747». В качестве топлива одного из двигателей была использована смесь, состоящая на 50% из биотоплива, полу-

ченного из возобновляемых источников, и на 50% – из обычного керосина.

Питер Хартман (Peter Hartman), президент и генеральный директор авиакомпании «KLM», сказал: «Наша авиакомпания объединила усилия с партнерами для реализации программы, направленной на дальнейшее расширение внедрения альтернативных видов топлива. Эта программа нуждается во всемерной поддержке всех заинтересованных сторон: бизнес-сообщества, государственных органов и общества в целом».

В сотрудничестве с авиакомпанией «Air France» компания «KLM» уже

много лет является лидером авиационной отрасли в сфере гармоничного развития. Так, например, в прошедшем году группа «Air France-KLM» в пятый раз подряд заняла верхнюю строчку в рейтинге Dow Jones Sustainability Index.

Нидерландское отделение природоохранной организации Worldwide Fund for Nature (Wereld Natuurfonds –WNF) сделало компанию «KLM» своим бизнес-партнером в 2009 г.

«В ближайшие десятилетия развитие авиатранспортной отрасли будет во многом зависеть от использования альтернативных видов топлива, которые позволяют снизить уровень выбросов CO₂», – отметил Иан Эрнст де Гроот (Jan Ernst de Groot), управляющий директор компании «KLM».

<http://www.aex.ru/news/2009/11/6/71307/>

Авторы статей в журнале № 1 (13) 2010 г.

- Иванов Сергей Иванович**,
генеральный директор ООО «Газпром добыча Оренбург», профессор, к.т.н., (3532) 33-20-02
- Савин Владимир Иванович**,
начальник транспортного отдела ООО «Газпром добыча Оренбург», (3532) 731-266
- Коротков Максим Владиславович**,
ведущий инженер ИТЦ ООО «Газпром добыча Оренбург», доцент, к.т.н., (3532) 731-271
- Марков Владимир Анатольевич**,
профессор Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н.,
Адрес: Россия, 121357, Москва,
ул. Артамонова, 12, корп. 1. кв. 67.
Тел. моб. 8 917 584-49-54
- Патрахальцев Николай Николаевич**,
профессор Российского университета дружбы народов (РУДН), д.т.н.,
р. т. 952-62-47, м. т. 8 916 203-10-13.
Адрес: Россия, 129010, ул. Большая Спасская, 6, кв. 130
- Лапушкин Николай Александрович**,
начальник лаборатории ТО АГНКС, к.т.н., 355-90-51,
8 916 854-40-57
- Люгай Станислав Владимирович**,
заместитель начальника Центра «Использование газа» ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
355-92-05, 8 916 107-98-09
- Перетряхина Вера Борисовна**,
старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 355-90-51, 8 915 118-57-42
- Гнедова Людмила Анатольевна**,
старший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 355-90-51

- Гриценко Кирилл Александрович**,
научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
8 916 681-99-61
- Терешин Виктор Ильич**,
генеральный директор ЗАО «Техносенсор»
(г. Санкт-Петербург).
Тел.: (812) 369-91-64. Тел. моб.: 8.911.159-40-19.
E-mail: technosensor@yandex.ru
- Совлуков Александр Сергеевич**,
зам. генерального директора
ЗАО «Техносенсор», (г. Санкт-Петербург),
гл. научный сотр. Института проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН
(г. Москва), д.т.н., проф.
Тел. моб.: 8. 917.552-69-23.
E-mail: sovlukov@yandex.ru
- Лоос Константин Сергеевич**,
начальник отдела ЗАО «Техносенсор»
(г. Санкт-Петербург).
Тел.: (812) 369-91-64.
E-mail: technosensor@yandex.ru
- Орлов Владимир Юрьевич**,
ведущий инженер-конструктор
ОАО Энгельское опытно-конструкторское бюро
«Сигнал» им. А.И. Глухарева,
тел. (8453) 55-18-24, e-mail: sgk@dimes.ru
- Бурцев Никита Владимирович**,
аспирант кафедры вычислительных систем
Рыбинской Государственной Авиационной
Технологической Академии (РГАТА) имени
П.А. Соловьева.
Адрес: Россия, 152903, г. Рыбинск Ярославской
области, ул. Крестовая 122-21.
Тел.: +7 (910) 664-94-68;
e-mail: n.burtsev@mail.ru

- Селюков Владимир Николаевич**,
генеральный директор ОАО «Кировгипрогаз»
телефон (8332) – 64-39-89,
E-mail: kirovgiprogaz@mail.ru
- Матанцев Валерий Александрович**,
главный технолог ООО «НИПИ БИОТИН»
телефон (8332) 64-35-85, E-mail: zymus@mail.ru
- Сононов Петр Михайлович**,
главный инженер – первый заместитель
генерального директора ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», (343) 359-75-02
- Гайдт Эдуард Давидович**,
начальник управления «Уралавтогаз» филиала ООО
«Газпром трансгаз Екатеринбург», 8 912 268-32-71
- Кузнецов Петр Владимирович**,
зам. начальника управления «Уралавтогаз»
филиала ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»,
(343) 226-50-77
- Григорович Дмитрий Николаевич**,
ведущий научный сотрудник ОАО «ВНИИЖТ», к.т.н.,
(495) 602-84-36, 8 926 186-32-18
- Лозовещий Вячеслав Владимирович**,
д.т.н., профессор, Московский государственный
университет леса.
141018 Мытищи, Московская область, ул. Летная,
д. 23, кв. 123. Тел. 581-41-26; e-mail: lozovetsky@mail.ru
- Кондратенко Мария Владимировна**,
студентка Российского государственного университета
туризма и сервиса. Голицыно, Московская область,
ул. Советская, д. 52, корп. 10, кв. 50
- Дугин Геннадий Сергеевич**,
ст.н.с., зам. зав. отделом научной информации по
проблемам транспорта ВИНТИ РАН, 125 190, ул.
Усевича, 20, комн. 1019, тел. 8 (499) 155-43-22;
e-mail: tran@viniti.ru
- Кавтардзе Зураб Ревазович**,
научный сотрудник НИИЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана,
к.т.н., р. т. (499) 265-78-92
- Кавтардзе Ревас Зурабович**,
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
м. т. 8 910 469-00-12, р. т. (499) 265-78-92

Contributors to journal issue No. 1 (13) 2010

- Ivanov Sergey**,
general director of the Gazprom Dobycha Orenburg,
limited liability company, Ph.D., professor,
(3532) 33-20-02
- Savin Vladimir**,
head of the automotive department of the Gazprom
Dobycha Orenburg, LLC, (3532) 731-266
- Korotkov Maxim**,
principle engineer of the technical-engineering center
of the Gazprom Dobycha Orenburg, LLC, Ph.D., senior
lecturer, (3532) 731-271
- Markov Vladimir**,
D. Sc. (Eng.), professor of «Heat Physics» department
of the Bauman Moscow State Technical University,
8 917 584-49-54
- Patrakhal'tsev Nikolay**,
D. Sc. (Eng.), professor of «Heat engineering and
heat engines» department of the Russian Peoples'
Friendship University, Moscow, 8 916 203-10-13
- Lapushkin Nikolay**,
(Head of the Laboratory of Process Equipment of
AGCFS), 355-90-51, 8 916 854-40-57
- Lyugay Stanislav**,
Deputy Director of the Centre «Gas use»,
(495) 355-92-05, 8 916 107-98-09
- Peretryakhina Vera**,
Senior Research Associate of the Laboratory
of Process Equipment of AGCFS,
(495) 355-90-51, 8 915 118-57-42
- Gnedova Lyudmila**,
Senior Research Associate of the Laboratory of Process
Equipment of AGCFS, (495) 355-90-51

- Gritsenko Kirill**,
Research Associate of the Laboratory of Process
Equipment of AGCFS, 8 916 681-99-61
- Tereshin Victor**,
General Director of Technosensor Co.
(Saint-Petersburg, Russia).
Phone: + 7 812 369-9164.
Phone mobile: + 7 911 159-4019.
E-mail: technosensor@yandex.ru
- Sovlukov Alexander**,
Prof., Deputy of General Director of Technosensor Co.
(Saint-Petersburg, Russia), Head Scientist of Institute of
Control Sciences (Moscow, Russia).
Phone mobile: + 7 917 552-6923.
E-mail: sovlukov@yandex.ru
- Loos Konstantin**,
Head of the Department of Technosensor Co.
(Saint-Petersburg, Russia).
Phone: + 7 812 369-9164.
E-mail: technosensor@yandex.ru
- Orlov Vladimir**,
Management Engineer-Designer of Engels Design
Bureau «Signal» named after A.I. Glukharev OJSC,
tel. (8453) 55-18-24, e-mail: sgk@dimes.ru
- Burtsev Nikita**,
Postgraduate of the Computer systems chair of P.A.
Soloviev's Rybinsk State Aviation Technology Academy
(RGATA), tel.: +7 (910) 664-94-68,
e-mail: n.burtsev@mail.ru
- Selyukov Vladimir**,
General Director of OJSC Kirovgiprogaz
phone: (7-8332) 64-39-89, E-mail: kirovgiprogaz@mail.ru

- Matantsev Valery**,
Chief Process Engineer of LLC NIPI BIOTIN,
phone: (7-8332) 64-35-85,
E-mail: zymus@mail.ru
- Sozonov Petr**,
Chief Engineer – First Deputy Director General of
«Gazprom transgaz Ekaterinburg»,
(343) 359-75-02
- Gaydt Eduard**,
Head of the Office «Uralavtogaz» branch of «Gazprom
transgaz Ekaterinburg»,
8 912 268-32-71
- Kuznetsov Petr**,
Deputy Head of «Uralavtogaz» branch of «Gazprom
transgaz Ekaterinburg»,
(343) 226-50-77
- Grigorovich Dmitry**,
leading research associate 'All-Russian Scientific
Research Institute of Railway Transport', Doctor of
Science, (495) 602-84-36, 8 926 186-32-18
- Lozovetsky Vyacheslav**,
Doctor (Tech.), professor, Moscow State Forest
University,
Тел. 581-41-26; e-mail lozovetsky@mail.ru
- Kondratenko Maria**,
Student, Russia State University of tourism and service
- Dugin Georgy**,
Senior Scientist, Departamet of transport problem, VINITI
RAS, phone. 8 (499) 155-43-22; e-mail: tran@viniti.ru
- Kavtaradze Zurab**,
Research fellow of NIIEМ of N.E. Bauman's MGТУ,
Candidate of Science,
office phone: (499) 265-78-92
- Kavtaradze Revaz**,
Professor of N.E. Bauman's MGТУ, Doctor of
Engineering, mobile phone: 8 910 469-00-12,
office phone: (499) 265-78-92

Перечень статей, опубликованных в журнале «Транспорт на альтернативном топливе» в 2009 г.

№ 1 (7)

1. Правительство России продолжает курс на метанизацию транспорта.
2. ОАО «Газпром» и Санкт-Петербург подписали соглашение и договор о сотрудничестве в 2009 году
3. Автопробег «Голубой коридор» по маршруту Ростов-на-Дону – Сочи, 20-24.04.2009 г.
4. Автономная газификация в центре внимания научно-технического совета ОАО «Газпром».
5. Метан покорит Дагестан.
6. Заседание рабочих комитетов ЕДК, 5.11.2008 г., Баден (Австрия).
7. 2-е заседание межотраслевой экспертной группы по координации законодательного, нормативно-технического и информационного обеспечения использования природного газа в качестве газомоторного топлива, 28.11.2008 г., ООО «ВНИИГАЗ».
8. 15-я Международная выставка «Автокомплекс-2008», 29-31.10.2008 г., Москва.
9. **М. Дущик.** Рынок СУГ может ожидать стагнация.
10. **Я.Г. Осадчий, Ю.И. Русинович, Е.Н. Крылов.** Испытано и надежно.
11. Новые модификации газозаправочных колонок компании «FAS».
12. **Н.Г. Певнев, З.Р. Раенбагина.** Обоснование необходимости совершенствования системы питания двигателя СУГ.
13. Цены на газ и газобаллонное оборудование упали, переходите на газомоторное топливо.
14. **Д.А. Сорокин.** ООО «Метрология и автоматизация» – первое в России предприятие, реализовавшее коммерческий учет СУГ с учетом отходящих газов.
15. **М.П. Бурда.** Развитие экологически чистого автотранспорта в Тольятти.
16. **А.П. Черепанов, Е.П. Мовчан.** Комплектование и обустройство АГНКС.
17. Новости из регионов.
18. Новости из-за рубежа.
19. **Г.И. Бумагин, Л.В. Попов, А.Е. Раханский, Е.И. Рогальский.** Электрогазодинамический генератор-детандер (ЭГД-Г-Д) и его применение для сжижения природного газа.
20. **В.Л. Страхов.** Перспективный способ и средства огнезащиты пожароопасного оборудования объектов хранения и потребления СПГ.
21. **С.И. Козлов.** Пути развития водородной энергетики.
22. **Д.А. Мирошниченко, М.В. Жирнова.** Состояние и перспективы развития промышленного производства диметилового эфира для использования в качестве моторного топлива на автотранспорте.
23. **Г.С. Савельев, М.Н. Кочетков.** Использование рапсового масла в качестве топлива в дизельных двигателях.

24. **В.И. Ерохов, А.В. Николаенко.** Оценка экологической безопасности современных автотранспортных средств.
25. **А.С. Клементьев, А.В. Меркушев, А.Н. Пестерев.** Экспериментальные исследования экологической безопасности автомобилей УАЗ-315192 и ГАЗ-31105, работающих на бензине и КПГ.
26. Перечень статей, опубликованных в журнале «Транспорт на альтернативном топливе» в 2009 г.

№ 2 (8)

1. На Сахалине начал работу первый в России завод СПГ.
2. Автопробег «Голубой коридор» по маршруту Ростов-на-Дону – Краснодар – Новороссийск – Сочи.
3. «Голубой коридор» в повестке дня ЕЭК ООН.
4. 2-я международная конференция «Развитие использования природного газа на транспорте».
5. Приглашаем к участию в выставке «Автокомплекс-2009» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг).
6. **Г. Яжньски.** Портрет владельца автомобиля, работающего на газе.
7. **В.А. Щербинин.** Автомобильные газовые топливные системы фирмы «САГА».
8. **В.А. Шишков.** Возможности систем одновременной подачи газового и жидкого топлив в ДВС с искровым зажиганием.
9. **А.А. Барабанов.** Путь развития ОАО «Промприбор» в условиях экономического кризиса.
10. **А.В. Васильев.** Выживание через развитие (к вопросу о перспективах рынка сбыта СУГ).
11. **О.З. Галустьян.** Измерительные системы «Струна» для светлых нефтепродуктов и СУГ.
12. Мировая статистика перевода автотранспорта на КПГ по состоянию на 1 февраля 2009 г.
13. **А.В. Смирнов, В.С. Слатвинский, А.С. Игитов.** Короткоцикловая осушка природного газа – продукт энергосбережения.
14. **С.И. Мандрик.** Удаленный мониторинг и дистанционное управление.
15. **В.И. Бунин, Я.А. Евдокимов.** Повышение эффективности АГНКС за счет реновации систем автоматизированного управления.
16. **Э.Д. Гайдт.** Модернизация АГНКС в Первоуральске.
17. **И.М. Коростышевский, Ю.А. Коцарь.** Электронная система управления двигателями внутреннего сгорания, работающими в газодизельном режиме.
18. Новости из регионов.
19. **Г.М. Пожарнов.** Эффективность использования энергоресурсов России на примере Южного федерального округа.

№ 3 (9)

20. **Е.Н. Пронин, С.Е. Поденок.** Малотоннажное производство сжиженного природного газа в ОАО «Газпром» – спектр возможностей и перспектив.
21. **А.И. Цаплин, С.В. Бочкарев.** Методика теплового расчета перевозчика сжиженного природного газа.
22. Новости из-за рубежа.
23. **А.Р. Аблаев.** Компании альтернативной энергетики развиваются даже во время кризиса.
1. Автопробег «Голубой коридор» по маршруту Ростов-на-Дону – Краснодар – Новороссийск – Сочи, 20-24.04.2009 г.
2. Заседание Комиссии при Правительстве РФ по использованию природного и сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива, 24.04.2009 г., Сочи.
3. Заседание «круглого стола» Комитета Торгово-промышленной палаты (ТПП) РФ по энергетической стратегии и развитию ТЭК, 20.04.2009 г., Москва.
4. XIII Международный газовый форум в Варшаве (Польша), 18-19.03.2009 г.
5. 3-й Донской нефтегазовый конгресс, 20.04.2009 г., Ростов-на-Дону.
6. 10-е юбилейное ежегодное собрание членской некоммерческой партнерства «Национальная газомоторная ассоциация», 24.04.2009 г., Сочи.
7. **Б.С. Рачевский.** Развитие энергетики сжатого и сжиженного природного газа, как переходного этапа к водородной энергетике.
8. **А.Ю. Потоцкий.** Компания «Galileo».
9. **В.А. Сосницкий.** В интересах укрепления партнерских связей.
10. **А.А. Ким.** Актуальность принятия Федерального закона «Об использовании альтернативных видов моторного топлива».
11. ОАО «Газэнергосеть» планирует увеличить количество газовых АЗС.
12. **А.Н. Иванов.** Мировые стандарты в обслуживании топливных карт безналичной оплаты.
13. Пан или пропан.
14. **В.А. Шишков.** Использование энергии перепада давления газа на электромагнитных форсунках для улучшения наполнения смесью газового топлива с воздухом цилиндров ДВС с воспламенением от искры.
15. **Р.З. Кавтарадзе.** Формулы для расчета задержки воспламенения при работе газодизеля на различных газообразных топливах.
16. Затраты и сроки окупаемости переоборудования на КПГ различных моделей автомобилей.
17. Новости из регионов.
18. Фирма ООО «НордВестАвтоТрейд» представляет на российском рынке иранский автобус OM 457G-OSG на КПГ.

19. Новые газодизельные системы питания с электронным управлением «РАРИТЭК-1-КАМАЗ».
20. **И.М. Коклин, А.Д. Прохоров.** Газовая моторизация в границе ответственности ООО «Газпром трансгаз Ставрополь».
21. **В.А. Щербинин.** Автомобильные газовые топливные системы фирмы «САГА».
22. Новости из-за рубежа.
23. **Д.Н. Григорович.** Применение водорода в качестве моторного топлива на железнодорожном транспорте.
24. **М.Ф. Кротов, С.В. Коробцев, В.Н. Фатеев, Р.О. Самсонов, С.И. Козлов.** Производство водорода из органического сырья.

№ 4 (10)

1. 13-я Международная специализированная выставка газовой промышленности и технических средств «Рос-Газ-Экспо-2009», 26-29.05.2009 г., Санкт-Петербург.
2. 4-й Международный конгресс «Топливный биоэтанол-2009», 14-16.04.2009 г., Москва.
3. **Б.С. Рачевский.** Сжиженные углеводородные газы – альтернатива нефти и нефтепродуктам.
4. **А.С. Вандер, М.В. Никулин.** Европейский опыт эксплуатации АГНКС серии Gazpack фирмы «ComrAirg» (Великобритания). Мировая статистика перевода автотранспорта на КПП по состоянию на 1 мая 2009 г.
6. **В.А. Шишков.** Работа системы управления ДВС с искровым зажиганием на газовом топливе при пропусках воспламенения.
7. **С.В. Гусаков, Махмуд Мохамад Эльгобаши Эльхагар.** Управление моментом воспламенения в двигателе с самовоспламенением от сжатия путем добавления диметилэфира при работе на СПГ.
8. **С.В. Заикин, В.Л. Страхов, В.О. Каледин.** Новый способ и средства огнезащиты для объектов нефтегазового комплекса.
9. **В.А. Марков, А.Ю. Шустер, С.Н. Девянин.** Работа дизелей на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла.
10. «Паритет-строй»: серийное качество – индивидуальный подход.
11. **А.Н. Иванов.** Мировые стандарты в обслуживании топливных карт безналичной оплаты: идентификация.
12. **А.А. Барабанов.** Безопасность технологических процессов на ГНС.
13. **В.И. Бунин, А.В. Яковлев, Я.А. Евдокимов.** Типовые проблемы автоматики АГНКС, выявленные при реновации САУ (капитальном ремонте).
14. **И.М. Коростышевский.** Газовые электромагнитные форсунки типа ФЭК.
15. **П.П. Петров, А.М. Савенков, А.И. Савицкий.** Свободнопоршневые двигатели для газовой промышленности.
16. **Г.С. Савельев, М.Н. Кочетков.** Расчет параметров топливной системы тракторного дизеля при его адаптации к работе на рапсовом масле.
17. **О.К. Алексеева, С.И. Козлов, Р.О. Самсонов, В.Н. Фатеев.** Системы хранения водорода.

18. **А.Ю. Винаров, Е.Н. Дирина.** Биодизель из растительного сырья. Повышение конкурентоспособности за счет переработки отходов производства.

№ 5 (11)

1. XII ежегодное общее собрание Европейского делового конгресса, 10-11.06.2009 г., г. Порто Черво (Сардиния, Италия).
2. 9-й международный бизнес-форум и специализированная выставка «Мир сжиженных и сжатых газов – 2009», 10-12.06.2009 г. (Киев, Украина).
3. **А.Г. Рубан.** Экономические стимулы применения КПП на автотранспорте.
4. Новости из-за рубежа.
5. **И.К. Аминов, Д.Г. Корниенко, А.В. Смирнова.** Реализация международного проекта «Голубой коридор» в Северо-Западном регионе РФ.
6. **Гжегож Яжиньски, Ю.В. Панов.** Блоки управления системами впрыска газа с функцией EOBD.
7. **В.А. Марков, А.В. Стремяков, С.Н. Девянин.** Работа дизелей на смесях дизельного топлива и рапсового масла.
8. **Д.Н. Гуленин.** Технологическая система «АМТ-ГАЗ» для заправки СУГ на АГЗС и МАЗК.
9. Абсолютная система учета СУГ на АГЗС и МАЗК.
10. Успешная работа компании «Паритет-строй» в условиях экономического кризиса.
11. **Н.Г. Певнев, М.В. Банкет.** Повышение эксплуатационной надежности газобаллонных автомобилей при низких температурах окружающего воздуха.
12. **А.Н. Иванов.** Мировые стандарты в обслуживании топливных карт безналичной оплаты: архитектура ТК.
13. **С.И. Мандрик.** САУ АГНКС нового поколения ЗАО «Промэнергомаш».
14. **С.П. Сусликов, А.Ф. Шин.** Особенности реконструкции АГНКС-250 ООО «Газпром трансгаз-Кубань».
15. **Т.К. Крушневич, А.И. Пятничко, В.Т. Крушневич.** Особенности осушки природного газа на АГНКС.
16. **С.П. Семенищев.** Где нет газовой трубы, там работают мобильные заправки.
17. **В.А. Щербинин, Ю.В. Панов, А.А. Назаров, В.И. Молчанинов.** Применение элементов АГТС «САГА-7» для безопасной и эффективной эксплуатации газовых автобусов.
18. **Д.Д. Гайдт, И.О. Набойченко, Л.А. Ежевская.** Создание инфраструктуры для эксплуатации газотурбовозов на Свердловской железной дороге.
19. **В.Ф. Руденко, А.Г. Воронков, Е.Ю. Стальнов.** Газотурбовоз ГТ1 на альтернативном моторном топливе СПГ.
20. Резерв для газификации регионов.
21. **В.М. Володин, П.Д. Лупачев, В.С. Гольнев.** Биотопливо и производство продуктов питания.
22. **О.К. Алексеева, С.И. Козлов, Р.О. Самсонов, В.Н. Фатеев.** Системы хранения водорода.

№ 6 (12)

1. 4-й Международный Дальневосточный экономический форум.
2. В Аргентине состоялся 24-й Мировой газовый конгресс.
3. 12-я Международная научно-практическая конференция «Сжатый и сжиженный газ – 2009».
4. «CITOGIC'2009» и Европейский деловой конгресс.
5. **А.А. Ким.** Автономное газоснабжение на СУГ – эффективное решение в энергообеспечении регионов РФ («Круглый стол» в Торгово-промышленной палате РФ, 21.09.2009 г.).
6. 7-я Международная специализированная выставка оборудования и технологий для газораспределения и эффективного использования газа «GasSUF-2009», 13-15.10.2009 г., МВЦ «Крокус Экспо», Москва.
7. **Е.Н. Пронин, Р.О. Самсонов, И.Ф. Маленкина.** Перспективы продления международных транспортных «Голубых коридоров» Россия-Европа с использованием природного газа в качестве моторного топлива.
8. В Польше впервые прошел пробег автомобилей, работающих на СУГ.
9. Новости из-за рубежа.
10. Новости из регионов.
11. **Н.В. Бурцев, В.А. Бурцев.** Микропроцессорная система управления газоводородным автомобилем с бортовым генератором водорода.
12. **В.А. Шишков.** Особенности пуска ДВС с искровым зажиганием на газовом топливе.
13. **Г.И. Бумагин, А.Г. Лапкина.** Определение значений конвективного тока и тока смещения в ступени ЭГД генератора-детандера для сжижения природного газа.
14. **В.А. Марков, Н.Н. Патрахальцев.** Спиртовые топлива для дизельных двигателей.
15. **А.Н. Иванов.** Мировые стандарты в обслуживании топливных карт безналичной оплаты: архитектура ТК.
16. Это модное слово «Ребрендинг».
17. **В.А. Колосов, А.А. Барабанов.** Автоматизация технологических процессов и инновационные технологии на объектах, использующих СУГ.
18. **В.Н. Титов.** Ресурсосберегающие технологии компании «ВИП Газ Тех»: технологические установки модульного типа для проведения сливно-наливных операций с СУГ.
19. **З.Р. Кавтарадзе, Р.З. Кавтарадзе.** Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах.
20. **М.Ф. Кротов, С.В. Коробцев, В.Н. Фатеев, Р.О. Самсонов, С.И. Козлов.** Производство водорода из органического сырья.
21. **Г.С. Савельев, Е.Т. Кауров.** Технично-экономические аспекты внутрихозяйственного производства биодизельного топлива второго поколения из биомассы.

Подписка – 2010

Международный научно-технический журнал «Транспорт на альтернативном топливе»

Россия, 115304, Москва, ул. Луганская, д. 11.

Тел.: 321-50-44, 363-94-17, e-mail: transport.io@oeg.gazprom.ru, transport.er@oeg.gazprom.ru • www.ngvrus.ru

Уважаемые читатели!
Начинается подписка на 2010 г.

Расценки на подписку на 2009 г. (с учетом почтовых расходов)	Годовая, 6 номеров	Полугодовая, 3 номера
Россия	2970 руб. (2700 руб. + 10% НДС)	1485 руб. (1350 + 10% НДС)
Страны СНГ: Азербайджан, Армения, Белоруссия, Казахстан, Киргизия, Молдавия, Таджикистан, Туркмения, Узбекистан, Украина	2970 руб. (120 долл. США или 80 евро)	1485 руб. (60 долл. США или 40 евро)
Страны Европы	170 евро	100 евро
Австралия и Океания, Азия, Африка, Северная и Южная Америка	230 долл. США	155 долл. США

Отдельные экземпляры журнала – **(450 руб. + 10% НДС = 495 руб.)** можно приобрести в редакции.

Электронная версия журнала за 2010 г. (формат PDF, 6 номеров):

– для РФ и стран СНГ – **1500 руб., включая НДС 18%.**

– для стран Европы, Азии, Америки, Австралии, Океании – **100 долл. США.**

Годовую подписку на 2010 г. (шесть номеров) 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)	17 тыс.+18% НДС	820	575
1+1 (разворот, 420×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
½ страницы (210×145 мм)	10 тыс. + 18% НДС	480	330
¼ страницы (105×145 мм)	6 тыс. + 18% НДС	290	200
На обложке			
1-я страница (210×150 мм)	17 тыс. + 18% НДС	820	575
2-я или 3-я страницы (210×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000
4-я страница (210×290 мм)	30 тыс. + 18% НДС	1450	1000

Технические требования к рекламным модулям:

Макет должен быть представлен в электронном виде: форматы qxd, ai, eps, tiff, cdr.

Носители: CD, DVD, Zip 250.

Требуемые разрешения: полноцветные и монохромные материалы не менее 300 dpi.

Макет должен быть представлен также в распечатанном виде.

