



# ТРАНСПОРТ

## НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 4 (16) 2010

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА  
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ  
СОЮЗОМ



**На Горьковском автозаводе начат серийный выпуск  
ГБА «Газель-Бизнес» на СУГ**

**Свечи зажигания для газовых ДВС**

**Развитие малотоннажного производства СПГ в России**

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**

**П.Г. Цыбульский**

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

**Члены редакционной коллегии**

**О.Ю. Бриллиантов**

заместитель главного редактора

**Б.В. Будауляк**

председатель Комиссии по использованию  
природного и сжиженного нефтяного газа в качестве  
моторного 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.

**Т.В. Климова**

начальник отдела по связям с общественностью и  
СМИ ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

**С.И. Козлов**

главный научный сотрудник Центра по использо-  
ванию газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ», д.т.н.

**В.А. Марков**

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

**А.В. Николаенко**

ректор «МАМИ», профессор

**Ю.В. Панов**

профессор МАДИ, к.т.н.

**Н.Н. Патрахальцев**

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

**Е.Н. Пронин**

зам. начальника Управления ОАО «Газпром»,  
Председатель совета партнерства НГА

**В.Л. Стаивко**

исполнительный директор НГА, 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. Луганская, д. 11, оф. 304.

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

E-mail: transport.1@ngvrus.ru

www.ngvrus.ru

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

Номер заказа

Сдано на верстку 4.06.2010 г.

Подписано в печать 15.07.2010 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: мусоровоз БМ-53229Г-1  
на газобаллонном шасси КАМАЗ-65115-30**

**В НОМЕРЕ:**

|  |    |
|--|----|
| «Круглый стол», посвященный проблемам развития рынка СУГ, 8.06.2010 г., Москва.....  | 3  |
| Ежегодное собрание НП НГА.....   | 4  |
| Мировая статистика перевода автотранспорта на КПГ по состоянию на май 2010 г.....  | 8  |
| <b>Н.Г. Певнев, В.И. Гурдин, М.В. Банкет</b><br>Оптимизация теплосодержания СУГ в автомобильном газовом баллоне<br>для обеспечения бесперебойной работы ГБА .....                              | 10 |
| <b>А.С. Клементьев, М.Н. Бибииков, Н.М. Филькин, А.В. Меркушев</b><br>Исследование влияния степени сжатия при конвертации<br>двигателя автомобиля ГАЗ-31105 «Волга» на газовое топливо .....   | 14 |
| <b>М.Н. Кочетков, Г.С. Савельев</b><br>Оценка энергоавтономности сельскохозяйственного предприятия<br>при замене дизельного топлива на чистое рапсовое масло .....                             | 18 |
| <b>В.В. Черных</b><br>Первый шаг к рынку газомоторного топлива .....   | 22 |
| <b>И.Ф. Маленкина, А.В. Попов, Е.Е. Шишкина, А.А. Пономарева</b><br>Правовая база использования КПГ<br>в качестве моторного топлива в России и за рубежом .....                                | 26 |
| <b>Я.А. Евдокимов, А.В. Яковлев</b><br>Технико-экономическое обоснование замены автоматики на АГНКС .....  | 31 |
| Опыт ЗАО «Промэнергомаш» по модернизации<br>и внедрению современного оборудования АГНКС.....   | 36 |
| <b>А.Г. Казанин</b><br>Широкое внедрение КПГ на автотранспорте Москвы –<br>магистральный путь оздоровления экологической обстановки в столице.....   | 39 |
| <b>А.А. Барабанов</b><br>ОАО «Промприбор» сегодня. Стратегия развития.....   | 42 |
| <b>Н.Г. Певнев, Э.Р. Раенбагина</b><br>Пост слива газа на АГЗС и определение технологических параметров<br>слива газа из автомобильных баллонов.....   | 46 |
| На Горьковском автозаводе начат выпуск<br>серийного газобаллонного автомобиля «ГАЗель-Бизнес», работающего на СУГ .....  | 52 |
| <b>А.Ю. Банковский</b><br>Экспертное заключение специалиста по оценке ГБА «ГАЗель-Бизнес» .....  | 55 |
| <b>В.А. Шишков</b><br>Свечи зажигания для газовых ДВС.....   | 58 |
| <b>П.М. Созонов, В.С. Аверков, О.Л. Мишин</b><br>Развитие малотоннажного производства СПГ в России –<br>объективная необходимость.....   | 62 |
| Системы гарантированного электроснабжения .....  | 70 |
| <b>В.С. Янченко, С.А. Григорьев, Ю.И. Фокин</b><br>Перспективы применения электрохимических генераторов на основе топливных<br>элементов в строительной и коммунальной мобильной технике ..... | 71 |
| <b>Л.В. Грехов, В.А. Марков</b><br>Эфиры – перспективные альтернативные моторные топлива<br>для дизельных двигателей.....  | 74 |
| Авторы статей в журнале № 4 (16) 2010 г. ....  |    |



**'Alternative Fuel Transport' international science and technology journal, No. 4 (16) 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)

**Published:** 6 issues a year

**Editor-in-Chief**

**Tsybulsky, P.G.**

Director General of Gazprom VNIIGAZ, PHD

**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

**Klimova, T.V.**

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

**Kozlov, S.I.**

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

**Markov, V.A.**

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

Doctor of Engineering

**Nikolaenko, A.V.**

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

**Panov, Yu.V.**

Professor of MADI (GTU), Candidate of Science

**Patrakhaltsev, N.N.**

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

**Pronin, E.N.**

Deputy Head of Directorate, JSC Gazprom, President, NGVRUS

**Stativko, V.L.**

Executive Director, NGVRUS, 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.1@ngvrus.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 04.06.2010

Endorsed to be printed on 15.07.2010

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:**

**Refuse heavy duty truck BM-53229G-1**

**on chassis KAMAZ-65115-30 CNG**

## CONTENTS

**N.G. Pevnev, V.I. Gurdin, M.V. Banket**

Optimization quantity of heat of the liquefied petroleum gas and automobile gas cylinder with the purpose of maintenance of uninterrupted job gas of the automobile .....10

**A.S. Klementyev, M.N. Bibikov, N.M. Filikin, A.V. Merkushev**

Influences degree compressions at conversion of the cars for usage on gas fuel .....14

**M.N. Kochetkov, G.S. Saveliev**

Estimation of power autonomy on the agricultural enterprise at a diesel fuel replacement on rapeseed oil .....18

**V.V. Chernyh**

The first step to natural gas fuel market .....22

**I.F. Malenkina, A.V. Popov, E.E. Shishkina, A.A. Ponomareva**

Legal base of CNG using as a motor fuel in Russia and abroad .....26

**Y.A. Evdokimov, A.V. Yakovlev**

Feasibility study of automatic control system replacement for AGNKS .....31

**A.G. Kazanin**

Large scale introduction of CNG for the Moscow mass transit is the mainstream of improving the environment in the Russian Capital .....39

**A.A. Barabanov**

JSC «Prompribor» today. Strategy of development .....42

**N.G. Pevnev, E.R. Raenbagina**

Post gas overflow on the AGFS and definition of technologic parameters of gas overflow from the car balloon .....46

**V.A. Shishkov**

Candles of ignition for gas engine of internal combustion .....58

**P.M. Sozonov, V.S. Averkov, O.L. Mishin**

Development of not grate capacity LNG manufacturing in Russia is objective necessity .....62

**V.S. Yanchenko, S.A. Grigoriev, Y.I. Fokin**

Outlook of application of electrochemical generators on the basis of fuel cells in the constructive and municipal mobile technics .....71

**L.V. Grekhov, V.A. Markov**

Ethers – Perspective Alternative Fuels for Diesel Engines .....74

Contributors to journal issue No. 4 (16) 2010 .....83





## «Круглый стол», посвященный проблемам развития рынка СУГ, 8.06.2010 г., Москва

Организатором «круглого стола» стала Общероссийская общественная организация «Деловая Россия», соорганизаторами – Российский союз химиков, НП «Координатор рынка газа» при поддержке Российско-Американского совета делового сотрудничества.

Среди участников «круглого стола» были представители общественной организации «Деловая Россия», Российского союза химиков, НП «Координатор рынка газа», ФАС РФ, ОАО «Газэнергосеть», ООО «СГ-Трейд», ЗАО Биржа «Юнекс», ОАО «Газпромбанк», Союза потребителей газового топлива, ООО «Еврогалс», ОАО «ВМУС-2», ООО «Теплоогнезащита» и других. Всего присутствовало 85 чел.

Целью «круглого стола» явилось обсуждение перспектив либерализации региональных рынков СУГ, возможности обеспечения регионов балансовым и коммерческим СУГ. На заседаниях «круглого стола» подробно обсуждались возможности организации биржевой торговли СУГ, российский опыт организации биржевой торговли, проблемы технического регулирования объектов инфраструктуры реализации СУГ.

Основные темы «круглого стола»:

1. Перспективы развития региональных рынков коммерческого СУГ для нужд бытовой сферы, автотранспорта и газохимии.

2. Либерализация внутреннего рынка СУГ. Перспективы создания федеральной и региональных биржевых площадок по торговле СУГ.

3. Текущие проблемы ценообразования оптового и розничного рынков СУГ.

4. Вопросы технического регулирования объектов розничной инфраструктуры рынка СУГ.

5. Применение инновационных технологий при создании объектов

розничной инфраструктуры рынка СУГ.

При обсуждении этих тем участники «круглого стола» отмечали, что рынок СУГ в нашей стране, в первую очередь, определяется наличием двух составляющих – регулируемого рынка и рынка коммерческого СУГ, а также фактическим отсутствием рынка в классическом понимании этого слова. С точки зрения ценообразования существуют два параллельных рынка, а именно – рынок регулируемый и рынок коммерческого газа, что мешает становлению нормальной конкурентной среды.

Одновременно отмечалось, что на внутреннем рынке СУГ практически отсутствуют механизмы стимулирования развития инфраструктуры розничного рынка СУГ, в зачаточном состоянии находится нормативная база рынка, включая нормативную базу в сфере технического регулирования объектов инфраструктуры: ГНС, ГНП, АГЗС, а также в сфере газобаллонного оборудования.

Исходя из этого участники «круглого стола» приняли следующие решения:

1. Обратиться в Правительство РФ с предложением разработать государственную программу стимулирования развития внутреннего розничного рынка СУГ для нужд автотранспорта, населения, промышленности и энергетики, автономной газификации отдаленных поселений.

2. Обратиться в Минэкономразвития РФ, Минэнерго РФ, ФСТ РФ с предложением о разработке биржевого механизма обеспечения региональных розничных рынков сжиженным углеводородным газом с учетом имеющегося опыта биржевой торговли СУГ, о формировании федеральной и региональных биржевых площадок, соответственно, с предложением об отмене системы балансовых заданий.

3. Предложить представителям администраций регионов, участников «круглого стола», создать совместно с «Деловой Россией» и Российским союзом химиков рабочие группы по развитию региональных рынков СУГ и формированию региональных программ развития рынка СУГ.

4. По итогам обсуждения участники «круглого стола» решили предложить «Деловой России» поддержать создание системы сертификации газобаллонного оборудования и качества газомоторного топлива (СУГ) на региональных рынках СУГ (механизм контроля качества ГМТ).

5. Участники «круглого стола» считают целесообразным создание на рынке розничных продаж СУГ саморегулируемой организации участников рынка реализации СУГ (ГНС, сети АГЗС, ГНП, ПНБ), а также организации поставок и продаж газобаллонного оборудования.

6. Обратиться в Минпромторговли РФ, Ростехрегулирование РФ с предложением поддержать разработку вышеуказанной системы сертификации и оценки соответствия, создав соответствующую рабочую группу «Деловой России», Российского союза химиков и Ростехрегулирования РФ.

7. Участники «круглого стола» решили в рамках совместного общественного проекта «Деловой России» и Российского союза химиков учредить следующие экспертные группы:

- по созданию системы технического регулирования рынка СУГ во взаимодействии с профильными техническими комитетами;

- по организации биржевой торговли СУГ;

- по взаимодействию с региональными органами власти и созданию региональных программ развития рынка СУГ.



## Ежегодное собрание НП НГА

Очередное 11-е ежегодное собрание членов НП «Национальная газомоторная ассоциация» (НГА) прошло 28 июня 2010 г., на нем присутствовали члены НГА, представители предприятий и научно-исследовательских институтов, руководители ассоциации, члены редколлегии и работники редакции журнала «Транспорт на альтернативном топливе». Всего более 50 человек.



Президиум совещания (слева направо): В.Л. Стативко, П.Г. Цыбульский, Е.Н. Пронин

**П**овестка дня собрания включала следующие основные вопросы:

- утверждение годового отчета, бухгалтерского баланса и заключения ревизора;
- избрание совета партнерства;
- утверждение приоритетных направлений деятельности партнерства в 2010-2011 гг.

Собрание вел Е.Н. Пронин, Председатель совета партнерства НГА, заместитель начальника управления ОАО «Газпром». С приветствием к собравшимся обратился генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ» П.Г. Цыбульский. В своем выступлении он отметил, что деятельность НГА направлена на объединение научных и производственных потенциалов организаций-партнеров по продвижению природного газа на рынок моторного топлива. Свидетельством верности выбранного направления становится ежегодное расширение границ ассоциации, появление новых успешных совместных проектов, ее международная интеграция.

Поступательная и позитивная работа НГА вызывает уважение разработчиков технологий, проектировщиков, производителей оборудования и эксплуатационников, готовых способствовать развитию рынка экологически более чистых и

экономически более привлекательных видов топлива на транспорте.

ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в 70-е гг. прошлого века стоял у истоков научно обоснованной идеи использования газа в качестве моторного топлива, создавал модификации газовых двигателей, обосновывал целесообразность строительства АГНКС. Сейчас ООО «Газпром ВНИИГАЗ» – разработчик и координатор Целевой комплексной программы ОАО «Газпром» «Развитие газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе», а также Программы реконструкции и технического перевооружения сети АГНКС.

Институт ведет активную работу по совершенствованию законодательной и нормативно-правовой базы в области производства и использования газомоторного топлива, подготовке технико-экономических обоснований региональных и международных программ.

Центр использования газа сегодня выполняет более ста различных задач! Газификация транспорта – это большая работа, успех которой гарантирован только в сотрудничестве с проверенными деловыми партнерами. НГА как раз и является одним из таких партнеров.

Доклад о деятельности НГА за отчетный период представил исполнительный директор ассоциации В.Л. Стативко.

Так, в своем докладе он отметил, что Национальная газомоторная ассоциация создана 11 лет назад решением учредителей, которыми выступили ДОО «Оргэнергогаз» и ОАО «Автогаз». С начала прошедшего года НГА пополнилась 12 новыми членами: ООО «Аналитические Бизнес Системы», ООО «Газомотор-Р», ОАО «Газэнергосеть», ООО «Ивеко Руссия», ЗАО «Криогаз», фирма «LMF GmbH» (представительство), ООО «Микрометан С», ОАО «Новогрудский завод газовой аппаратуры», ООО «Скания-Русь», ОАО «Орский машиностроительный завод», ООО «Техногарант», ООО «Э.ОН Раша».

Таким образом, число действующих членов НГА достигло 53. Среди них организации из России, Белоруссии, Германии, Швейцарии, Польши, Австрии, Италии. Это говорит о том, что НГА продолжает пользоваться известностью, и ее деятельность привлекает внимание.

Определенную роль в этом играет наш журнал «Транспорт на альтернативном топливе», который начал выходить в свет в 2008 г.

Основными целями и задачами деятельности НГА, которые вытекают из ее Устава, являются:

- содействие развитию рынка экологически более чистых и экономически привлекательных видов топлива на транспорте;
- содействие открытым и доверительным дискуссиям по газомоторной тематике между членами ассоциации, производителями и пользователями оборудования и услуг;
- организация обменом информацией и укрепление контактов как в рамках ассоциации, так и за ее пределами;
- разработка практических предложений в виде рекомендаций для различных органов государственного управления, предприятий и организаций;
- содействие развитию сотрудничества членов НГА с партнерами путем организации встреч на мероприятиях, конференциях и выставках.

Подведение итогов финансовой деятельности за отчетный период дало следующие результаты.

Доходная часть ассоциации формируется из вступительных и членских взносов ее участников, подписки на журнал и размещения рекламы на его страницах, организационного обеспечения выставки «GasSUF-2009» и информационного обеспечения некоторых организаций.



Выступление исполнительного директора Национальной газомоторной ассоциации В.Л. Стативко

Финансовое состояние ассоциации на конец прошедшего года и сейчас удовлетворительное, хотя кризис не обошел стороной и нашу ассоциацию.

Основную часть в смете расходов составляют фонд оплаты труда, 19% – аренда помещений, 13% – расходы по изданию и распространению журнала.

Практически с момента своего образования ассоциация обеспечивала деятельность комиссий по использованию природного и сжиженного нефтяного газа в качестве моторного топлива. Таких комиссий с одинаковым названием сейчас две. Одна при Правительстве РФ была создана соответствующим постановлением Правительства в 1994 г., вторая – Российским газовым обществом в 2004 г.

Работа ассоциации в комиссиях позволяет обращаться в правительственные структуры, министерства и ведомства, а также в органы управления субъектов РФ.

В последние полгода усилилось внимание к альтернативным топливам как в

Государственной Думе, так и в Федеральном собрании.

Активная информационная деятельность НГА началась с выпуска Международного научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе» в 2008 г., являющегося практически единственным специализированным печатным органом в стране, освещающим проблемы использования природного газа и других альтернативных видов горючего в качестве моторного топлива на транспорте. В состав редакционной коллегии входят известные ученые и специалисты. Редакционную коллегию возглавляет генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ» П.Г. Цыбульский.

Журнал продолжает свое совершенствование и расширение авторского состава и читательской аудитории. В немалой степени этому способствовало включение журнала в перечень ВАК ведущих научных изданий, публикации в которых учитываются при защите докторских и кандидатских диссертаций.

В шести последних номерах, кроме информационных материалов, было напечатано 134 статьи технического и научного характера. Уже сформировался круг постоянных авторов. С расширением тематики публикуемых материалов в журнале вводятся новые разделы.

Кроме журнала, НГА выпустила очередной Каталог газоиспользующего и газозаправочного оборудования–2009, а также уточненный атлас размещения газовых заправок. В рамках международного информационного центра «Метан-Инфо» продолжается распространение газомоторных новостей «МетаНовости». Вышло 30 номеров. Их получают сотни адресатов, связанные с НГА или имеющие отношения к газомоторной тематике.

Кроме «МетаНовостей», продолжают подготовку и выпуск новостей на главной странице сайта НГА. Размещено 60 таких сообщений.

Расширение сотрудничества членов НГА с партнерами осуществляется путем организации встреч на проводимых мероприятиях, конференциях и выставках. Осенью прошлого года в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» прошла большая международная конференция, которая стала продолжением 7-го Международного специализированного форума по газораспределению и эффективному использованию газа «GasSUF–2009».

В мероприятиях во «ВНИИГАЗе» и на «GasSUF–2009» принимали участие многие члены НГА. Это участие в работе собрания, осмотр автомобилей гаража «ВНИИГАЗа», участвовавших в автопробеге Москва – Ростов-на-Дону – Краснодар – Сочи и шедших под флагом НГА.

Аналогичный автопробег планируется провести и осенью текущего года. Он будет приурочен к 8-му Международному специализированному форуму по газораспределению и эффективному использованию газа «GasSUF–2010» в Сокольниках. НГА давно уже выступает организатором мероприятий «GasSUF».

Автопробег в 2010 г. должен пройти по городам, где расположены отечественные автосборочные предприятия. Это Тольятти, Ульяновск, Набережные Челны, Нижний Новгород, Ярославль. Цель автопробега – привлечение внимания производителей автомобилей к газовому топливу.

Рассматривая международную деятельность НГА, необходимо отметить, что ассоциация является аффилированным членом Международного газового союза и принимает участие



Участники совещания



в работе секции газомоторного транспорта Комитета № 5 МГС (газификация). НГА организовала перевод доклада, представленного на конгрессе МГС, на русский язык, и журнал опубликовал этот документ в виде спецвыпуска. Он представляет собой подробный анализ состояния дел с переводом на газомоторное топливо транспорта во всех странах мира.

Ассоциация продолжает сотрудничать с европейскими структурами ООН. Европейская энергетическая комиссия ООН совместно с Комитетом по транспорту поддержала предложение России о создании автомобильных трасс, получивших название «Голубой коридор», оборудованных газовыми заправками на всем протяжении. Обоснование этого проекта и экономические расчеты подготовила НГА. Рабочая группа по газу ежегодно, в январе, рассматривает ход реализации этого проекта.

В 2008 г. НГА стала полноправным членом Европейского делового конгресса (ЕДК) – неправительственной организации, которая объединяет десятки круп-

нейших фирм и компаний Старого Света.

Ассоциация уже много лет активно работает в Комитете промышленности и строительства ЕДК, который в настоящее время возглавляет О.Е. Аксютин, начальник департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром». Последнее заседание комитета прошло в июне в г. Канн (Франция), на котором рассматривался вопрос использования водорода в энергетике.

Подводя итоги отчетного периода, необходимо подчеркнуть, что главными задачами руководства и членов НГА являются более активная пропаганда продвижения альтернативных видов моторного топлива на российский и международный рынки, поддержка достигнутых результатов и развитие тех направлений деятельности, которые позволяют решить стоящие перед НГА задачи.

На собрании НГА был также представлен отчет главного бухгалтера, где были подведены финансовые итоги деятельности ассоциации за 2009 г., которые были признаны удовлетворительными.

По второму вопросу повестки дня – избранию Совета партнерства – было предложено семь кандидатур. В результате голосования единогласно избраны:

**Д.Д. Гайдт**, генеральный директор ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»;

**Н.А. Калинин**, первый заместитель генерального директора, главный инженер ДОО «Оргэнергогаз»;

**Е.Н. Пронин**, заместитель начальника Управления по газификации и использованию газа ОАО «Газпром»;

**А.А. Седых**, генеральный директор ОАО «Автогаз»;

**В.В. Семенов**, директор Центра использования газа ООО «Газпром ВНИИГАЗ»;

**В.Л. Стативко**, исполнительный директор НП НГА;

**П.Г. Цыбульский**, генеральный директор ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Были также утверждены приоритетные направления деятельности Национальной газомоторной ассоциации, прозвучавшие в докладе В.Л. Стативко.

**DRESSER Wayne**

Российская Федерация, 115114, г. Москва,  
ул. Дербеневская, д.1, стр.1, подъезд 20  
Тел. (495) 645-82-64, 585-12-77  
Факс (495) 585-12-79  
igor.chistyakov@dresser.com

**Производитель Компрессорного Оборудования**  
Компания Dresser Wayne – ведущий производитель комплексных решений в области природного газа

**Компрессорные установки CUBOGAS®**  
Доказанная эффективность  
Несравнимый опыт

- различные конфигурации по типу заправок (медленная, быстрая, смешанная)
- специальные версии многотопливных ТРК (бензин-дизель-метан, пропан-бутан-метан и т.д.)
- большой выбор моделей, установок CUBOGAS®, обеспечивающих максимальную гибкость в работе
- проверенные технологии
- повышенная эффективность и снижение затрат
- гарантия безопасности
- легкость в установке и обслуживании
- соответствие всем стандартам РФ

Система удаленного контроля и диагностики  
- моделирование реальных рабочих условий  
- информация о возможных причинах неполадок  
- система «своевременного обслуживания»  
- противоаварийное предупреждение  
- удаленный мониторинг через модем или другие коммуникационные устройства

Высокоэффективная сборочная и испытательная линия!  
Более 30 компрессорных установок CUBOGAS® производимых в России

[www.dresserwayne.com](http://www.dresserwayne.com)





**-ELPIGAZ**  
ГАЗОБАЛЛОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## ГАЗОБАЛЛОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Продажа современного газобаллонного оборудования (ГБО) для работы на СУГ КППГ - итальянского производства

- Системы распределенного впрыска газа IV-го поколения, системы с функцией взаимодействия с EOBD
  - Широкий выбор баллонов для СУГ (цилиндрические, тороидальные)
  - Электронные редуктора ELPIGAZ, газовые форсунки, современная и надежная электроника АЕВ *(Все оборудование сертифицировано)*
- Установка ГБО на автомобили отечественного и зарубежного производства (инжекторные системы EOBD, карбюраторные)



Сервисное обслуживание *(высококвалифицированный персонал)*

Обучение специалистов по монтажу ГБО: Карбюраторы, инжекторные системы впрыска газа, системы EOBD

Предлагается сотрудничество по продаже оборудования по регионам России.



**-ELPIGAZ**  
GAS EQUIPMENT

[www.elpigaz.com](http://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  
-mail: [inforu@elpigaz.com](mailto:inforu@elpigaz.com) WWW.ELPIGAZ.RU



## Уважаемые читатели!



Национальная газомоторная ассоциация выпустила в свет специальный выпуск Международного научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе», в котором полностью опубликован на русском языке **Итоговый доклад Международного газового союза**, подготовленный в 2006-2009 гг. Исследовательской группой 5.3 «Транспортные средства на природном газе» Рабочего комитета 5 «Использование газа». Доклад был представлен на Мировом газовом конгрессе МГС, состоявшемся 5-9.10.2009 г. в г. Буэнос-Айрес (Аргентина).

Эксклюзивное право публикации этого доклада предоставлено единственному российскому изданию – редакции журнала «Транспорт на альтернативном топливе».

В Итоговом докладе сделан подробный анализ использования природного газа (метана) в качестве газомоторного топлива, а также других видов альтернативного моторного топлива на транспорте в странах, представляющих различные регионы мира – Европа,

Северная и Латинская Америка, Азиатско-Тихоокеанский регион, Ближний Восток, Россия и страны СНГ. Проанализированы факторы, способствующие развитию национальных газомоторных рынков и сдерживающие его. Представлен обзор современных и перспективных газозаправочных и газоиспользующих технологий в различных странах мира.

Объем специального выпуска журнала «Транспорт на альтернативном топливе» – 96 стр. формата А4. Рассылка спецвыпуска будет производиться только по заявкам читателей с предварительной оплатой. Тираж ограничен, поэтому просьба оперативно присылать заявки на спецвыпуск.

Стоимость 1 экз. бумажного варианта – 1500 руб. + 10% НДС.

В электронном виде доклад не распространяется.

Заявки на получение специального выпуска журнала принимаются по телефонам **(495) 363-94-17, 321-50-44**, или по электронной почте [transport.2@ngvrus.ru](mailto:transport.2@ngvrus.ru)

## Мировая статистика перевода автотранспорта на КПГ по состоянию на май 2010 г.

| №         | Страна            | Парк ГБА       | Парк АГНКС | Спрос,<br>млн. м <sup>3</sup> /г. | Количество ГБА<br>на 1 АГНКС | Расход КПГ<br>на 1 ГБА в год, нм <sup>3</sup> |
|-----------|-------------------|----------------|------------|-----------------------------------|------------------------------|---|
| 1         | Пакистан          | 2 250 100      | 3 145      |                                   | 715                          |   |
| 2         | Аргентина         | 1 826 845      | 1 858      | 2 562,24                          | 983                          | 1 403   |
| 3         | Иран              | 1 734 431      | 1 079      | 2 268,00                          | 1 607                        | 1 308   |
| 4         | Бразилия          | 1 631 173      | 1 782      | 1 723,08                          | 915                          | 1 056   |
| 5         | Индия             | 700 000        | 500        | 624,00                            | 1 400                        | 891   |
| 6         | Италия            | 676 850        | 770        | 744,36                            | 879                          | 1 100   |
| 7         | Китай             | 500 000        | 1 652      |                                   | 303                          |   |
| 8         | Колумбия          | 303 549        | 601        | 540,00                            | 505                          | 1 779   |
| 9         | Украина           | 200 019        | 283        | 996,00                            | 707                          | 4 980   |
| 10        | Бангладеш         | 200 000        | 500        | 1 098,60                          | 400                          | 5 493   |
| 11        | Таиланд           | 173 480        | 404        | 1 147,20                          | 429                          | 6 613   |
| 12        | Боливия           | 122 812        | 128        | 315,36                            | 959                          | 2 568   |
| 13        | Египет            | 122 271        | 119        | 432,00                            | 1 027                        | 3 533   |
| <b>14</b> | <b>Россия</b>     | <b>100 020</b> | <b>249</b> | <b>332,52</b>                     | <b>402</b>                   | <b>3 325</b>                                  |
| 15        | Армения           | 101 352        | 275        | 342,00                            | 369                          | 3 374   |
| 16        | США               | 100 000        | 816        | 660,00                            | 123                          | 6 600   |
| 17        | Германия          | 85 000         | 863        | 175,20                            | 98                           | 2 061   |
| 18        | Перу              | 84 035         | 95         | 120,48                            | 885                          | 1 434   |
| 19        | Болгария          | 60 236         | 76         | 156,00                            | 793                          | 2 590   |
| 20        | Узбекистан        | 47 000         | 63         | 105,96                            | 746                          | 2 254   |
| 21        | Малайзия          | 42 631         | 137        |                                   | 311                          |   |
| 22        | Япония            | 38 042         | 344        |                                   | 111                          |   |
| 23        | Мьянма            | 22 821         | 37         |                                   | 617                          |   |
| 24        | Корея             | 25 744         | 157        | 980,16                            | 164                          | 38 073  |
| 25        | Швеция            | 23 125         | 134        | 81,24                             | 173                          | 3 513   |
| 26        | Венесуэла         | 20 000         | 143        | 97,80                             | 140                          | 4 890   |
| 27        | Франция           | 12 450         | 125        |                                   | 100                          |   |
| 28        | Канада            | 12 140         | 101        |                                   | 120                          |   |
| 29        | Таджикистан       | 10 600         | 53         | 49,56                             | 200                          | 4 675   |
| 30        | Чили              | 8 064          | 15         | 38,40                             | 538                          | 4 762   |
| 31        | Швейцария         | 8 599          | 122        | 13,68                             | 70                           | 1 591   |
| 32        | Киргизия          | 6 000          | 6          | 7,20                              | 1 000                        | 1 200   |
| 33        | Белоруссия        | 5 500          | 25         | 36,00                             | 220                          | 6 545   |
| 34        | Молдавия          | 5 000          | 14         | 12,00                             | 357                          | 2 400   |
| 35        | Австрия           | 4 983          | 208        | 6,00                              | 24                           | 1 204   |
| 36        | Сингапур          | 4 578          | 5          |                                   | 916                          |   |
| 37        | Тринидад и Тобаго | 3 500          | 13         | 9,60                              | 269                          | 2 743   |
| 38        | Турция            | 3 339          | 14         | 4,80                              | 239                          | 1 438   |
| 39        | Мексика           | 3 037          | 8          | 0,24                              | 380                          | 79  |
| 40        | Грузия            | 3 000          | 42         |                                   | 71                           |   |

| №            | Страна                   | Парк ГБА          | Парк АГНКС    | Спрос,<br>млн. м <sup>3</sup> /г. | Количество ГБА<br>на 1 АГНКС | Расход КПГ<br>на 1 ГБА в год, нм <sup>3</sup> |
|--------------|--------------------------|-------------------|---------------|-----------------------------------|------------------------------|---|
| 41           | Индонезия                | 2 550             | 9             |                                   | 283                          |   |
| 42           | Австралия                | 2 825             | 47            |                                   | 60                           |   |
| 43           | Нидерланды               | 2 032             | 51            |                                   | 40                           |   |
| 44           | Польша                   | 2 106             | 33            |                                   | 64                           |   |
| 45           | Испания                  | 1 863             | 42            | 42,24                             | 44                           | 22 673  |
| 46           | Чешская Республика       | 2 000             | 38            | 8,04                              | 53                           | 4 020   |
| 47           | Словакия                 | 622               | 8             | 10,92                             | 78                           | 17 556  |
| 48           | Латвия                   | 500               | 4             |                                   | 125                          |   |
| 49           | Греция                   | 520               | 2             |                                   | 260                          |   |
| 50           | Португалия               | 504               | 5             | 13,32                             | 101                          | 26 429  |
| 51           | Финляндия                | 769               | 18            | 5,40                              | 43                           | 7 022   |
| 52           | Сербия                   | 326               | 5             | 0,18                              | 65                           | 552   |
| 53           | ОАЭ                      | 305               | 2             |                                   | 153                          |   |
| 54           | Великобритания           | 294               | 33            | 4,80                              | 9                            | 16 327  |
| 55           | Новая Зеландия           | 283               | 14            |                                   | 20                           |   |
| 56           | Норвегия                 | 376               | 10            | 54,60                             | 38                           | 145 213                                       |
| 57           | Люксембург               | 215               | 7             | 0,72                              | 31                           | 3 349   |
| 58           | Бельгия                  | 143               | 9             |                                   | 16                           |   |
| 59           | Литва                    | 150               | 3             | 2,40                              | 50                           | 16 000  |
| 60           | Хорватия                 | 130               | 1             | 0,16                              | 130                          | 1 200   |
| 61           | Алжир                    | 125               | 3             |                                   | 42                           |   |
| 62           | Исландия                 | 120               | 2             | 0,48                              | 60                           | 4 000   |
| 63           | Лихтенштейн              | 104               | 3             |                                   | 35                           |   |
| 64           | Венгрия                  | 72                | 4             | 1,56                              | 18                           | 21 667  |
| 65           | Нигерия                  | 60                | 2             |                                   | 30                           |   |
| 66           | Македония                | 50                | 1             | 0,24                              | 50                           | 4 800   |
| 67           | Филиппины                | 36                | 3             |                                   | 12                           |   |
| 68           | Тунис                    | 34                | 1             |                                   | 34                           |   |
| 69           | Эквадор                  | 40                | 1             |                                   | 40                           |   |
| 70           | Панама                   | 15                |               |                                   |                              |   |
| 71           | Босния и Герцеговина     | 7                 | 3             |                                   | 2                            |   |
| 72           | Черногория               |                   | 1             |                                   |                              |   |
| 73           | Эстония                  | 4                 | 1             |                                   | 4                            |   |
| 74           | Тайвань                  | 4                 | 1             |                                   | 4                            |   |
| 75           | Мозамбик                 | 4                 | 1             |                                   | 4                            |   |
| 76           | Танзания                 | 10                |               |                                   |                              |   |
| 77           | Вьетнам                  | 1 002             | 12            |                                   | 84                           |   |
| 78           | Ирландия                 | 2                 | 1             |                                   | 2                            |   |
| 79           | Казахстан                |                   | 10            |                                   |                              |   |
| 80           | Доминиканская Республика | 1                 | 2             |                                   | 1                            |   |
| 81           | Туркменистан             |                   | 1             |                                   |                              |   |
| <b>Всего</b> |                          | <b>11 302 529</b> | <b>17 355</b> | <b>15 824,74</b>                  | <b>651</b>                   | <b>1 400</b>                                  |



# Оптимизация теплосодержания СУГ в автомобильном газовом баллоне для обеспечения бесперебойной работы ГБА

**Н.Г. Певнев,**

зав. кафедрой, профессор Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), д.т.н.,

**В.И. Гурдин,**

профессор СибАДИ, д.т.н.,

**М.В. Банкет,**

аспирант СибАДИ

В работе представлены результаты экспериментального исследования и математических расчетов, позволяющие установить закономерность изменения количества тепла для поддержания постоянного заданного давления в газовом баллоне при изменении температуры окружающего воздуха.

**Ключевые слова:** газобаллонный автомобиль (ГБА), автомобильный газовый баллон, жидкая фаза, паровая фаза, сжиженный углеводородный газ (СУГ), трубчатый электронагреватель (ТЭН), температура окружающего воздуха, количество теплоты.

## Optimization quantity of heat of the liquefied petroleum gas and automobile gas cylinder with the purpose of maintenance of uninterrupted job gas of the automobile

**N.G. Pevnev, V.I. Gurdin, M.V. Banket**

In job the results of an experimental research and mathematical accounts allowing to establish law of quantity of heat for maintenance of constant given pressure in a gas cylinder at change of temperature of air are submitted.

**Keywords:** the gas automobile, automobile inner tube, liquid phase, steam phase, liquefied petroleum gas, tubular electroheater, temperature of air, quantity of heat.

Статистический и аналитический методы контроля за обеспечением бесперебойной работы ГБА выявили следующие причины отказов. Известны случаи отказа работы ГБА из-за прекращения подачи СУГ в двигатель. Причиной является понижение давления в автомобильном газовом баллоне и системе питания вследствие снижения температуры окружающего воздуха.

Результаты анализа литературных источников не дают информации по отказам ГБА из-за понижения температуры окружающей среды. При наблюдении за эксплуатацией ГБА в Омске были выявлены причины отказов. Установлено, что преобладающими являются отказы по причине снижения давления в газовом баллоне, которое обусловлено следующими факторами:

- заправка на АГЗС газовым топливом, не соответствующим сезону и требованиям ГОСТ Р 52087–2003 (ПА);
- резкое понижение температуры окружающего воздуха в зимнее время в утренние часы.

Показатели СУГ зависят от компонентов, содержащихся в нем, и от температуры окружающей среды, при которой используется газовое топливо.

В данной работе принято, что в газовом баллоне не происходят химические превращения, а изменяются лишь параметры жидкой и паровой фаз СУГ [1]. Влияние различных факторов на работу ГБА представлено в виде блок-схемы на рис. 1.

Исходя из основных характеристик СУГ, рассмотрим процессы, происходящие в автомобильном газовом баллоне.

В автомобильном газовом баллоне СУГ находится в двух агрегатных состояниях: жидком и парообразном. При влиянии различных факторов на газовый баллон происходит изменение агрегатного состояния СУГ и теплосодержания системы (рис. 2, стационарные условия).

Представленная схема формирования агрегатного состояния СУГ возможна при температуре окружающего воздуха выше температуры жидкой фазы входящих компонентов. Температура окружающего воздуха воздействует на газовый баллон, изменяя температуру стенок баллона, что в свою очередь приводит к изменению

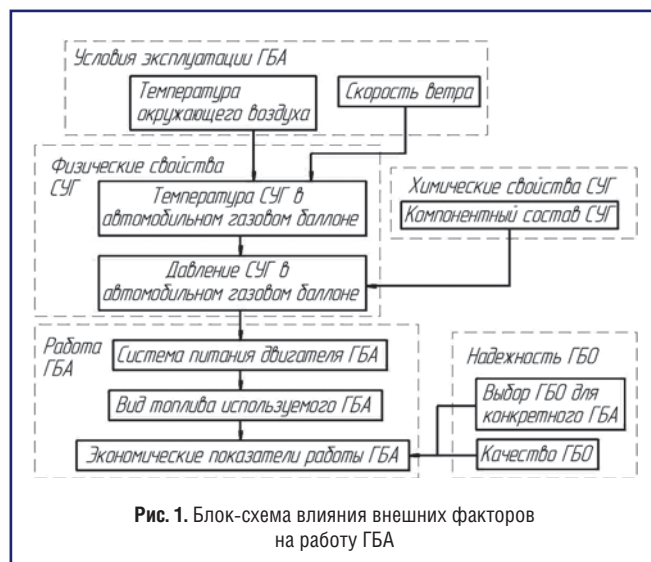
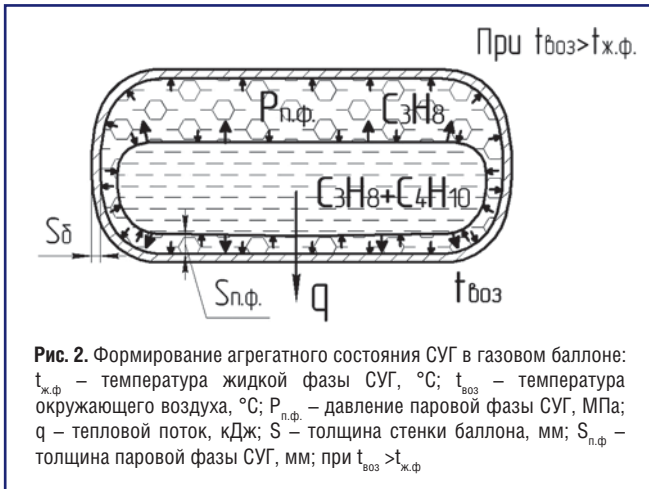


Рис. 1. Блок-схема влияния внешних факторов на работу ГБА

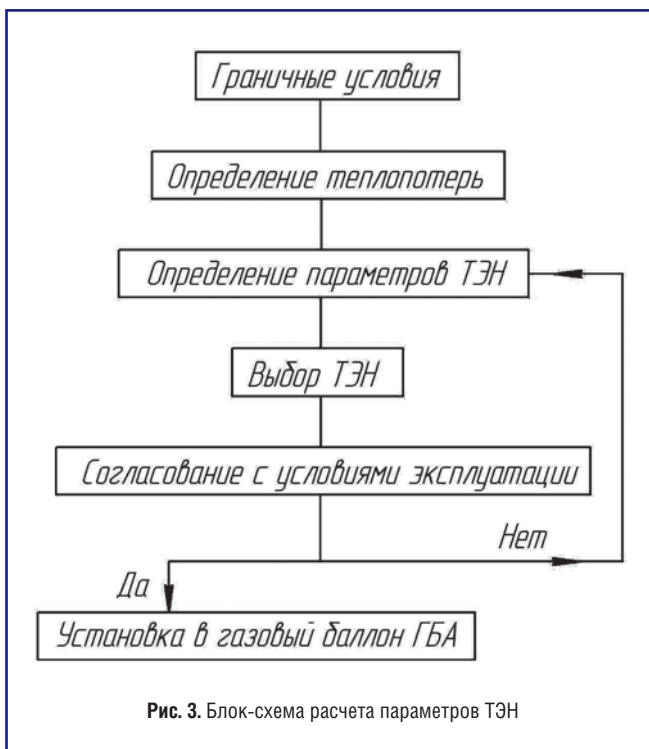


**Рис. 2.** Формирование агрегатного состояния СУГ в газовом баллоне:  $t_{ж.ф}$  – температура жидкой фазы СУГ, °С;  $t_{воз}$  – температура окружающего воздуха, °С;  $P_{н.ф.}$  – давление паровой фазы СУГ, МПа;  $q$  – тепловой поток, кДж;  $S$  – толщина стенки баллона, мм;  $S_{н.ф.}$  – толщина паровой фазы СУГ, мм; при  $t_{воз} > t_{ж.ф.}$

температуры паровой и жидкой фаз СУГ. Жидкая фаза СУГ состоит в основном из пропана и бутана. При повышении температуры происходит испарение более легких фракций СУГ, преимущественно пропана, вследствие чего изменяется давление паровой фазы в баллоне.

Для стабильной работы ГБА на СУГ при подаче газового топлива через электромагнитные форсунки согласно требованиям ГОСТ Р 52087–2003 необходимо обеспечить избыточное давление насыщенных паров газа от 0,2 до 0,3 МПа в интервале температур от +35°С до –30°С.

Для обеспечения круглогодичной эксплуатации автомобильного транспорта на СУГ рекомендован вариант поддержания заданного давления в автомобильном газовом баллоне с помощью ТЭН с автоматическим поддержанием давления насыщенных паров [2]. Выбор нагревателя для поддержания заданного давления в газовом баллоне необходимо производить, исходя из следующих условий:



**Рис. 3.** Блок-схема расчета параметров ТЭН

- температуры окружающего воздуха;
- объема газового баллона, установленного на ГБА;
- места расположения газового баллона на ГБА.

После определения указанных граничных условий производится расчет теплотерь и параметров ТЭН. С учетом расчетных параметров проводится выбор ТЭН. Блок-схема расчета параметров ТЭН представлена на рис. 3.

Выбор ТЭН производится согласно следующим требованиям:

- среда – СУГ;
- напряжение – 14 В;
- мощность (расчетная), Вт;
- размеры ТЭН (расчетные) – диаметр нагревателя круглого сечения, диаметр спирали нагревателя, длина проволоки нагревателя (мм) [3].

Расчет параметров ТЭН, а значит и выбор его зависят от количества тепла, необходимого для нагрева СУГ, корпуса автомобильного газового баллона, а также от количества тепла, поглощенного СУГ и корпусом баллона из внешней среды.

Количество теплоты, необходимое для повышения температуры СУГ до заданной величины с учетом тепловых потерь нагревательного элемента, Дж:

$$Q_{ПВС} = C_{ПВС} \cdot M_{ПВС} (t_k - t_n),$$

где  $C_{ПВС}$  – массовая теплоемкость жидкой фазы СУГ,  $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$ ;

$M_{ПВС}$  – масса СУГ, кг;  $t_k$  – конечная температура жидкой фазы СУГ, °С;  $t_n$  – начальная температура жидкой фазы СУГ, °С.

Количество теплоты, необходимое для повышения температуры корпуса баллона с учетом потерь, Дж:

$$Q_{бал} = C_{бал} \cdot M_{бал} (t_k - t_n),$$

где  $C_{бал}$  – массовая теплоемкость материала бака,  $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$ ;

$M_{бал}$  – масса баллона, кг.

Количество тепла, поглощенного корпусом автомобильного газового баллона извне (из окружающей среды), Дж:

$$q = \frac{t_{н.ф} - t_э}{\frac{S'_1}{\lambda'_1} + \frac{S}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где  $t_{н.ф.}$  – температура паровой фазы СУГ, °С;  $t_э$  – температура окружающего воздуха, °С;  $S'_1$  – толщина паровой фазы СУГ, м;  $S$  – толщина стенки газового баллона, м;  $\lambda'_1$  – коэффициент теплопроводности паровой фазы, Дж/(м·°С);  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности стенки баллона, Дж/(м·°С);  $\alpha_2$  – коэффициент теплопередачи от наружной поверхности газового баллона к окружающему воздуху, Дж/(м·°С).

При снижении температуры окружающего воздуха поглощение тепла газовым баллоном уменьшается ( $q$  – удельный тепловой поток), тем самым изменяя давление паровой фазы СУГ. При этом толщина паровой фазы СУГ также изменяется. Для исследуемого состава газа (50% пропана, 50% бутана) температура –21°С является критической, так как паровая фаза у стенки баллона исчезает полностью (рис. 5,  $S$  – толщина паровой фазы).



В зависимости от температуры воздуха поглощение тепла через корпус газового баллона будет различно. Зависимость количества тепла, поглощаемого корпусом автомобильного газового баллона, от температуры воздуха, то есть внешней среды, для различного компонентного



состава СУГ при постоянном объеме газового баллона и объеме СУГ в баллоне показана на рис. 4.

Полное количество теплоты, необходимое для стабилизации давления, Дж:

$$Q = \frac{(Q_{ПБС} + Q_{бал} + q)}{\eta},$$

где  $\eta$  – КПД нагревательного элемента.

Для оптимизации теплосодержания СУГ при использовании дополнительного источника тепла (ТЭН) необходимо установить зависимость изменения давления в газовом баллоне от количества тепла, искусственно подаваемого ( $Q_{ТЭН} = Q_{ПБС} + Q_{бал}$ ) и естественно поглощаемого ( $q$ ). Для этого необходимо задаться граничными условиями:

- объем газового баллона – стандартный автомобильный газовый баллон  $V_{бал} = 50$  л;
- объем СУГ в баллоне –  $V_{СУГ} = 40$  л;
- необходимое давление в газовом баллоне –  $P_{н.ф.} = 0,3$  МПа;
- температура окружающего воздуха от  $-40^{\circ}\text{C} \leq t_{воз} \leq 14^{\circ}\text{C}$ ;
- место установки газового баллона на автомобиле (рассматриваются стационарные условия, то есть на баллон не действуют сила ветра и дополнительные источники тепла, кроме тепла от ТЭН и окружающего воздуха).

В зависимости от места установки баллона температура окружающего воздуха, а значит и температура СУГ в баллоне, будут изменяться. Под температурой окружающего воздуха понимается температура воздуха, окружающего газовый баллон. Например, если газовый баллон установлен в багажном отделении автомобиля, то под температурой окружающего воздуха понимается температура воздуха в багажном отделении; если газовый баллон установлен на раме автомобиля, необходимо учитывать скорость ветра, которая воздействует на баллон, изменяя температуру окружающего воздуха. Учет производится согласно методике, разработанной Научно-исследовательским институтом охраны труда РГСУ («НИИОТ РГСУ»).

На рис. 6 представлена характеристика изменения количества тепла, искусственно подаваемого ( $Q_{ТЭН} = Q_{ПБС} + Q_{бал}$ ) и естественно поглощаемого ( $q$ ), для поддержания постоянного давления в автомобильном газовом баллоне при изменении температуры окружающего воздуха.

Расчет количества тепла произведен согласно уравнению Фурье [4, 5] и получен на основе экспериментальных данных.

Полученные в ходе исследований результаты эксперимента использовались для построения графиков на рис. 4 и 5. Для повышения точности эксперимента он проводился несколько раз. Математическая обработка

Таблица

**Температура с учетом поправок на скорость ветра**

| Скорость ветра |      | Температура, °C |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------|------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| м/с            | км/ч | 0               | -5  | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | -45 | -50 |
| 2              | 7    | -1              | -6  | -11 | -16 | -21 | -27 | -32 | -37 | -42 | -47 | -52 |
| 3              | 11   | -4              | -10 | -15 | -21 | -27 | -32 | -38 | -44 | -49 | -55 | -60 |
| 5              | 18   | -9              | -15 | -21 | -28 | -34 | -40 | -47 | -53 | -59 | -66 | -72 |
| 8              | 29   | -13             | -20 | -27 | -34 | -41 | -48 | -55 | -62 | -69 | -76 | -83 |
| 11             | 40   | -16             | -23 | -31 | -38 | -46 | -53 | -60 | -68 | -75 | -83 | -90 |
| 15             | 54   | -18             | -26 | -34 | -42 | -49 | -57 | -65 | -73 | -80 | -88 | -96 |



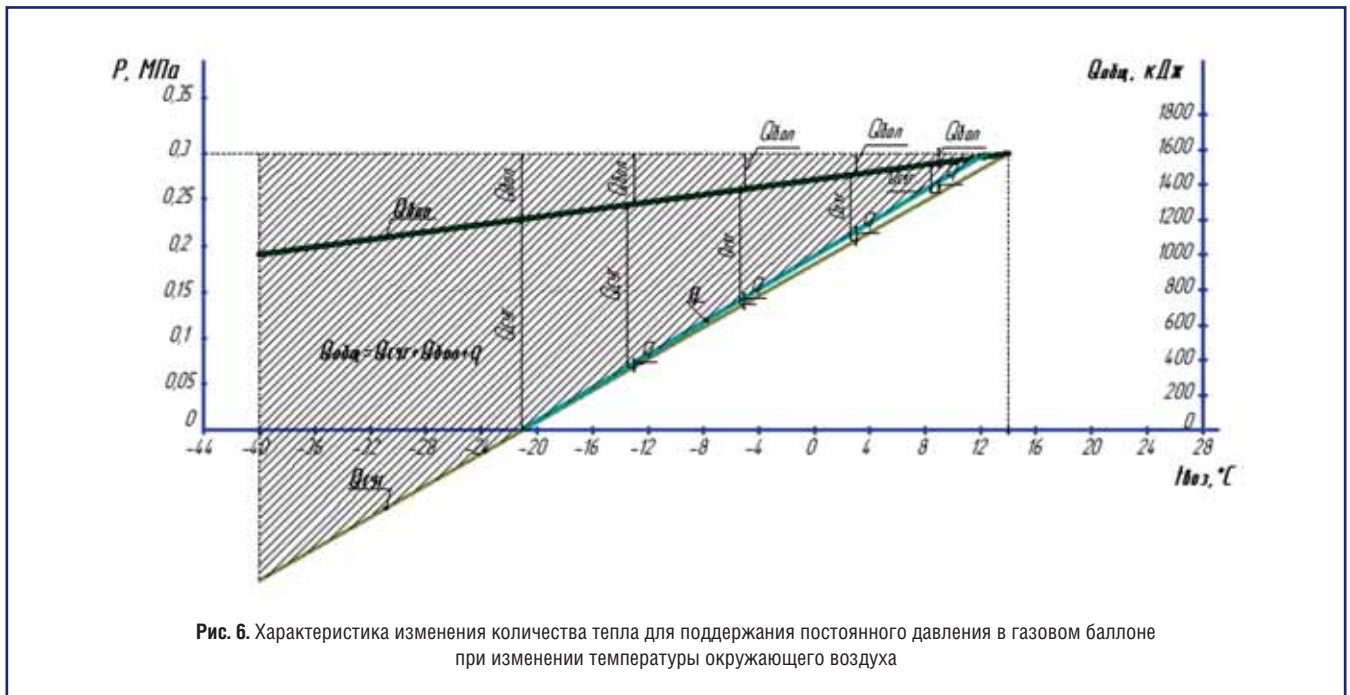


Рис. 6. Характеристика изменения количества тепла для поддержания постоянного давления в газовом баллоне при изменении температуры окружающего воздуха

экспериментальных данных проводилась по методике [6] при  $\alpha = 0,95$  и  $n = 4$ . Значение критерия Стьюдента определялось по таблице из источника [6]. Расчет величины доверительных интервалов проводился по методике, приведенной там же.

#### Выводы

1. Впервые рассмотрен процесс формирования агрегатного состояния СУГ в газовом баллоне.
2. Уточнена методика выбора ТЭН с учетом теплосодержания СУГ в автомобильном баллоне.
3. Выявлена закономерность изменения количества тепла для поддержания постоянного заданного давления в газовом баллоне при изменении температуры окружающего воздуха.

#### Литература

1. **Кудинов В.А., Кармашев Э.М.** Техническая термодинамика. – М.: Высшая школа, 2000. – 261 с.
2. **Певнев Н.Г., Банкет М.В.** Повышение эксплуатационной надежности газобаллонных автомобилей при низких температурах окружающего воздуха. Транспорт на альтернативном топливе: Международный научно-технический журнал. – М.: 2009, № 5 (10). – С. 20-23.
3. **Певнев Н.Г., Банкет М.В.** Методика расчета трубчатого электронагревателя сжиженного газа для автомобильного баллона. Автомобили специальные и технологические машины для Сибири и Крайнего Севера. Материалы 59-й Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров. Омск: Издательство «СибАДИ», 2007. – С. 43-52.
4. **Арнольд Л.В., Михайловский Т.А., Селиверстов В.М.** Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1979. – 446 с.

5. **Ерофеев В.Л., Семенов П.Д., Пряхин А.С.** Теплотехника: Учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 456 с.

6. **Рогов В.А., Позняк Г.Г.** Методика и практика технических экспериментов. – М.: «Академия», 2005. – 283 с.

### 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.parityt-stroy.org](http://www.parityt-stroy.org)

Серийное качество.  
Индивидуальный подход.

**Паритет**  
ГРУППА КОМПАНИЙ

## Исследование влияния степени сжатия при конвертации двигателя автомобиля ГАЗ-31105 «Волга» на газовое топливо

**А.С. Клементьев,**

магистр техники и технологии, магистрант кафедры «Автомобильный транспорт» Чайковского технологического института, филиала Ижевского государственного технического университета (ЧТИ ИжГТУ),

**М.Н. Бибиков,**

доцент ЧТИ, к.т.н.,

**Н.М. Филькин,**

профессор ИжГТУ, д.т.н.,

**А.В. Меркушев,**

начальник АГНКС УАВР № 1 ООО «Газпром трансгаз Чайковский»

В данной статье рассматриваются вопросы возможности конвертации существующих автомобилей на природный газ и оценка влияния степени сжатия двигателя на экологическую безопасность.

**Ключевые слова:** конвертация, сжатый природный газ (КПГ), степень сжатия, экология.

## Influences degree compressions at conversion of the cars for usage on gas fuel

**A.S. Klementyev, M.N. Bibikov, N.M. Filikin, A.V. Merkushev**

In given article are considered questions of the possibility conversion existing cars on compressed natural gas and estimation of the influence degree compressions of the engine on ecological safety.

**Keywords:** conversion, compressed natural gas (CNG), degree of the compression, ecology.

Автотранспорт является одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды и создает угрозу экологической безопасности. Особенно это касается загрязнения воздуха в крупных городах, так как доля автотранспорта в суммарных выбросах загрязняющих веществ в атмосферу достигает 70-80%. Проблема загрязнения городов выбросами автомобильного транспорта является одной из самых актуальных и серьезных для всех городов мира [1].

Важным направлением обеспечения экологической безопасности является перевод части автотранспортных средств на использование альтернативных видов моторного топлива, прежде всего природного газа [2]. На сегодняшний день природный газ является наиболее приемлемой альтернативой нефтяным моторным топливам по экономическим, ресурсным и экологическим характеристикам. Использование сжатого и сжиженного

природного газа (СПГ) в качестве моторного топлива позволяет существенно повысить экономическую эффективность эксплуатации автомобильного транспорта и снизить его воздействие на природную среду [2, 3].

Однако в настоящее время заменить одновременно весь автомобильный парк невозможно. При любом волевом решении даже на государственном и мировом уровне требуется время, чтобы изготовить автомобили, работающие на газовом топливе, утилизировать все автомобили, находящиеся в эксплуатации, и создать развитую сеть газозаправочных станций.

Поэтому при переводе всего автотранспорта на альтернативные виды моторного топлива неизбежен переходный период для производства новых газобаллонных моделей автомобилей. В течение этого периода важным этапом является конвертация существующих автомобилей с возможностью параллельной работы на двух видах моторного топлива, а именно на традиционном или альтернативном.

Для более эффективной конвертации автомобилей, находящихся в эксплуатации, необходимо исследовать различные варианты возможных регулировок и настроек топливных систем двигателя при переводе с одного вида топлива на другой. Физико-химические свойства газового топлива подробно описаны в работе [2], в частности, октановое число метана равно 130. Повышение октанового числа допускает увеличение степени сжатия двигателя, которое в свою очередь предполагает улучшение мощностных параметров.

Объектом исследования был выбран автомобиль ГАЗ-31105 «Волга».

Целью исследования являлась оценка влияния степени сжатия двигателя на выбросы загрязняющих веществ с отработавшими

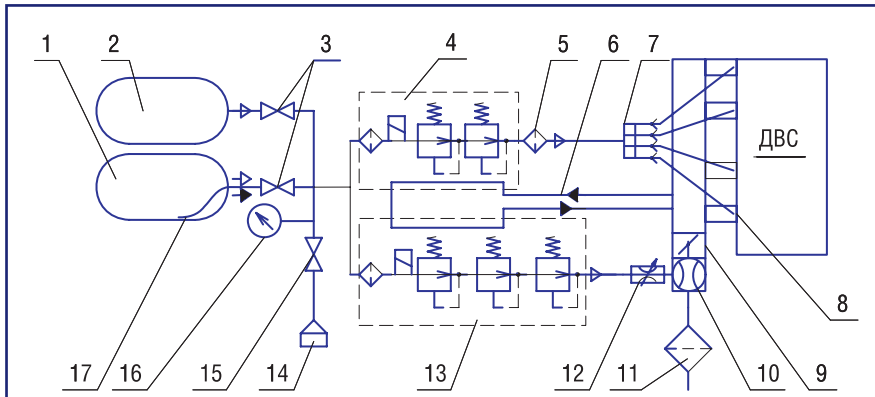


Рис. 1. Принципиальная схема системы питания конвертированного двигателя автомобиля ГАЗ-31105 «Волга»:

1 – баллон БА-67; 2 – баллон БА-34; 3 – баллонные вентили; 4 – двухступенчатый редуктор с фильтром грубой очистки и электромагнитным клапаном; 5 – фильтр газовой (паровой) фазы; 6 – подогрев редукторов; 7 – рампа форсунок; 8 – газопровод с соплом; 9 – впускной коллектор; 10 – газовый смеситель; 11 – воздушный фильтр; 12 – винтовой дозатор газа; 13 – трехступенчатый редуктор с фильтром грубой очистки и электромагнитным клапаном; 14 – выносное заправочное устройство; 15 – заправочный вентиль; 16 – манометр; 17 – топливозаборная трубка

газами, виброакустические параметры (шум и вибрация), а также динамические показатели автомобиля.

Для реализации поставленной цели на автомобиль ГАЗ-31105 параллельно штатной системе питания жидким топливом было дополнительно установлено два вида газобаллонного оборудования (ГБО): одно – обеспечивающее работу на сжиженном углеводородном газе (СУГ), второе IV-го поколения на КПГ, обеспечивающее распределенный впрыск.

Принципиальная схема системы питания конвертированного двигателя автомобиля ГАЗ-31105 «Волга» представлена на рис. 1.

Общий вид автомобиля ГАЗ-31105 «Волга» показан на рис. 2.

Экспериментальные исследования с автомобилем ГАЗ-31105 «Волга»

проводились в два этапа (при этом регулировки не проводились).

1. На первом этапе были проведены сравнительные испытания работы двигателя на бензине, СУГ и КПГ (трех систем питания) по содержанию вредных выбросов в отработавших газах, а также по уровню шумности, вибрации и динамике движения (разгон до 100 км/ч) на базовом автомобиле, имеющем степень сжатия 9,5 ед.

2. На втором этапе головку блока цилиндров двигателя подвергли фрезерованию на 1,5 мм, тем самым увеличив степень сжатия  $\epsilon$  с 9,5 до 11 ед. и провели те же испытания, что на первом этапе.

Измерения выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами производились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52033–2003

и ГОСТ Р 17.2.02.06–99, внешне-го шума на рабочем месте – ГОСТ 12.1.050–86 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96, вибрации – ГОСТ 12.1.012–90 и СН 2.2.4/2.1.8.566–96.

Экспериментальные замеры выбросов загрязняющих веществ проводились с помощью микропроцессорного газоанализатора «Инфраклар» (рис. 3) в диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя от 800 мин<sup>-1</sup> (обороты холостого хода) до 4000 мин<sup>-1</sup>, результаты измерений представлены на рис. 4.

Из графиков рис. 4 видно, что при повышении степени сжатия выбросы CO при работе двигателя на КПГ практически одинаковы (кроме



Рис. 3. Четырехкомпонентный газоанализатор «Инфраклар»

режима 2000 мин<sup>-1</sup>), но меньше чем на бензине в среднем в два раза. В то же время содержание углеводородов СН в отработавших газах при работе на КПГ в 2-3 раза больше, чем на бензине. Данный факт можно объяснить неполным сгоранием топлива, в связи с чем при работе на КПГ требуется регулирование системы зажигания и топливной системы.

Содержание CO<sub>2</sub> при увеличении степени сжатия с 9,5 до 11 ед. в выбросах при работе на КПГ примерно в два раза меньше, чем при работе на бензине.

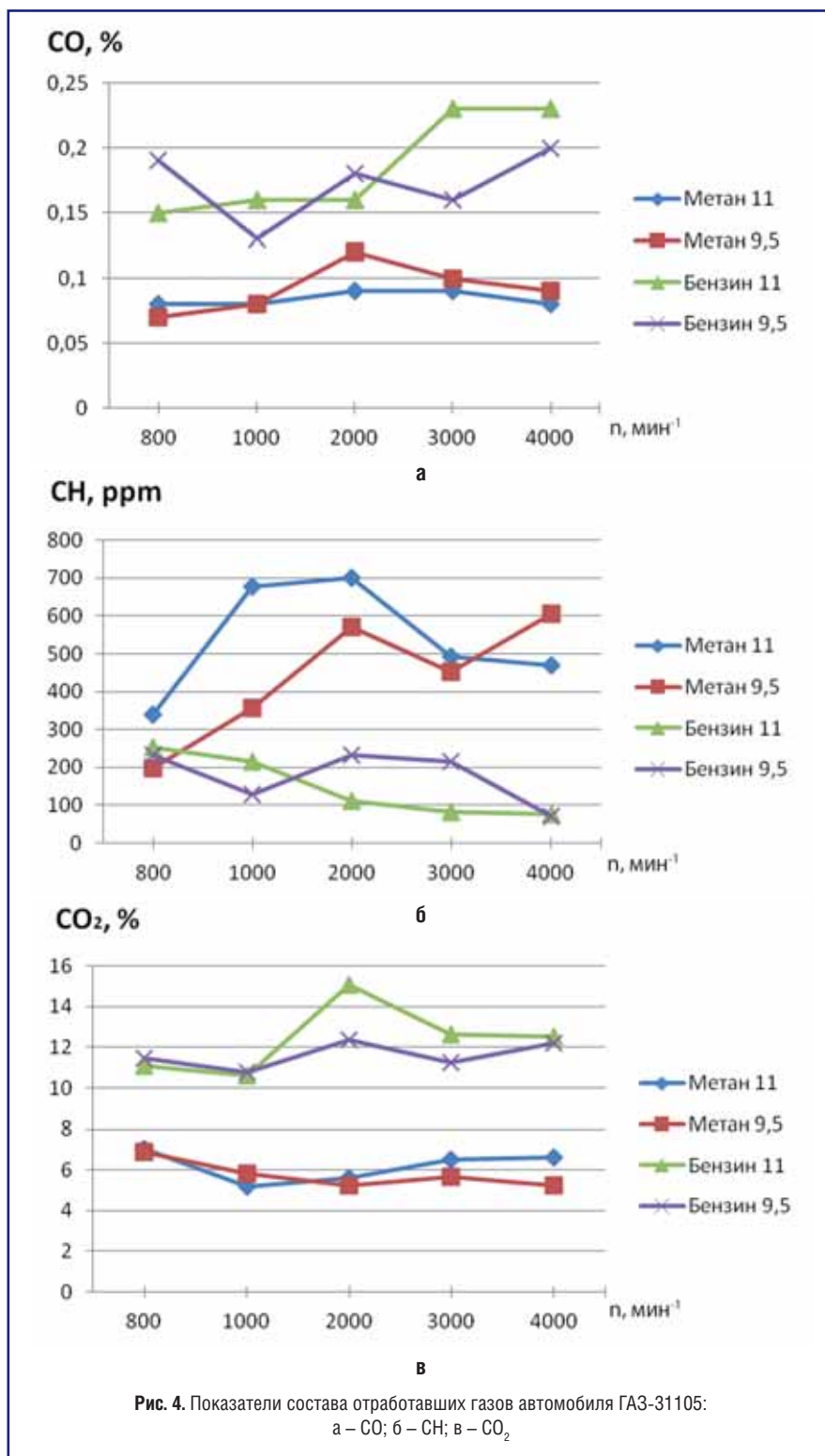
Виброакустические параметры снимались во время движения автомобиля при скорости 70 км/ч с помощью анализатора звука и вибрации SVAN 912 AE, капсуля преусилителя SV-01A, микрофона



Рис. 2. Автомобиль ГАЗ-31105:

а – общий вид; б – подкапотное пространство; в – багажное отделение





BMK-205, виброметра SVAN 946 и вибропреобразователя AP-98-100-01 (рис. 5), имеющих государственную поверку. Результаты измерений виброакустических параметров представлены в табл. 1.

Исследования автомобиля при работе в транспортном режиме на

разных видах моторного топлива показали, что на рабочем месте (сиденье) водителя уровень вибрации при увеличении степени сжатия  $\epsilon$  с 9,5 до 11 ед. уменьшился на 6 дБА, а локальная (на руле) вибрация практически не изменилась. Аналогичное снижение вибрации произошло

при работе на СУГ и бензине, но при этом уровень шума увеличился на 1,2 дБА на КПГ и до 3,1 дБА на бензине.

Динамика движения оценивалась по времени разгона автомобиля с прогретым двигателем по



асфальту на прямом участке горизонтальной дороги до скорости 100 км/ч при трехкратном движении в прямом и обратном направлении. Результаты замеров представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, повышение степени сжатия приводит к повышению динамики движения автомобиля на КПГ, которая остается практически одинаковой при работе на СУГ и бензине.

При повышении степени сжатия с  $\epsilon = 9,5$  до  $\epsilon = 11$  ед. можно отметить следующее:

1. Выбросы CO при работе двигателя на КПГ практически не

Таблица 1

**Результаты измерения виброакустических параметров**

| Степень сжатия, ε | Топливо | Результаты измерений      |                              |               |            |
|-------------------|---------|---------------------------|------------------------------|---------------|------------|
|                   |         | шума, дБА                 |                              | вибрации, дБА |            |
|                   |         | максимальный уровень шума | допустимое значение по норме | эквивалентный | допустимый |
| 9,5               | КПГ     | 76,6                      | 60,0                         | 92            | 101        |
|                   |         |                           |                              | 102           | 112        |
|                   | СУГ     | 72,2                      | 60,0                         | 91            | 101        |
|                   |         |                           |                              | 106           | 112        |
|                   | Бензин  | 70,1                      | 60,0                         | 92            | 101        |
|                   |         |                           |                              | 102           | 112        |
| 11                | КПГ     | 77,8                      | 60,0                         | 86            | 101        |
|                   |         |                           |                              | 101           | 112        |
|                   | СУГ     | 74,1                      | 60,0                         | 86            | 101        |
|                   |         |                           |                              | 102           | 112        |
|                   | Бензин  | 73,2                      | 60,0                         | 86            | 101        |
|                   |         |                           |                              | 102           | 112        |

Таблица 2

**Динамика движения автомобиля на разных видах топлива (для систем четвертого поколения)**

| Степень сжатия, ε | Топливо | Среднее время разгона автомобиля до 100 км/ч, с |
|-------------------|---------|---|
| 9,5               | КПГ     | 24,1  |
|                   | СУГ     | 20,9  |
|                   | Бензин  | 21,8  |
| 11                | КПГ     | 19,1  |
|                   | СУГ     | 20,6  |
|                   | Бензин  | 22,0  |

изменились; содержание углеводородов СН в отработавших газах при работе на КПГ в 2-3 раза больше чем на бензине; содержание CO<sub>2</sub> при работе на газе примерно в 2 раза меньше, чем при работе на бензине.

2. Шум при работе на КПГ вырос на 1,2 дБА, на бензине – на 3,1 дБА.

3. Транспортная вибрация уменьшилась на 5 дБА, а локальная осталась на том же уровне.

4. Время разгона на КПГ уменьшилось на 5 с, что составляет более 20% и говорит об увеличении мощностных и динамических показате-

лей автомобиля. При этом потеря мощности при переходе на КПГ минимальна.

5. Проведение испытаний на одном и том же автомобиле повысило достоверность результатов испытаний.

**Литература**

- 1. Зиновьев В.В., Завгороднев А.В., Ишков А.Г. и др.** Охрана окружающей среды на предприятиях газовой отрасли: Учебной пособие. – Под редакцией В.В. Зиновьева, А.Д. Хованского. – Ростов н/Д: ИИЦ ООО «Наш регион», 2008. – 84 с.
- 2. Кавтарадзе З.Р., Кавтарадзе Р.З.** Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах. – Транспорт на альтернативном топливе, 2010, № 1 (13). – С. 74-80.
- 3. Клементьев А.С.** Перспективные топлива для двигателей внутреннего сгорания автотранспортных средств. – Транспорт на альтернативном топливе, 2008, № 6 (6). – С. 76-79.

## Оценка энергоавтономности сельскохозяйственного предприятия при замене дизельного топлива на чистое рапсовое масло

**М.Н. Кочетков,**  
младший научный сотрудник ГНУ ВИМ,  
**Г.С. Савельев,**  
зав. лабораторией ГНУ ВИМ, к.т.н.

В статье проведена оценка возможного уровня энергоавтономности по дизельному топливу на сельскохозяйственном предприятии при адаптации тракторов к работе на рапсовом масле и использовании автоматизированной системы переключения с дизельного топлива на рапсовое масло и обратно.

**Ключевые слова:** энергоавтономность, рапсовое масло, дизельное топливо, коэффициент взвешенности, расход топлива.

## Estimation of power autonomy on the agricultural enterprise at a diesel fuel replacement on rapeseed oil

**M.N. Kochetkov, G.S. Saveliev**

This article describes the question of using recovery energy technologies in agricultural enterprises. Apprise about computational result of the factor energy independence by using automatically system switching fuel and rapeseed oil in the capacity of motor fuel.

**Keywords:** factor energy independence, rapeseed oil, diesel fuel, coefficient suspension, fuel consumption.

Снижение затрат на моторные топлива, доля которых в себестоимости сельскохозяйственной продукции уже превышает 30%, является одной из самых актуальных задач развития сельского хозяйства в России. Кардинальным решением в этом направлении является применение альтернативных моторных топлив, цена которых значительно ниже нефтяных топлив. В настоящее время наиболее реальной альтернативой нефтяным дизельным топливам (ДТ) в сельском хозяйстве являются биодизельное топливо на основе растительных

масел (БДТ), газомоторное топливо (ГМТ) и жидкое синтетическое топливо из биомассы.

При обеспечении работы дизелей на рапсовом масле (РМ), стоимость которого при внутрихозяйственном производстве значительно ниже дизельного топлива, и его смесях с ДТ (СТРМ) имеется возможность обеспечить энергоавтономность сельского хозяйства по ДТ и значительно снизить себестоимость производимой продукции.

Авторами были проведены комплексные экспериментальные

исследования по определению мощностных, топливно-экономических и экологических параметров двигателя Д-440 производства Алтайского моторного завода при работе на рапсовом масле (табл. 1).

В результате исследований предложены следующие мероприятия по адаптации системы топливоподачи дизеля для работы на биотопливе: увеличение эффективного проходного сечения форсунок на 25%; подогрев топлива до 60-80°C. Рекомендуется также исключить пуск холодного двигателя на РМ. Соответственно необходимо предусмотреть подачу ДТ и БДТ к топливному насосу высокого давления с возможностью оперативного переключения типа топлива без остановки двигателя. При этом необходимо обеспечить нормальную прокачиваемость топлив и требуемую тонкость фильтрации подаваемого топлива.

В процессе эксплуатации рекомендуется переключать дизель с РМ на ДТ при работе на следующих режимах: на непрогретом двигателе (<70°C); перед остановкой двигателя в конце работы; на холостом ходу или при мощности ≤10% для трактора и ≤25% для автомобиля.

С целью исключения отрицательного воздействия БДТ на основе РМ, в основном на неблагоприятных режимах работы дизеля, разработана битопливная система для подачи высоковязких биотоплив на основе РМ, предназначенная для переключения типа топлива при работающем двигателе в автоматическом и ручном режимах (рис. 1).

При температуре охлаждающей жидкости более 70°C, РМ в теплообменнике более 60°C и нагрузки более 10% для трактора или 25% для автомобиля двигатель переключается на питание РМ. При работе на неблагоприятных режимах система автоматически переключается на дизельное топливо.

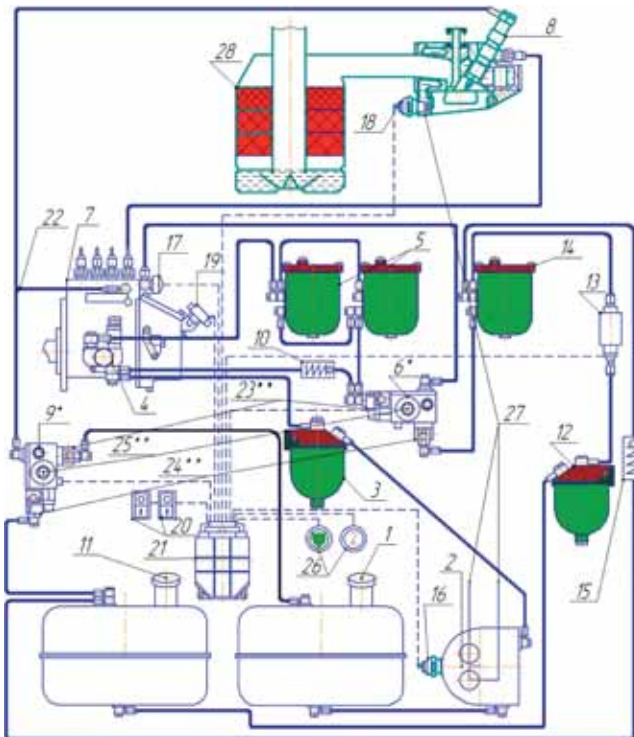
Имеет смысл оценить энергоавтономность сельскохозяйственного



Таблица 1

**Основные показатели регуляторной характеристики дизеля Д-440 трактора ДТ-75**

| Показатель  | Значение показателя |       |
|---|---------------------|-------|
|   | ДТ                  | РМ    |
| <b>При максимальной частоте вращения коленчатого вала дизеля на холостом ходу</b> |                     |       |
| $n_{x, \max}$ , мин <sup>-1</sup>   | 1993                | 1982  |
| $G_{T, \max}$ , кг/ч  | 7,58                | 7,81  |
| <b>При номинальной частоте вращения коленчатого вала дизеля</b>                   |                     |       |
| $N_e$ , кВт   | 67,2                | 65,4  |
| $n$ , мин <sup>-1</sup>   | 1710                | 1730  |
| $M_{кн}$ , Н·м  | 375,3               | 361,0 |
| $G_{T, \text{ном}}$ , кг/ч  | 20,13               | 21,03 |
| $g_e$ , г/кВт·ч   | 299,6               | 321,6 |
| $\eta_e$  | 0,288               | 0,303 |
| <b>При максимальном крутящем моменте</b>  |                     |       |
| $M_{к \max}$ , Н·м  | 444,2               | 425,3 |
| $n$ , мин <sup>-1</sup>   | 1260                | 1230  |
| $g_e$ , г/кВт·ч   | 289,8               | 312,8 |
| $\eta_{e, \text{Мкр}}$  | 0,297               | 0,311 |
| $\mu_e$ , %   | 15,5                | 15,2  |



**Рис. 1.** Автоматизированная схема адаптации трактора к работе на БДТ:

1 – бак для БДТ; 2 – подогреватель; 3 – фильтр грубой очистки БДТ; 4 – топливоподкачивающий насос; 5 – фильтры тонкой очистки БДТ; 6\* – трехходовой электромагнитный клапан подачи топлива; 7 – топливный насос высокого давления; 8 – форсунка; 9\* – трехходовой электромагнитный клапан слива топлива; 10 – редукционный клапан (2 атм); 11 – бак для ДТ; 12 – фильтр грубой очистки ДТ; 13 – электрический топливоподкачивающий насос; 14 – фильтр тонкой очистки БДТ; 15 – предохранительный клапан (3 атм); 16 – датчик температуры топлива; 17 – датчик давления топлива; 18 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 19 – датчик положения рейки ТНВД; 20 – выключатель; 21 – управляющий модуль; 22 – тройник; 23\*\* – нормально открытый электромагнитный клапан; 24\*\* – нормально закрытый электромагнитный клапан; 25\*\* – блок клапанов; 26 – сигнальная лампа; 27 – система охлаждения ДВС; 28 – воздушный фильтр

\* При использовании трехходовых клапанов. \*\* При использовании двухходовых клапанов.

предприятия по дизельному топливу при использовании в качестве топлива чистого РМ и оборудовании дизельных двигателей комплектом адаптации на примере трактора ДТ-75 и автомобиля КамАЗ.

Для определения общего среднего условного часового расхода топлива в условиях эксплуатации  $G_{\text{fuel ус. ср.}}$  предлагается использовать коэффициент весомости  $WF$ , применяемый при определении токсичности отработавших газов (ОГ) по процедуре ESC, предписанной правилами ЕЭК ООН №49 (табл. 2) и ГОСТ 41.96–2005 «Единые предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями» (табл. 3).

Эти испытания проводятся с целью определения массовых выбросов загрязняющих веществ в составе ОГ дизельного двигателя (г/кВт·ч) для оценки соответствия его экологическим нормам. Цикл испытаний, содержащий параметры нагрузочного и скоростного режимов, а также коэффициент взвешенности  $WF$  характеризуют работу дизельного двигателя в процессе эксплуатации автомобиля по правилам ЕЭК ООН № 49 и трактора по ГОСТ Р 41.96–2005.

Коэффициенты весомости указаны для каждого из режимов цикла испытаний. Использование коэффициента весомости и величин расхода топлива на каждом режиме позволяет определить средний расход топлива  $G_{\text{fuel ср}}$  за цикл. Данная величина характеризует часовую расход топлива в эксплуатационных условиях.

Условный расход топлива для каждого режима  $G_{\text{fuel } i}$  рассчитывается по формуле

$$G_{\text{fuel } i} = G_{\text{fuel } i} \cdot WF_i$$

где  $G_{\text{fuel } i}$  – расход топлива на  $i$ -м режиме;  $WF_i$  – коэффициент взвешенности  $i$ -го режима.

Таблица 2

Цикл испытаний по правилам ЕЭК ООН № 49

| Номер режима | Нагрузка, % | Козффициент весомости, WF |
|--------------|-------------|---------------------------|
| 1            | –           | 0.15                      |
| 2            | 100         | 0,08                      |
| 3            | 50          | 0.10                      |
| 4            | 75          | 0.10                      |
| 5            | 50          | 0,05                      |
| 6            | 75          | 0,05                      |
| 7            | 25          | 0,05                      |
| 8            | 100         | 0,09                      |
| 9            | 25          | 0.10                      |
| 10           | 100         | 0.08                      |
| 11           | 25          | 0,05                      |
| 12           | 75          | 0,05                      |
| 13           | 50          | 0,05                      |

Таблица 3

Цикл испытаний по ГОСТ Р 41.96–2005

| № реж. | Нагрузка % | Козффициент весомости, WF |
|--------|------------|---------------------------|
| 1      | 100        | 0,15                      |
| 2      | 75         | 0,1                       |
| 3      | 50         | 0,1                       |
| 4      | 10         | 0,1                       |
| 5      | 100        | 0,1                       |
| 6      | 75         | 0,1                       |
| 7      | 50         | 0,1                       |
| 8      | –          | 0,15                      |

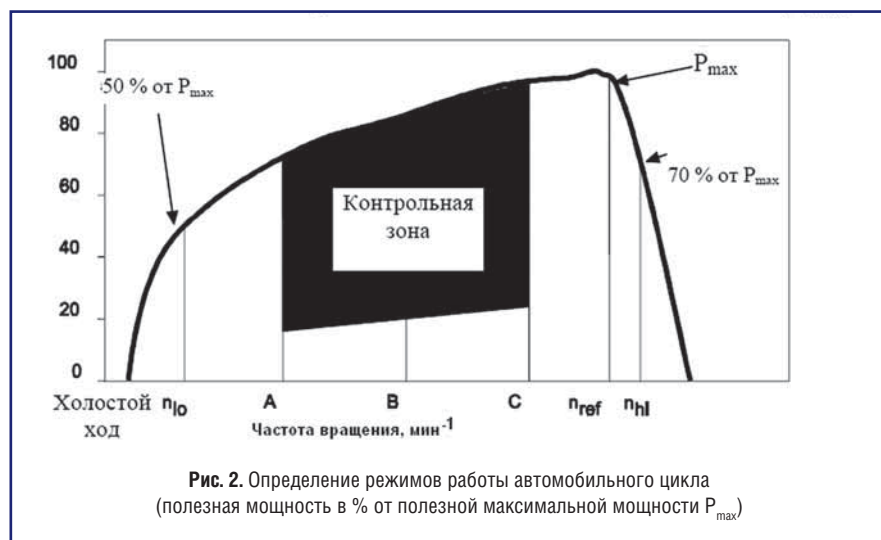


Рис. 2. Определение режимов работы автомобильного цикла (полезная мощность в % от полезной максимальной мощности P<sub>max</sub>)

Общий средний расход топлива  $G_{fuel\ cp}$  будет определяться как сумма условных расходов топлива на каждом режиме

$$G_{fuel\ cp} = \sum_{i=1-13} G_{fuel\ yc\ i}$$

При использовании автоматизированной системы переключения топлива двигатель автомобиля будет работать на РМ на режимах 2-6, 8, 10, 12, 13, на ДТ – на режимах 1, 7, 9, а двигатель трактора на РМ будет работать на режимах 1-3, 5-7, на ДТ – режимы 4, 8.

Средний расход РМ ( $G_{fuel\ cp\ PM}$ ) будет определяться как сумма условных расходов топлива на режимах при работе на РМ ( $G_{fuel\ yc\ PMi}$ )

$$G_{fuel\ cp\ PM} = \sum_{PM} G_{fuel\ yc\ PMi}$$

Средний расход ДТ ( $G_{fuel\ cp\ DT}$ ) будет определяться как сумма условных расходов топлива на режимах при работе на ДТ ( $G_{fuel\ yc\ DTi}$ )

$$G_{fuel\ cp\ DT} = \sum G_{fuel\ yc\ DTi}$$

Для расчета используем показатели дизельного двигателя Д-440 трактора ДТ-75 в составе машинно-тракторного агрегата (МТА) соответственно используемому типу топлива на данном режиме. В качестве БДТ принимаем РМ (табл. 4).

При восьмичасовой смене следует учесть время работы на ДТ в процессе прогрева и перед остановкой двигателя в конце смены  $t_{np}$ , которое по результатам исследований составит 0,5 ч.

Соответственно за смену средний расход РМ составит

$$G_{fuel\ cp\ PM} = (\sum_{PM} G_{fuel\ yc\ PMi} \cdot (t_{cm} - t_{np})) / t_{cm}$$

$$G_{fuel\ cp\ DT} = (\sum G_{fuel\ yc\ DTi} \cdot (t_{cm} - t_{np}) + G_{fuel\ cp} \cdot t_{np}) / t_{cm}$$

где  $t_{cm}$  – время смены.

Кoeffициент энергоавтономности представляет собой безразмерную величину и рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = G_{fuel\ cp\ PM} / G_{fuel\ cp}$$

При значении  $\mathcal{E}=1$  происходит полная замена ДТ, при  $\mathcal{E}=0$  отсутствует. Соответственно энергоавтономность составит  $A = \mathcal{E} \cdot 100\%$ .

Таблица 4

Расчет энергоавтономности по ГОСТ Р 41.96–2005

| № режима                              | Частота вращения $n$ , мин <sup>-1</sup> | Нагрузка, % | Коэффициент взвешенности $WF$ | Расход топлива $G_{\text{топлива}}$ , кг/ч |       | Условный расход топлива $G_{\text{топлива}} = G_{\text{топлива}} \cdot WF$ , кг/ч |      |
|---------------------------------------|--|-------------|-------------------------------|--|-------|---|------|
|                                       |  |             |                               | РМ   | ДТ    | РМ  | ДТ   |
| 1                                     | 1659                                     | 100         | 0,15                          | 19,95                                      |       | 8   | 9    |
| 2                                     | 1659                                     | 75          | 0,1                           | 20,28                                      |       | 0,00  | 0,55 |
| 3                                     | 1659                                     | 50          | 0,1                           | 17,21                                      |       | 1,31  | 0,00 |
| 4                                     | 1659                                     | 10          | 0,1                           |  | 11,25 | 1,34  | 0,00 |
| 5                                     | 1408                                     | 100         | 0,1                           | 16,8                                       |       | 1,56  | 0,00 |
| 6                                     | 1408                                     | 75          | 0,1                           | 15,64                                      |       | 0,66  | 0,00 |
| 7                                     | 1408                                     | 50          | 0,1                           | 13,43                                      |       | 0,75  | 0,00 |
| 8                                     | 800                                      | –           | 0,15                          |  | 3,69  | 0,00  | 0,39 |
| Условный расход по типу топлива, кг/ч |  |             |                               |  |       | 11,33   | 1,68 |
| Общий условный расход, кг/ч           |  |             |                               |  |       | 13,01   |      |

При автоматическом переключении типа топлива в процессе работы на прогревом двигателе МТА и использовании РМ коэффициент энергоавтономности для автомобиля составит 0,79, при восьмичасовой смене – 0,75. Для трактора соответственно – 0,87 и 0,82.

Использовать чистое рапсовое масло в качестве топлива можно при температурах выше 10°C. Это обуславливает его сезонное применение в теплое время года (5-6 месяцев в году). Однако в сельском хозяйстве на этот период приходится более двух третей годовых затрат на топливо. Имеет смысл рассчитывать энергоавтономность предприятия в год.

При этом расчет удобно проводить исходя из общего годового расхода топлива с учетом коэффициента сезонного (месячного) использования рапсового масла  $k_c$  и коэффициента энергоавтономности  $\mathcal{E}$ .

Коэффициент сезонного (месячного) использования топлива представляет собой отношение общего количества используемого топлива в расчетный сезон (месяц) к общему количеству использованного топлива за расчетный период (год)  $k_c = G_c / G$ , где  $G_c$  – израсходованное топливо за

сезон (месяц);  $G$  – израсходованное топливо за расчетный период. Соответственно энергоавтономность предприятия составит  $A = G \cdot k_c \cdot \mathcal{E} / G$ .

Так же можно рассчитать энергоавтономность для каждого месяца  $\sum A_i$  (при использовании различных смесей СТМ в разное время года). Тогда в год показатель составит  $A = \sum A_i \cdot k_{ci}$ , где  $A_i$  – энергоавтономность  $i$ -го месяца,  $k_{ci}$  – коэффициент сезонного использования в  $i$ -м месяце.

При реализации на предприятии вышеописанных технологий удалось

повысить показатель энергоавтономности до 60%. Этот показатель можно увеличить за счет использования в холодное время года СТМ. Таким образом, при использовании 25% добавки РМ в топливо в холодное время года и при работе на РМ в теплое время года можно сэкономить более 65% ДТ для автомобилей и более 70% – для тракторов. Для каждого предприятия показатель будет отличаться в зависимости от конкретных условий эксплуатации автотракторной техники и затрат на топливо.

### Литература

1. Савельев Г.С. Применение газомоторного и биодизельного топлив в автотракторной технике. – М: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2009. – 215 с.
2. Савельев Г.С. Производство и использование биодизельного топлива из рапса. – М: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2007. – 96 с.
3. Загородских Б.П., Плотников П.А. и др. Ремонт и регулирование топливной аппаратуры автотракторных и комбайновых дизелей. – М.: ФГНУ «Росинформтех», 2006. – 212 с.
4. Савельев Г.С., Кочетков М.Н. Использование рапсового масла в качестве топлива в дизельных двигателях. – Транспорт на альтернативном топливе, 2009, № 1 (7). – С. 62-65.
5. ГОСТ Р 41.96–2005 «Единообразные предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями» (Правила ЕЭК ООН № 96).



## Первый шаг к рынку газомоторного топлива

**В.В. Черных,**  
зам. директора по инновационным продуктам ОАО «ТФК «КАМАЗ»



## The first step to natural gas fuel market

**V.V. Chernyh**

Одной из причин, сдерживающих развитие рынка газомоторного топлива в России, считается отсутствие массового заводского производства газобаллонной автомобильной и сельскохозяйственной техники. В данной статье представлено краткое описание газобаллонной автомобильной техники ОАО «КАМАЗ» серийного производства, процесса обучения персонала эксплуатирующих и сервисных предприятий и организации сервисного сопровождения газобаллонной автотехники.

В последние годы много говорится о преимуществах использования природного газа в сжатом (КПГ) или сжиженном (СПГ) состоянии в качестве альтернативного моторного топлива для автомобилей, автобусов, железнодорожного и речного транспорта. И ни для кого уже не секрет, что природный газ является самым доступным, дешевым и экологичным видом топлива, а расширение его использования на транспорте позволит улучшить экологическую ситуацию в крупных городах и существенно снизить транспортную составляющую в себестоимости российского ВВП. При этом российский газомоторный рынок не демонстрирует бурного роста, а скорее стагнирует в ожидании мер государственной поддержки. Нехватка АГНКС и их неудобное расположение не спо-

собствуют переводу автомобилей на газ, а недостаточное количество автомобилей, работающих на КПГ, не обеспечивает рентабельность АГНКС. Для разрешения этой проблемы необходимы совместные скоординированные и синхронизированные по времени действия всех участников газомоторного рынка: ОАО «Газпром» в части расширения сети АГНКС, автопроизводителей в части предложения газобаллонной техники серийного производства и, конечно, покупателей этой техники, заинтересованных в переводе своего транспорта на природный газ. При этом для многих становится очевидным, что перевод на газовое топливо существующего дряхлеющего парка техники экономически нецелесообразен, учитывая скорый вывод этой техники из эксплуатации. Поэтому организация производства серийной газобаллонной техники является одним из ключевых стимулирующих факторов для развития газомоторного рынка России.

Для эффективного решения транспортных задач в ОАО «КАМАЗ» в настоящее время освоен серийный выпуск газобаллонных автомобилей (ГБА) и автобусов, работающих на КПГ. С 2004 г. ОАО «КАМАЗ» совместно с ведущими научными организациями России провело комплекс НИОКР по созданию двигателей и автомобилей, использующих в качестве топлива

природный газ. Это позволило освоить производство новых транспортных средств, в конструкции которых применены передовые технические решения, в частности, двигатель с распределенной подачей КПГ и электронной системой управления, а также разработанные партнерами компоненты системы питания топливом.

### Преимущества газобаллонной автотехники КАМАЗ

*Экономичность и эффективность*

■ По расходу топлива 1 м<sup>3</sup> КПГ эквивалентен 1 л дизельного топлива, а стоимость КПГ в 2-3 раз меньше стоимости дизельного топлива. Соответственно, сокращаются и расходы на транспортные перевозки.

■ При эксплуатации 1 тыс. газобаллонных автомобилей КАМАЗ экономия затрат на топливо составит более 300 млн. руб. в год, что существенно даже для экономически благополучных регионов.

### *Экологичность*

■ Существующий модельный ряд ГБА КАМАЗ соответствует нормам ЕЭК ООН уровня «Евро-4». При работе на КПГ практически отсутствует дымность отработавших газов, а шумность двигателя на 3-4 дБ меньше дизельного аналога. Все это особенно актуально для больших городов с непростой экологической обстановкой, где проживает по разным оценкам от 20 до 30% населения страны.

■ В настоящее время ОАО «КАМАЗ» проводит мероприятия по сертификации нового семейства газовых двигателей на соответствие экологическому классу «Евро-5».

### *Безопасность*

■ Газобаллонная автотехника КАМАЗ работает на КПГ, который, в отличие от СУГ и бензина, является наиболее безопасным моторным топливом.

Таким образом, автомобиль или автобус, использующий в качестве топлива КПГ, является самым чистым в экологическом отношении, высокорентабельным и безопасным инструментом в автотранспортных перевозках.

### Автомобильная техника серийного производства

**1.** Газобаллонный автомобиль-самосвал КАМАЗ-65115-861-30 (6Ч4) предназначен для перевозки различных сыпучих строительных и промышленных грузов (рис. 1).



Рис. 1. Самосвал КАМАЗ-65115-861-30 (6Ч4)

Топливная система автомобиля оснащена двумя баллонами объемом 350 л, расположенными горизонтально за кабиной, и четырьмя баллонами объемом 80 л, расположенными горизонтально слева на раме. Общий объем баллонов составляет 1020 л и вмещает 204 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

**2.** Газобаллонный автомобиль-самосвал 65115-863-30 (с трехсторонней разгрузкой) предназначен для перевозки строительных, промышленных и сельскохозяйственных грузов (рис. 2).



Рис. 2. Самосвал КАМАЗ-65115-863-30 (6Ч4)

Топливная система автомобиля оснащена 13 баллонами объемом

80 л каждый: 9 баллонов расположены вертикально за кабиной, 4 баллона – горизонтально слева на раме. Общий объем баллонов составляет 1040 л и вмещает 208 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

Оба самосвала, помимо основного назначения, могут использоваться в качестве транспортной базы дорожно-уборочной спецтехники.

**3.** Седелный тягач КАМАЗ-65116-861-30 (6Ч4) предназначен для работы в составе автопоездов с полуприцепами полной массой до 30 тыс. кг, выполняющих технологические перевозки длинномерных грузов, строительных материалов, пищевых жидкостей в крупных городах (рис. 3).



Рис. 3. Седелный тягач КАМАЗ-65116-861-30 (6Ч4)

Общий объем баллонов топливной системы составляет 1020 л и вмещает 204 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

**4.** Газобаллонные автобусы – городской полунизкопольный НЕФАЗ-5299-30-31 (рис. 4) и пригородный НЕФАЗ-5299-11-31 (рис. 5) предназначены для перевозки пассажиров по городским и пригородным маршрутам.



Рис. 4. Городской автобус НЕФАЗ-5299-30-31

Общий объем восьми баллонов топливной системы, расположенных на крыше, как у городского, так и пригородного автобусов составляет 984 л и вмещает 197 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.



Рис. 5. Пригородный автобус НЕФАЗ-5299-11-31

**5.** Коммунальная машина КО-505АГ (рис. 6) на шасси ГБА КАМАЗ-65115-30 (6Ч4) предназначена для вакуумной очистки выгребных ям путем механизированного заполнения, транспортирования и выгрузки жидких отходов, не содержащих горючих и взрывоопасных веществ, к месту утилизации.



Рис. 6. Коммунальная машина КО-505АГ

Топливная система автомобиля оснащена 8 баллонами, размещенными на раме: слева четыре по 100 л, справа четыре по 80 л. Общий объем баллонов составляет 720 л и вмещает 144 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

**6.** Мусоровоз с задней загрузкой БМ-53229Г-1 (рис. 7) на газобаллонном шасси КАМАЗ-65115-30 (6Ч4). Вместительный кузов объемом 18 м<sup>3</sup> позволяет загружать до 10,35 т твердых бытовых отходов (ТБО). Технический уровень мусоровоза соответствует лучшим мировым образцам.



Рис. 7. Мусоровоз с задней загрузкой  
BM-53229G-1

Топливная система автомобиля оснащена 8 баллонами, размещенными на раме: слева четыре по 100 л, справа четыре по 80 л. Общий объем баллонов составляет 720 л и вмещает 144 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

7. Мусоровоз с задней загрузкой КО-440ВГ-1 (рис. 8) на газобаллонном шасси КАМАЗ-65115-30 (6Ч4). Кузов объемом 16 м<sup>3</sup> позволяет загружать до 7,1 т ТБО.



Рис. 8. Мусоровоз с задней загрузкой  
КО-440ВГ-1

Топливная система автомобиля оснащена 13 баллонами объемом 80 л каждый: 9 баллонов размещены вертикально за кабиной, четыре – горизонтально на раме слева. Общий объем баллонов составляет 1040 л и вмещает 208 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

Мусоровозы предназначены для механизированного сбора ТБО из металлических и пластмассовых контейнеров всех типов емкостью от 0,8 до 1,1 м<sup>3</sup> (евроконтейнеры), передвижных бункеров емкостью 2,5 и 5 м<sup>3</sup> и бункеров емкостью 7,5 м<sup>3</sup>, а также для уплотнения массы, транспортировки ее и механизированной

выгрузки в местах утилизации или захоронения.

8. Комбинированная машина КО-829Б1 (рис. 9) предназначена для круглогодичной работы по содержанию дорог.



Рис. 9. Комбинированная машина КО-829Б1

В летний период эта машина используется с поливомоечным оборудованием для мойки и поливки дорожных покрытий, мойки прилотовой полосы и поливки зеленых насаждений. В зимний период она используется с пескорозбрасывающим оборудованием для посыпки инертными материалами или антигололедными реагентами поверхности тротуаров и дорог, а также для очистки дорожного полотна от свежес выпавшего снега.

Топливная система автомобиля оснащена 11 баллонами объемом 80 л каждый: 9 баллонов расположены вертикально за кабиной, два – горизонтально слева на раме. Общий объем баллонов составляет 880 л и вмещает 176 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

9. Специальный автобус 4208-10-41 (рис. 10) на шасси КАМАЗ-43114-30



Рис. 10. Специальный автобус 4208-10-41

(6Ч6) предназначен для перевозки вахтовых бригад по дорогам общей сети.

Общий объем баллонов топливной системы составляет 1420 л, позволяющий заправить 284 м<sup>3</sup> КПГ при давлении 20 МПа.

## Профессиональное обучение

Одним из обязательных условий успешной эксплуатации автомобильной техники, в том числе и газобаллонной, является высокий профессиональный уровень обслуживающего персонала организаций, эксплуатирующих автотранспорт, и сервисных предприятий. Специалистами ОАО «КАМАЗ» совместно с преподавателями регионального института передовых технологий и бизнеса (НОУ «РИПТиБ») разработаны учебные программы и организовано обучение эксплуатации, обслуживанию и ремонту газобаллонной автотехники.

Задачи обучения: подготовка водителей, механиков и лиц, ответственных за эксплуатацию автотехники «КАМАЗ».

Цель обучения: ознакомить слушателей с конструкцией автотранспортных средств с газовыми двигателями, соответствующих требованиям «Евро-4», и особенностями технической эксплуатации газобаллонных автомобилей, сформировать практические навыки по основам диагностики и практической эксплуатации газобаллонных автомобилей.



Преподавание ведут высококвалифицированные специалисты научно-технического центра ОАО «КАМАЗ», ООО «РМЗ РариТЭК» и аттестованные преподаватели НОУ «РИПТиБ». Занятия проводятся в форме лекций в НОУ «РИПТиБ» и практических занятий на базе ООО «РМЗ РариТЭК».

По окончании курса и сдачи зачетов по практической части и положительной сдачи тестового зачета слушателям выдается удостоверение установленного образца.

### Сервисное обслуживание

7 сентября 2007 г. в г. Набережные Челны был открыт первый сервисный центр по обслуживанию и ремонту ГБА КАМАЗ на базе ООО «РМЗ РариТЭК». Сегодня работа по организации сервисного сопровождения газобаллонной автотехники в

регионах России ведется в двух направлениях:

- дооснащение собственных сервисных центров для технического обслуживания и ремонта ГБА;

- аттестация в качестве сервисных центров по техническому обслуживанию и ремонту газобаллонной автотехники КАМАЗ существующих ремонтных баз транспортных подразделений ОАО «Газпром», имеющих значительный опыт эксплуатации автотехники, работающей на природном газе, а также пунктов по переоборудованию автотехники для работы на газовом топливе.

### Выводы

В настоящее время крупнейший российский производитель большегрузных автомобилей ОАО «КАМАЗ» готов к серийному выпуску

газобаллонной автотехники различного назначения и продолжает расширять модельный ряд автомобилей с газовыми двигателями. Несмотря на продолжающийся финансовый кризис, в 2010 г. совместно с заводами-изготовителями спецтехники были созданы новые модели: мусоровоз с задней загрузкой БМ-53229Г-1, комбинированная дорожная машина КО-829Б1, пригородный автобус НЕФА3-5299-11-31 и вахтовый автобус 4208-10-41 на полноприводном газобаллонном шасси КАМАЗ-43114-30.

Любой, даже самый трудный путь, начинается с первого шага. ОАО «КАМАЗ» сделал свой шаг.

### Контактная информация

Тел.: **(8552) 38-79-08**  
 Факс: **(8552) 37-24-89**  
 e-mail: [gtp@kamaztrade.ru](mailto:gtp@kamaztrade.ru)  
[www.kamaz.ru](http://www.kamaz.ru)



## ООО НПФ «Реал-Шторм»

ООО Научно-Производственная Фирма «Реал-Шторм»-разработчик и производитель облегченных металлокомпозитных баллонов высокого давления (до 39,2 МПа) для сжатого природного газа (CNG) и других технических газов (азот, аргон, гелий, кислород), вместимостью до 185 л.

На основе баллонов выпускаются:

рессиверы, блоки аккумуляторов газа (БАГ), передвижные газовые заправщики (ПАГЗ).



426008, Удмуртская Республика, г.Ижевск, ул.Пушкинская, д.264  
 тел.: (3412) 43-94-46, 43-94-45, директор: Семенищев Сергей Петрович  
 e-mail: [realstorm@udm.ru](mailto:realstorm@udm.ru), [www.realstorm.ru](http://www.realstorm.ru)

## Правовая база использования КПГ в качестве моторного топлива в России и за рубежом

**И.Ф. Маленкина,**

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

**А.В. Попов,**

специалист 1-й категории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

**Е.Е. Шишкина,**

инженер 2-й категории ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

**А.А. Пономарева,**

младший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Вопрос использования альтернативных видов энергии в настоящее время является одним из ключевых не только в России, но и во всем мире. В условиях сокращения запасов нефти и роста цен на нее, а также загрязнения атмосферы и глобального потепления актуальность использования альтернативных источников энергии не вызывает сомнений. Сегодня самым распространенным альтернативным источником энергии на транспорте является газомоторное топливо (ГМТ) и, в частности, компримированный природный газ (КПГ). Рассмотрим, как обеспечивается законодательная и правовая поддержка по вопросам производства и использования альтернативного топлива в мировой практике.

**Ключевые слова:** КПГ, природный газ, газомоторное топливо, альтернативное топливо.

## Legal base of CNG using as a motor fuel in Russia and abroad

**I.F. Malenkina, A.V. Popov, E.E. Shishkina, A.A. Ponomareva**

Using of alternative energy sources is one of the crucial topics not only in Russia, but also all over the world. There can be no doubt that the using of alternative energy sources is very actual today because of reduction of stocks and a rise in prices for oil, and also pollution of atmosphere and global warming. Today the most widespread alternative energy source on transport is gas vehicle fuel, in particular CNG. How is legislative and legal support concerning manufacture and use of alternative fuel in world practice provided?

**Keywords:** CNG, natural gas, gas vehicle fuel, alternative fuel.

### США

В США действуют законы «Об альтернативном моторном топливе», «О чистом воздухе» и «Об энергетической политике».

Наиболее эффективной мерой правительства США по стимулированию использования альтернативного моторного топлива на транспорте является установление налоговых

льгот. Размер льготы по налогу на прибыль сокращается для предприятий, приобретающих автомобили на альтернативных видах моторного топлива общей массой до 3,8 т, а также для двухтопливных дизельных автомобилей малой мощности, работающих на бедных смесях. Налогооблагаемая база для этих автомобилей сокращается на 50% и варьируется в зависимости от мощности двигателей от 2,5 тыс. до 32 тыс. долл. США. При соответствии автомобиля специальным еще более жестким требованиям к экологии владелец автомобиля может рассчитывать на дополнительную льготу – сокращение налога еще на 30%. Данная льгота действует с 31.12.2005 г. до 31.12.2010 г. [1].

В этот период в стране при строительстве заправочной станции для альтернативного вида моторного топлива предоставляется льгота в размере 30% от стоимости альтернативной заправки, что в условиях США составляет до 30 тыс. долл. для станции большой мощности и до 1 тыс. долл. при установке индивидуальной метановой заправки.

Американские законодатели внесли на рассмотрение проект закона «Новая топливная альтернатива, дающая американцам решения» (New Alternative Transportation to give Americans Solutions Act – NAT GAS Act). Основные цели предполагаемого закона следующие:

- стимулирование приобретения и использования автомобилей на природном газе и, прежде всего, большегрузных и корпоративных;
- развитие заводского производства метановых автомобилей;
- активизация строительства АГНКС и пунктов обслуживания ГБА, развитие гаражных и индивидуальных заправочных мощностей;
- проведение к 2014 г. закупки метановых автомобилей для бюджетных организаций в количестве не менее 50% от их численности [1].

Этот закон предусматривает субсидирование из государственного бюджета до 80% дополнительной стоимости на все марки автомобилей газового исполнения и до 50% дополнительной стоимости двухтопливного автомобиля.

Капитальные затраты на строительство новых мощностей по производству метановых автомобилей могут быть на 100% вычтены из налогооблагаемой базы до 31.12.2014 г., а с 01.01.2015 г. до 01.01.2020 г. – на 50% [1].

Государственные организации обязаны приобретать автомобили на альтернативном топливе. Законопроект также предусматривает предоставление грантов на разработку газовых двигателей для легкового и грузового автотранспорта.

Следует добавить, что Палата Представителей США приняла решение о выделении 150 млн. долл. на проведение НИОКР в области использования природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте и разработку соответствующей программы.

Программа предполагает:

- дальнейшее совершенствование двигателей для автотранспорта, повышение их экологических характеристик;
- развитие гибридных автотранспортных средств;
- модернизацию АГНКС.

Кроме этого, в Сенат США направлен законопроект NAT-GAS, который обеспечит увеличение налоговых льгот для приобретателей автотранспорта, работающего на КПГ, с 5 до 12,5 тыс. долл. и даст стимул для строительства новых АГНКС.

### Латинская Америка

В этом регионе сосредоточено 48% мирового парка автотранспортных средств, использующих КПГ.

**Аргентина.** По данным за 2009 г., на КПГ в этой стране работают 1,75 млн. автомобилей и 1808 АГНКС.

Около 15% автомобилей заправляются КПГ [2]. В Аргентине действуют национальные программы перевода автотранспорта на газомоторное топливо, реализуется трехлетний план, предусматривающий перевод 1000 грузовых автомобилей на природный газ.

Национальный банк Аргентины выпустил кредитную карту NATIVA, предоставляющую желающим 10%-ную скидку на стоимость переоборудования личного автомобиля на КПГ [3].

**Боливия.** Запасы природного газа в этой стране составляют 1,38 трлн. м<sup>3</sup>. В 2004 г. природный газ использовали 30 тыс. транспортных средств. В 2009 г. это число увеличилось до 99,7 тыс. ед. В планах на 2012 г. – перевод четверти боливийского автотранспортного парка на КПГ [2].

В целях ускорения организации заводского производства метановых автомобилей в стране создан фонд, 93% средств которого направлены на дооборудование новых автомобилей газовой топливной аппаратурой, а 7% предназначены для переоборудования автомобилей, уже находящихся в эксплуатации [2].

**Бразилия.** В 2009 г. было зарегистрировано 1,59 млн. автомобилей, работающих на природном газе. Для их заправки построено 1705 АГНКС в крупных городах страны. Автомобили, работающие на КПГ, составляют 5% национального легкового автопарка.

Ежедневно в стране потребляется от 6,7 до 6,9 млн. м<sup>3</sup> природного газа. Каждый месяц выпускается от 1500 до 2000 газовых автомобилей заводского изготовления [2].

**Колумбия.** В мае 2009 г. парк автотранспорта, работающего на КПГ, составил более 280 тыс. ед., парк АГНКС – 437. В мае 2010 г. количество ГБА, работающих на КПГ, достигло 303 тыс. ед. Требуется дополнительно построить 230 специализированных заправочных станций. Для того,

чтобы данная газомоторная программа развивалась, до 2010 г. необходимо инвестировать в отрасль 115 млн. долл. США. Эта программа обеспечит колумбийским автовладельцам суммарную экономию около 450 млн. долл. США и снизит потребность в бензине на 5 млн. баррелей в год, что означает для правительства экономию около 55 млн. долл. США [2].

**Перу.** По данным на май 2009 г. около 64,5 тыс. транспортных средств использовало КПГ в качестве моторного топлива. Из них перевод 32,5 тыс. ед. (78,6%) был профинансирован правительством страны. В стране действуют 64 АГНКС. В недавно опубликованном плане указано, что к концу 2010 г. парк транспортных средств, работающих на природном газе, должен быть равен примерно 160 тыс. ед. Это потребует строительства в стране дополнительно 110 новых заправочных станций [2].

**Венесуэла.** Страна владеет крупными запасами природного газа: 150 трлн. м<sup>3</sup> на континентальной части страны и 30 трлн. м<sup>3</sup> [4] – на шельфе.

В 2010 г. в Венесуэле планируется установить универсальную двухтопливную аппаратуру на 40% автомобилей, производимых в стране [4].

**Таким образом, в настоящее время в Латинской Америке сосредоточена половина мирового парка транспортных средств, работающих на природном газе, – около 4 млн. ед., количество АГНКС – 4500 ед., спрос на газ составляет 476 млн. м<sup>3</sup> в месяц [3].**

### Европейский Союз

Основополагающим законодательным актом в области обеспечения экологической безопасности является Директива 2008/1/ЕС от 15 января 2008 г. «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений». В Германии, Франции и Швеции действует закон «Об альтернативном топливе». Существующие экологические стандарты для



**Нормы токсичности отработавших газов  
для развитых европейских стран [5]**

| Наименование стандартов | Год введения | Содержание в ОГ, г/кВт·ч |      |                               |                 |
|-------------------------|--------------|--------------------------|------|-------------------------------|-----------------|
|                         |              | NO <sub>x</sub>          | CO   | C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | Твердые частицы |
| «Евро-0»                | 1988         | 14,4                     | 11,2 | 2,5                           | –               |
| «Евро-1»                | 1993         | 8,0                      | 4,5  | 1,1                           | 0,36            |
| «Евро-2»                | 1996         | 7,0                      | 4,0  | 1,1                           | 0,15            |
| «Евро-3»                | 1999         | 5,0                      | 2,0  | 0,6                           | 0,1             |
| «Евро-4»                | 2005         | 3,5                      | 1,5  | –                             | 0,02            |
| «Евро-5»                | 2008         | 2,0                      | 1,5  | –                             | 0,02            |

автомобилей представлены в таблице.

**Великобритания.** В стране акцизный налог на газ в три раза меньше аналогичного налога на бензин и дизельное топливо. В 2009 г. парк газобаллонных автомобилей Великобритании составляли всего 294 автомобиля, а парк АГНКС 33 ед. Ежегодное потребление КПГ составляет 0,48 м<sup>3</sup> [6].

**Франция.** Автобусы, использующие в качестве моторного топлива КПГ, полностью освобождены от уплаты налога. Для покупателей автотранспортных средств премия за покупку автомобиля с выбросом парниковых газов менее 130 г/км составляет 200 евро, а с выбросом менее 100 г/км – 1000 евро.

**Швеция.** В стране предлагается сократить налог на прибыль для транспортных предприятий примерно на 430 евро на каждый альтернативный автомобиль.

**Германия.** В стране охрана природы закреплена законодательно с 1994 г. в качестве государственной цели в ст. 20а Основного закона [7]. С января 2009 г. от уплаты налога на транспортное средство освобождаются владельцы автомобилей с нормами выбросов ОГ, соответствующими стандартам «Евро-4» и «Евро-5».

**Италия.** В рамках программы «Стимулирование использования экологически менее опасного топлива» в 160 городах Италии владельцы автомобилей получают по 350 евро

на переоборудование автомобиля на КПГ или СУГ. При покупке газового автомобиля в заводском исполнении из бюджета оплачиваются до 6,5 тыс. евро, при строительстве газозаправочной станции общего пользования – до 150 тыс. евро.

**В странах Западной Европы для стимулирования газификации автотранспорта предусматривается уменьшение налогов на автомобили, использующие КПГ, в среднем в 1,5-2 раза, то есть в сравнении с США в ЕС делают ставку на стимулирование перевода автотранспорта на альтернативные виды моторного топлива через налоговые послабления.**

**АЗИЯ**

Основными лидерами по переводу автотранспорта на КПГ на азиатском континенте являются Пакистан и Индия.

**Индия.** Закон «Об охране окружающей среды» принят в этой стране еще в 1986 г. Покупателям автомобилей, работающих на КПГ, предоставляются дешевые кредиты. Ведется испытание 200 локомотивов, конвертированных для работы по газодизельному циклу. Начальная стоимость опытно-конструкторских работ составила 1 млн. долл. США.

**Пакистан.** Газификация автотранспорта здесь начата еще в середине 1980-х гг. В 1995 г. был принят закон «Об энергетической политике». Сегодня Пакистан по количеству

автомобилей на КПГ вышел на первое место в мире – 2,25 млн. ед. [6]. Ежегодно на природный газ переводится около 150 тыс. автомобилей. Действует также директива об обязательном переводе на КПГ автомобилей, принадлежащих государственным организациям.

В будущем планируется перевести на метан 8 тыс. пассажирских автобусов. Правительство страны отменило ввозные пошлины на импортное газобаллонное оборудование и увеличило объем субсидий для предпринимателей, строящих АГНКС. В Пакистане по состоянию на май 2010 г. зарегистрировано 3145 АГНКС.

**Япония.** В стране действуют законы «Об альтернативном топливе» и «Об энергетической политике», в которых обозначены функции и обязанности центральных и местных органов власти, бизнеса и отдельных граждан, а также три основных принципа энергетической политики:

- обеспечение энергобезопасности;
- адаптация к окружающим условиям;
- использование рыночных механизмов [8].

В стране также действуют развитая система льгот, стимулирующих расширение рынка КПГ для автотранспорта, налоговые и таможенные привилегии, дотации на строительство АГНКС и эксплуатацию газобаллонной аппаратуры.

**Южная Корея.** В стране действуют государственные субсидии и кредиты:

- в размере 22,5 тыс. долл. США – на покупку каждого автобуса на КПГ;
- в размере 60 тыс. долл. США – на покупку каждого мусороуборочного автомобиля на КПГ;
- льготный кредит до 700 тыс. долл. США при 4,5% годовых – на строительство АГНКС.

Проводится стимулирование операторов муниципальных автобусов:

- компенсация стоимости холостого пробега на заправку при удалении АГНКС на 4 км и более от автобусного парка;

- компенсация простоя для АГНКС проектной производительностью 100 заправок в сутки при фактической заправке менее 31 автомобиля в день.

Имеются следующие налоговые льготы:

- 10 тыс. долл. США при уплате НДС при покупке каждого нового автобуса на КПГ;

- 1660 долл. США за каждый автобус на КПГ при уплате экологического налога;

- 15 тыс. долл. США при уплате налога при строительстве собственной АГНКС;

- при уплате базовой ставки ввозной пошлины при импорте комплектующих для метановых автомобилей (например, баллонов).

По прогнозам специалистов, в 2010 г. в Южной Корее будет использоваться 23 тыс. метановых автобусов и 440 АГНКС [9].

**Россия.** В РФ рынок КПГ характеризуется неустойчивостью, развивается локально при прямой поддержке региональных властей и предприятий группы «Газпром».

Одной из причин медленного развития российского рынка КПГ является несовершенство законодательной базы. Механизм рыночного регулирования использования альтернативных видов энергии не запущен, хотя закон об альтернативном моторном топливе инициирован в Государственной Думе уже давно. В России в отличие от зарубежных стран не выработана система мер, обеспечивающих расширение использования альтернативных видов топлива. Положение усугубилось в условиях экономического кризиса и повышения цен на природный газ.

Отдельные законопроектные поправки направлены на внедрение альтернативных видов

моторного топлива имеются на местах, например, в Москве, Томской, Тамбовской, Пензенской областях, однако, не всегда эти документы способствуют развитию газомоторной отрасли. Правительством Москвы были приняты Постановление № 510-ПП от 05.06.2001 г. «О дополнительных мерах по расширению использования природного газа метана в качестве моторного топлива» и Программа газификации транспорта, утвержденная постановлением от 26.11.1996 г. № 943/134 «О мерах по охране атмосферного воздуха в г. Москва за счет расширения использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте» [10]. Однако, несмотря на это, идея перехода автотранспорта на КПГ не получила развития в силу объективных обстоятельств, характерных для Москвы как крупного мегаполиса:

- отсутствие дефицита бензина и дизельного топлива;

- сильное лобби дилеров нефтепродуктов;

- конкуренция СУГ как по цене продукта, так и по стоимости комплекта ГБО;

- высокая стоимость строительства, земельных участков, сложная процедура согласования;

- дефицит электроэнергии.

В настоящее время в Москве рассматривается вопрос о переводе городского транспорта на природный газ и мерах по стимулированию данного процесса путем пересмотра транспортного налога для автовладельцев, использующих в качестве моторного топлива КПГ. Помимо этого, в качестве обязательной меры предусматривается развитие сети автомобильных заправок с включением заправочных колонок для КПГ или сжиженного природного газа (СПГ). Мэр Москвы Ю.М. Лужков поручил Департаменту транспорта и связи правительства Москвы разработать «новый порядок администрирования

налога» и подготовить необходимые поправки к законодательным актам [11].

В то же время, в связи с тем, что Постановлением Правительства РФ от 15.01.1993 г. № 31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом» установлена цена на КПГ не более 50% от розничной региональной цены бензина Аи-80, сохраняется спрос на КПГ в Южном, Западно-Сибирском и Центральном федеральных округах.

Для развития российского рынка ГМТ необходимы не только региональная законодательная инициатива, но и Федеральный закон об использовании альтернативного топлива. Еще в 1998 г. в Государственную Думу был внесен проект закона «Об использовании природного газа в качестве моторного топлива», однако, закон так и не был принят. Проект Федерального закона «Об использовании альтернативных видов моторного топлива» особенно важен в связи с поручением президента России «О стимулировании широкомасштабного перевода сельскохозяйственной техники на ГМТ» (осень 2004 г.) и поручением заместителя председателя правительства РФ «О необходимости развития рынка газомоторного топлива» (осень 2006 г.) [12]. В марте 2010 г. Проект Федерального закона был снова вынесен на рассмотрение представителями Совета Федерации, Государственной Думы и ОАО «Газпром». Закон отправлен на доработку.

ОАО «Газпром» реализует Целевую комплексную программу «Развитие газозаправочной сети и парка техники, работающей на природном газе, на период до 2015 г.» силами своих дочерних предприятий. Льготные налоговые преференции со стороны государства, закрепленные законодательно по примеру зарубежных стран, в значительной степени ускорили бы процесс развития сети метановых заправочных станций и транспорта на природном газе.

Для многих национальных газомоторных рынков эффективность эксплуатации газозаправочных мощностей является **одним из главных вопросов**. Операторы АГНКС сегодня являются наиболее уязвимым звеном в цепи участников рынка КПГ по причине растущих цен на природный газ, электричество и др., наличия риска по неустойчивому спросу и фактора сезонности.

Положение производителей усложняется принятием Приказа Федеральной службы по тарифам от 31.07.2009 г. № 295-э и вводом новых оптовых цен на газ, реализуемый потребителям Российской Федерации.

До 01.01.2008 г. в России единственным инструментом стимулирования предпринимательской деятельности по розничной реализации газа через автогазозаправочные и многотопливные заправочные станции (АГЗС и МТАЗС) была возможность применения единого налога на вмененный доход (ЕНВД). Однако позже сложилась ситуация неоднозначного и противоречивого толкования отдельных положений Налогового кодекса Российской Федерации.

Рассматривая АГЗС (МТАЗС) как торговое место, Министерство финансов РФ предложило определять обязанность уплаты ЕНВД как полностью безальтернативный вариант, так как для розничной торговли, осуществляемой через торговое место, главой 26.3. НК РФ ограничения не установлены. Между тем, в главе 26.3 НК РФ нет определения площади торгового места в отличие от того, что есть определение площади торгового зала.

Еще 02.06.2008 г. Правительством Российской Федерации был внесен на рассмотрение Государственной Думой Федерального Собрания РФ Проект Федерального закона № 66613-5 «О внесении изменений в главы 26.1, 26.2, 26.3 части второй Налогового кодекса Российской Федерации».

Таким образом, данный законопроект лишает предприятия малого и среднего бизнеса в области розничной реализации газомоторного топлива возможности применять льготный режим налогообложения в виде ЕНВД [13].

Не урегулированы вопросы учета и списания технологических потерь сжиженного углеводородного газа, которые образуются при сливе, наливке, хранении и транспортировке,

что не позволяет учитывать данные потери при налогообложении прибыли.

Принятие Закона об использовании альтернативного топлива позволит улучшить экологию городов, снизить зависимость российского автопарка от цен на нефтепродукты, а также существенно сократить стоимость транспортных перевозок и тем самым повысить собственную прибыль транспортных предприятий.

## Литература

1. США: Стимулирование альтернативных видов моторного топлива. (Электронный ресурс) / Национальная газомоторная ассоциация. – Электрон. дан. – М., 07.02.2009. – <http://ngvrus.ru/news2009.shtml>
2. **Фернандес Р.** Газомоторная отрасль Латинской Америки. (Электронный ресурс) / Национальная газомоторная ассоциация. – Электрон. дан. – М., 2008. – <http://www.ngvrus.ru/alngv.shtml>
3. Победный марш метана. (Электронный ресурс) / МЕТАИнфо. – Электрон. дан. – М., 2009. – <http://www.ngvrus.ru/>
4. Обмен бензиновых машин на метановые. (Электронный ресурс) / МЕТАИнфо. – Электрон. дан. – М., 2009. – <http://www.ngvrus.ru/news2009.shtml>
5. **Борисенков С.В., Артамонов С.А., Харин В.А.** Газовое топливо – способ уменьшения выбросов в окружающую среду. – (Электронный ресурс) / yandex.ru. – Электрон. дан. – М., 2008. – [http://vfmgiu.ru/files/10\\_2.pdf](http://vfmgiu.ru/files/10_2.pdf)
6. Мировая статистика перевода автотранспорта на КПГ по состоянию на 01.05.2009 г. – Транспорт на альтернативном топливе. – М., 2009. – № 4.
7. **Вилле Й.** Путь к современной и устойчивой климатической и энергетической политике. – (Электронный ресурс) / Германия Факты. – Электрон. дан. – М., 2009. – <http://www.tatsachen-ueber-deutschland.de/ru/environment-climate-water-energy/startseite-klima/paths-to-a-modern-and-sustainable-climate-and-energy-policy.html>
8. **Новицкий А.А.** Энергетическая политика Японии. (Электронный ресурс) / ИЭИ ДВО РАН. – Электрон. дан. – М., 2008. – <http://74.125.77.132/search?q=cache:->
9. **Ким Ю.** Внедрение альтернативных видов газомоторного топлива на автотранспорте в Республике Корея (Электронный ресурс) / Транспорт на альтернативном топливе. – Электрон. дан. – М., 2008. – № 5. – <http://metainfo.ru/5.shtml>
10. Постановление «О мерах по охране атмосферного воздуха в г. Москве за счет расширения использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте». (Электронный ресурс) / АльянсМедиа. – Электрон. дан. – М., 1999. – [http://www.innovbusiness.ru/pravo/DocumShow\\_DocumID\\_99929.html](http://www.innovbusiness.ru/pravo/DocumShow_DocumID_99929.html)
11. Россия: Большой газомоторный день – (Электронный ресурс) / НГА. – Электрон. дан. – г. Москва, 24.03.2010 г. – <http://ngvrus.ru/>
12. Дума Тюменской области поддержала проект федерального закона об альтернативных видах топлива. – (Электронный ресурс) / МИКРОМЕТАН. – Электрон. дан. – г. Саров, 17.05.2007 г. – <http://www.mikrometan.ru/content.php?id=396>
13. ЕНВД: радикальные изменения с 1 января 2009 г. – (Электронный ресурс) / Институт проблем предпринимательства. – Электрон. дан. – М., 2008. – <http://www.ipnpou.ru/article.php?idarticle=005121>



## Технико-экономическое обоснование замены автоматики на АГНКС

**Я.А. Евдокимов,**

ведущий специалист «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»,

**А.В. Яковлев,**

генеральный директор «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»

В статье приводится экономический расчет эффективности замены автоматики при модернизации АГНКС, рассматриваются составляющие экономического эффекта и даются их количественные оценки. Производится сравнение экономического эффекта от модернизации в случае замены автоматики и в случае замены основного оборудования.

**Ключевые слова:** модернизация АГНКС, замена автоматики.

## Feasibility study of automatic control system replacement for AGNKS

**Y.A.Evdokimov, A.V.Yakovlev**

The article provides an economic calculation of the efficiency of the replacement of the automation systems while upgrading the complete set CNG stations (AGNKS), the components of the economic effect are considered and their quantitative evaluation are given. A comparison of upgrading economic effects in the case of automatic control system replacement and in the case of basic equipment replacement is given.

**Keywords:** upgrading of CNG station, automatic control system replacement.

### Введение

В настоящей статье мы продолжаем знакомить читателей с 10-летним опытом работы нашей компании на рынке реновации АГНКС. Рассмотрим вопросы технико-экономического обоснования модернизации системы автоматического управления (САУ) АГНКС. В общих чертах эта тема уже была освещена в предыдущих статьях цикла («Транспорт на альтернативном топливе» № 2 (8), № 4 (10), 2009 г.), в представленной же ниже статье приводится расчет экономического эффекта, подтверждающий выгодность вложения средств в модернизацию устаревшей автоматики АГНКС.

### В чем проявляется экономический эффект от внедрения САУ на АГНКС

При попытках экономически обосновать автоматизацию технологического процесса часто подменяются понятия. Зачастую в составляющих экономического эффекта фигурируют «повышение производительности», «увеличение выпуска продукции» и т.п. Но если исходить из того, что технологическое оборудование правильно спроектировано, а технологический процесс отработан, то проектный режим работы уже автоматически является оптимальным с точки зрения расходования энергии, ГСМ и других ресурсов, что

обеспечивает выпуск продукции высокого качества. В этом случае автоматизация может повысить производительность только за счет сокращения переходных режимов, а увеличить выпуск продукции можно за счет улучшения стабильности процесса, то есть сокращения простоев и отсутствия брака, вызванных внешними причинами.

Таким образом, можно сделать вывод, что автоматика **не приносит доход**, она позволяет только **сократить расходы**, увеличивая таким образом экономическую эффективность от эксплуатации технологического оборудования.

Применительно к АГНКС экономический эффект от внедрения новой САУ складывается из следующих составляющих:

- сокращения недополученной выгоды за счет повышения коэффициента готовности оборудования;
- сокращения затрат на электроэнергию за счет повышения эффективности процесса компримирования природного газа;
- сокращения затрат на ремонт основного оборудования.

Сокращение затрат на содержание персонала АГНКС также имеет место, но этот эффект невелик, так как эксплуатирующий персонал АГНКС и так немногочислен.

### Составляющие экономического эффекта автоматики АГНКС

#### Повышение коэффициента готовности

Старые средства автоматики АГНКС не обеспечивают обнаружение отказов при нахождении оборудования в резерве. Если отказ произошел, то он обнаруживается сразу при попытке запуска (отказ управляющей цепи крана выявится при несрабатывании крана), отказ также может вызвать аварию основного оборудования (отказ датчика, выполняющего аварийную защиту, может привести к пропуску аварии).

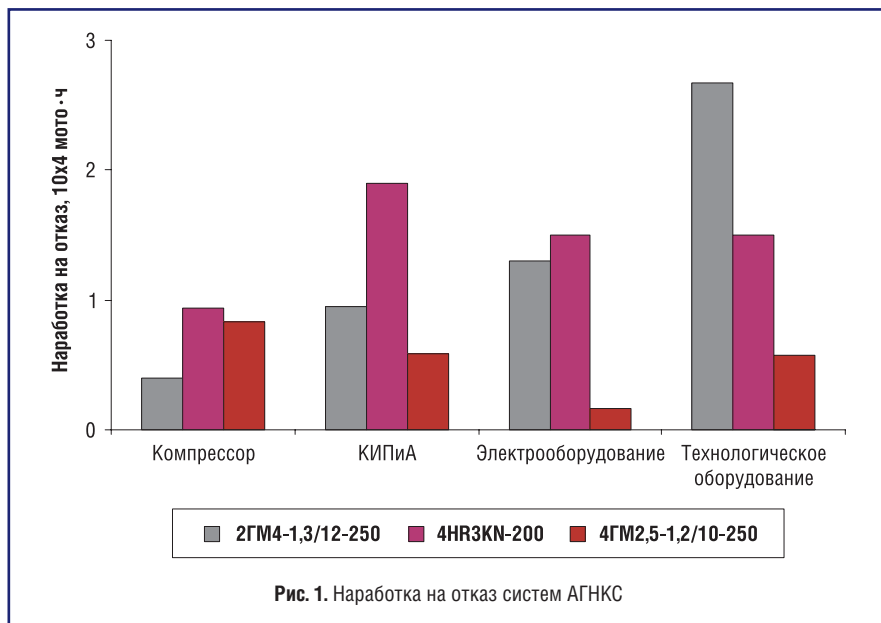


Рис. 1. Наработка на отказ систем АГНКС

Современные средства автоматики АГНКС могут диагностировать часть неисправностей еще при нахождении оборудования в резерве. Это неисправности, относящиеся к подсистемам КИПиА, – обрывы цепей датчиков и исполнительных механизмов. Их своевременное обнаружение и устранение могут заметно увеличить коэффициент готовности оборудования.

В предыдущих публикациях уже приводились некоторые данные о надежности систем АГНКС. По этим данным видно, что количество отказов автоматики составляет от 15

до 24% от общего количества отказов для различных типов компрессоров АГНКС. На рис. 1 приведены данные по наработке на отказ систем АГНКС.

Для расчета варианта реновации САУ примем, что надежность основного оборудования не изменяется, а вероятность отказа САУ снижается примерно до 1% (точной статистики не накоплено, поскольку за 10 лет на более чем 30 АГНКС, автоматизированных компанией «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА», не наблюдалось значимого количества отказов). В этом случае общий коэффициент готовности

оборудования АГНКС повышается примерно с 0,8 до 0,97.

Понятно, что экономический эффект от повышения коэффициента готовности оборудования пропорционален выручке, получаемой на АГНКС. Чем больше выручка, тем больший ущерб приносит неготовность оборудования (очереди, недовольство клиентов, уход клиентов к конкурентам). Зависимость недополученной прибыли от коэффициента готовности при разной выручке показана на рис. 2.

Из приведенных графиков видно, что при годовой выручке 11,5 млн. руб. (данные по одной из АГНКС, работающей с почти полной загрузкой) повышение коэффициента готовности обеспечивает уменьшение недополученной выгоды на 1,4 млн. руб. в год.

### Сокращение затрат на электроэнергию

В зависимости от величины расхода природного газа, отбираемого на заправку, и соотношения этого расхода с расходом, обеспечиваемым компрессорами, график давления в аккумуляторе газа имеет несимметричную форму, искаженную в ту или иную сторону. В результате время работы и простоя компрессора также различны – в одном случае компрессор дольше работает, чем стоит, в другом – наоборот. Опытный машинист-оператор пользуется этим, изменяя длительность работы компрессора так, чтобы избежать лишних остановок или пусков. При этом, разумеется, допускаются несколько большие колебания давления, но тем не менее оно остается в заданных пределах.

При наличии информации о текущем расходе газа на заправку (от системы коммерческого учета газа, СКУГ) можно автоматически составить прогноз расхода и использовать эту информацию для оптимизации управления работой компрессора. Уставки давления в аккумуляторах на включение и выключение

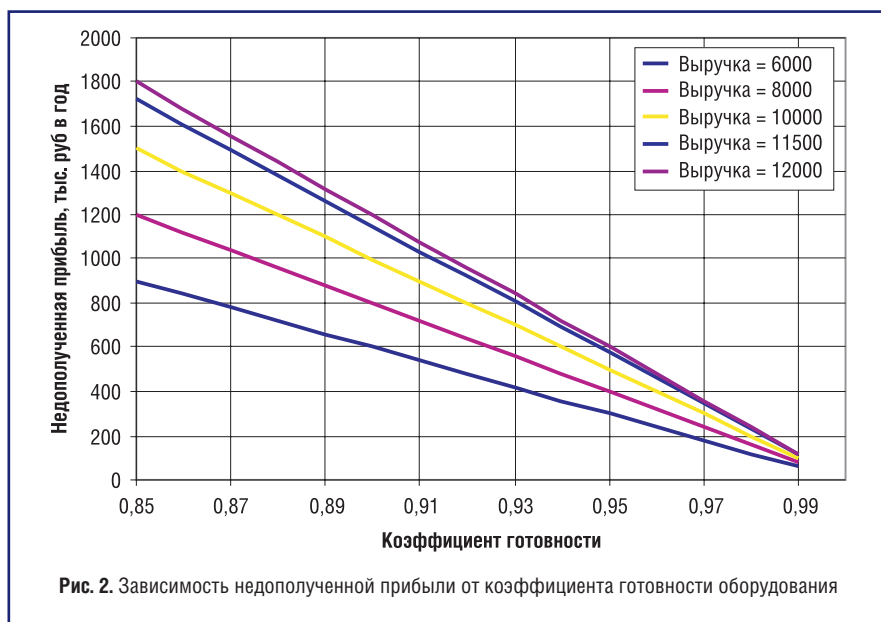
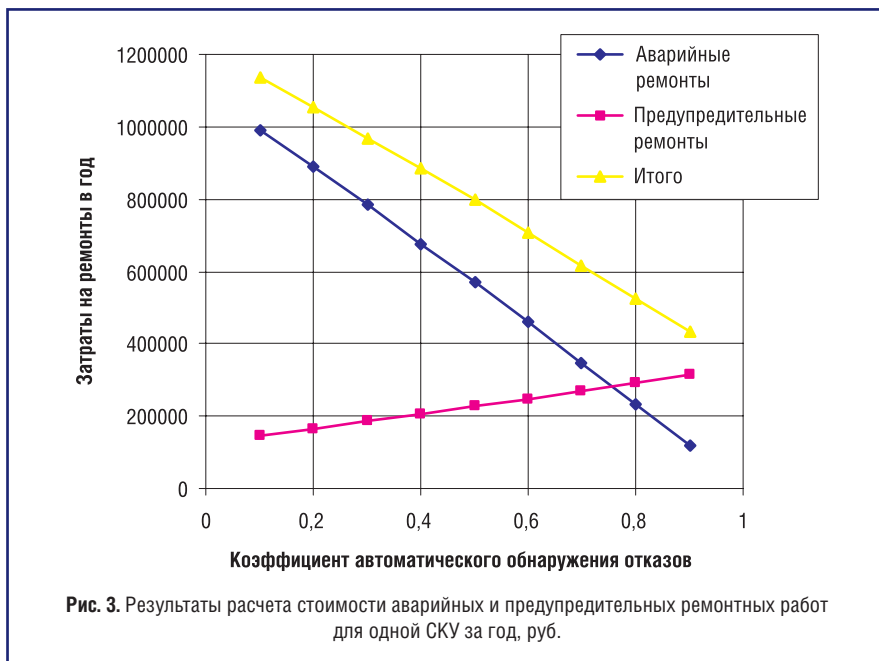


Рис. 2. Зависимость недополученной прибыли от коэффициента готовности оборудования



компрессора в этом случае формируются с использованием прогноза расхода природного газа на заправку, составленного по результатам измерения расхода в СКУГ.

Внедрение такого алгоритма автоматической оптимизации позволяет сократить расход электроэнергии примерно на 5% (в зависимости от режима загрузки АГНКС). Это обеспечивает экономический эффект около 110 тыс. руб. в год на одной АГНКС.

#### Сокращение расходов на ремонт основного оборудования

Довольно большое количество отказов основного оборудования АГНКС может быть предотвращено с помощью автоматики. Отметим основные отличия таких отказов:

- отказ развивается постепенно, то есть можно спрогнозировать его развитие;
- при своевременном обнаружении можно провести простые и эффективные мероприятия по устранению отказа, в противном случае отказ может привести к аварии основного оборудования и дорогостоящему ремонту;
- есть простые диагностические признаки, по которым автоматика

может обнаружить отказ и выдать сигнализацию об отказе.

На нашей фирме был проведен расчет экономической эффективности, основанный на том, что автоматика АГНКС способна обнаруживать только некоторую долю неисправностей оборудования. Были приняты среднестатистические данные о частоте отказов, длительности и стоимости аварийного ремонта и предупредительного ремонта при раннем обнаружении неисправностей. Результаты расчета стоимости аварийных и предупредительных ремонтных работ за год для одной стационарной компрессорной установки (СКУ) приведены на рис. 3.

Общая стоимость ремонтных работ уменьшается с увеличением доли отказов, обнаруживаемых автоматически. Для внедряемых систем

автоматики принято, что в исходном варианте старая система автоматики обнаруживала примерно 10% неисправностей (каждую десятую неисправность), а новая система позволяет поднять долю автоматически обнаруживаемых неисправностей до 50% (каждая вторая неисправность обнаруживается автоматически). Это дает эффект снижения стоимости ремонтных работ на 340 тыс. руб./г.

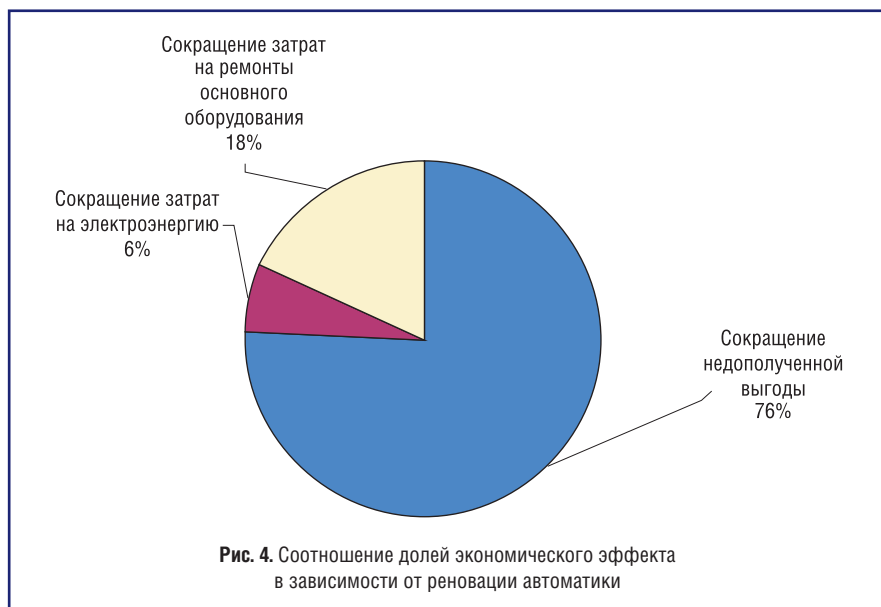
#### Сокращение расходов на техническое обслуживание автоматики

Система автоматизированного управления, как любое сложное техническое устройство, нуждается в квалифицированном техническом обслуживании. Для некоторых заказчиков это утверждение кажется спорным; они придерживаются мнения, что поставленная система управления должна безотказно работать без дальнейшего участия ее поставщика. В принципе, это так – современная автоматика отличается высокой надежностью и наличием защиты от некорректных действий оператора, что позволяет обходиться без технического обслуживания в течение достаточно длительного срока. Однако, как показывает практика, в процессе эксплуатации всегда возникают предложения по усовершенствованию системы – например, новая автоматика позволяет реализовать такие функции, которые в старой системе отсутствовали, и происходит ее доводка или появляются пожелания по добавлению новых функций. Кроме того, надо понимать, что на

#### Итоговый экономический эффект от внедрения современной автоматики

| Составляющая эффекта   | Экономия, тыс. руб./г. на одной АГНКС |
|--|---------------------------------------|
| Сокращение недополученной выгоды за счет повышения коэффициента готовности оборудования      | 1400                                  |
| Сокращение затрат на электроэнергию за счет повышения эффективности процесса компримирования | 110                                   |
| Сокращение затрат на ремонт основного оборудования   | 340                                   |
| <b>Итого</b>   | <b>1850</b>                           |

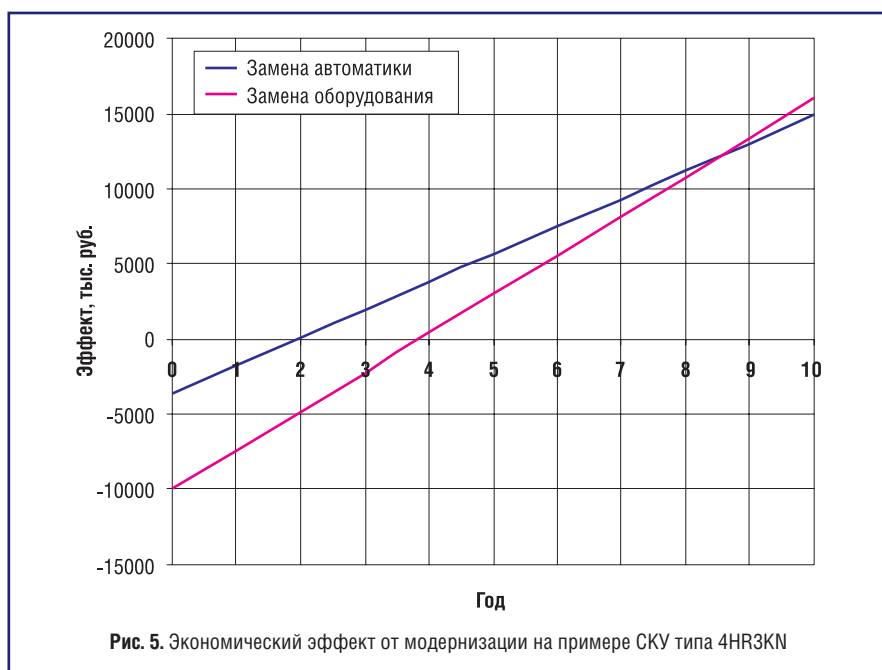




все 100% исключить человеческий фактор при работе с автоматикой невозможно хотя бы потому, что невозможно спрогнозировать абсолютно все действия оператора: прогнозируются наиболее вероятные и для них реализуется соответствующая защита. Но человек – не машина и всегда найдет пространство для творчества. Поэтому все же предпочтительнее иметь техническое сопровождение, ведь известно, что профилактика обходится дешевле, чем устранение последствий аварий и отказов. Ниже будет показано, как можно

уменьшить и без того небольшие расходы на техническое обслуживание.

Заметную часть операций по техническому обслуживанию (ТО) современной САУ составляют действия по обновлению программного обеспечения (ПО) в соответствии с появляющимися в ходе эксплуатации замечаниями и пожеланиями обслуживающего персонала АГНКС. При использовании современных технологий для удаленного доступа к компьютеру на АГНКС появляется возможность выполнения большей части действий по ТО без организации поездок на объект.



В системах автоматики, поставляемых нашей фирмой, предусмотрена возможность связи с удаленным сервером по проводной или беспроводной глобальной сети. Такое техническое решение обеспечивает архивирование информации на удаленном сервере, автоматизацию планирования ТОиР, отображение работы АГНКС посредством сетевых технологий на удаленном компьютере и, наконец, возможность дистанционного обновления ПО. При этом должны быть приняты следующие меры, обеспечивающие безопасность:

- защита от несанкционированного вмешательства в ПО через канал, предназначенный для техобслуживания, обеспечивается шифрованием данных, базирующихся на обмене личными/публичными ключами RSA и шифрованием сеансов;

- защита от несанкционированного вмешательства в ход технологического процесса обеспечивается контролем количества подключений к компьютеру АРМ и запретом на запись каких-либо данных со стороны удаленного компьютера;

- защита от несанкционированной записи в архивную базу данных ложной информации обеспечивается наличием согласованного идентификационного ключа на сторонах АРМ и удаленного сервера.

Практика показывает, что дистанционное выполнение части операций по ТО существенно уменьшает годовые финансовые затраты на техобслуживание, не снижая при этом качество ТО.

На рис. 4 показано соотношение долей экономического эффекта в зависимости от реновации автоматики.

Из рис. 4 видно, что наибольший эффект обеспечивается за счет сокращения недополученной выгоды. Это объясняется тем, что внедряемые новые САУ АГНКС имеют более высокую надежность и более развитую самодиагностику в сравнении с имеющимися. В результате внедрения новой более надежной системы

уменьшается количество остановов оборудования по вине автоматики и увеличивается вероятность успешного пуска АГНКС.

**Окупаемость разных вариантов реновации при замене основного оборудования или замене только автоматики**

Основной эффект, получаемый при внедрении новой системы автоматики, – это сокращение недополученной выгоды за счет повышения готовности оборудования. Новая система автоматики способна вовремя обнаруживать назревающие отказы при работе АГНКС, что позволяет выполнять предупредительное обслуживание вместо аварийного ремонта. Возникает вопрос: есть ли смысл ставить новую автоматику на старое, изношенное основное оборудование АГНКС? Не лучше ли сразу потратить деньги на новое оборудование? Был произведен расчет, который показал, что замена старой

системы автоматики – это хорошее вложение денег. Результаты такого расчета с использованием данных по SKU типа 4HR3KN показаны на рис. 5.

На рис. 5 показан эффект двух вариантов модернизации АГНКС: замена автоматики и замена основного оборудования. При обоих вариантах модернизации имеется некоторая величина начальных затрат, но при этом снижаются ежегодные финансовые расходы. За счет этого в определенный момент эксплуатация модернизированного варианта АГНКС становится экономически выгодной.

Из рис. 5 также видно, что замена старой автоматики окупается примерно за два года, а замена основного оборудования АГНКС – за четыре года. При этом разовые расходы на замену автоматики намного меньше, чем на замену основного оборудования. Замена основного оборудования становится выгоднее замены

автоматики только на долгосрочную перспективу – около 8-9 лет.

**Заключение**

1. Система автоматики улучшает работу основного оборудования АГНКС, повышая экономическую эффективность технологических процессов.

2. Основной эффект от модернизации системы автоматики – это повышение коэффициента готовности оборудования, в результате чего АГНКС обеспечивает бесперебойную заправку автомобилей, что приводит к уменьшению недополученной выгоды.

3. Модернизация системы автоматики на старом основном оборудовании имеет экономический смысл, окупается быстрее, чем замена основного оборудования (за 2-2,5 года), и дает заметный экономический эффект. В то же время, в долгосрочной перспективе более выгодна полная замена устаревшего оборудования АГНКС.

**ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА**  
научно-производственный комплекс

**САУ АГНКС**

от НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»: надежное вложение средств и повышение экономической эффективности АГНКС

Санкт-Петербург, В.О., пер. Декабристов, д. 20  
Телефоны: (812) 350-19-67, 336-20-01, 336-29-68  
Факс: (812) 350-19-67, e-mail: info@lenprom.spb.ru  
www.lenprom.spb.ru

## Опыт ЗАО «Промэнергомаш» по модернизации и внедрению современного оборудования АГНКС

На территории РФ для обслуживания потребителей метана расположено более 200 АГНКС. Возрастающий интерес к природному газу вызывает необходимость динамичного развития сети АГНКС, что позволит превратить потребление КПП в качестве моторного топлива из развивающегося направления в самостоятельную высокорентабельную подотрасль газовой промышленности.

**Д**ля успешной реализации реформ в сфере газораспределения и дальнейшего развития сети АГНКС необходимо не только строительство и ввод новых мощностей, но также эффективное использование топлива и снижение всех видов затрат на содержание и эксплуатацию уже существующих объектов. Поэтому необходимо решать неотложные задачи по модернизации и внедрению современного оборудования и технологий для реновации действующих АГНКС.

ЗАО «Промэнергомаш» предлагает свой опыт, ресурсы, интеллектуальный потенциал и технические возможности для повышения эффективности и оптимизации работы существующих АГНКС производства завода «Борец» (г. Москва, Россия), ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» (г. Сумы, Украина) и бывшей ГДР.

### Реконструкция, капитальный ремонт и модернизация систем автоматики с применением САУ «СКАТ»

Несмотря на периодическое техническое обслуживание, со временем технические средства устаревают морально или вырабатывают свой ресурс.

Компания «Промэнергомаш» предлагает полный комплекс услуг по модернизации систем автоматического управления АГНКС на базе САУ «СКАТ» собственной разработки, имеющей сертификат соответствия и разрешение на применение. Внедре-

ние предлагаемой системы автоматизации позволяет решить ряд следующих важных задач: совершенствование работы и обслуживания САУ, удобство в эксплуатации, обеспечение продолжительной работы оборудования при всех видах сбоя, увеличение срока его службы, повышение надежности системы в целом, снижение затрат на обслуживание системы и многое другое.

В сравнении с реконструкцией, модернизация характеризуется меньшими капитальными вложениями и более короткими сроками реализации.

САУ «СКАТ» универсальна по своей структуре и эффективна для реконструкции всех существующих в России типов систем автоматики АГНКС. Благодаря своим особенностям, а именно малогабаритности, эргономичности решения, отказоустойчивости, надежности компонентов, универсальности и соответствия всем современным требованиям, САУ «СКАТ» не только достойно конкурирует с другими предлагаемыми системами автоматического управления АГНКС, но и является более прогрессивной.

### Техническое перевооружение действующих АГНКС путем замены старых компрессоров на современные модели производства фирмы «Bauer Kompressoren» (Германия)

ЗАО «Промэнергомаш» предлагает современное компрессорное

оборудование производства немецкой фирмы «Bauer Kompressoren» для замены устаревшего. Фирма «Bauer Kompressoren» занимает одно из первых мест на мировом рынке, благодаря следующим достоинствам и особенностям своих компрессоров:

- высокая степень надежности и качество;
- низкое потребление расходных материалов и электроэнергии;
- безотказная работа до 40 тыс. ч до первого капитального ремонта;
- обеспечение выходного давления до 350 бар;
- широкая линейка моделей и пр.

Технические характеристики предлагаемых моделей компрессоров фирмы «Bauer Kompressoren» для технического перевооружения

#### Серия СВК26.xx



Компрессор СВК26.10-132

Входное давление: от 0,02-0,4 до 16-38 бар.

Производительность при 250 бар: от 233-327 до 311-714 м<sup>3</sup>/ч.

#### Серия СВК52.xx

Входное давление: от 0,02-0,4 до 16-38 бар.

Производительность при 250 бар: от 466-654 до 622-1428 м<sup>3</sup>/ч.

#### Серия СВК24.xx

Входное давление: от 1-2,5 до 8-16 бар.





Компрессор CBK24.11-75

Производительность при 250 bar: от 115-202 до 152-300 м<sup>3</sup>/ч.

### Модернизация блоков осушки газа

ЗАО «Промэнергомаш» предлагает ряд решений по модернизации блоков осушки газа на АГНКС, которые позволяют совершенствовать технологию осушки и очистки природного газа.

#### Предлагаемые решения:

- полная автоматизация блоков осушки;
- применение новых более эффективных адсорберов;
- применение современных приборов контроля влажности.

#### Преимущества решений:

- значительная экономия электроэнергии;
- повышение безопасности эксплуатации;
- продление срока службы технологического оборудования;
- повышение качества газа и пр.



Система осушки газа

### Организация удаленного мониторинга

При динамичном развитии сети АГНКС основной задачей организации газораспределения является повышение надежности и эффективности функционирования всей сети в целом. Очевидно, что возникает необходимость дистанционного автоматического или диспетчерского управления и контроля территориально удаленных АГНКС.



Мониторинг состояния технологического оборудования однокомпрессорной АГНКС

Для уменьшения и оптимизации затрат по управлению сетью АГНКС ЗАО «Промэнергомаш» предлагает внедрение системы оперативно-диспетчерского управления и сбора данных (дословно SCADA-системы), которая позволит в режиме реального времени производить автоматический сбор, обработку и анализ параметров контролируемого технологического процесса, выдачу и исполнение команд управления, оперативное реагирование и долгосрочное планирование. Предлагаемая система позволяет проводить удаленный мониторинг всех основных эксплуатационных параметров АГНКС.



Контроль процесса заправки на удаленной АГНКС

Все работы по реконструкции и модернизации систем автоматики и

технологического оборудования ЗАО «Промэнергомаш» выполняет в полном объеме («под ключ»), в том числе: создание и согласование рабочих проектов; поставка, демонтаж и монтаж кабельных трасс, запорной арматуры, приборов КИПиА; пусконаладка; гарантийное и послегарантийное обслуживание и многое другое.

### Организация «виртуальной трубы»

Для увеличения реализации природного газа в сети АГНКС и обеспечения топливом потребителей, находящихся далеко от газопровода, ЗАО «Промэнергомаш» предлагает схему организации так называемой «виртуальной трубы», которая заключается в совместном использовании дочерней АГНКС, работающей на привозном газе (то есть без подключения к газопроводу), и передвижных автогазозаправщиков.



Передвижной автогазозаправщик

По этой схеме на дочернюю станцию КПГ поставляется ПАГЗами. К станции могут подключаться два ПАГЗа, при этом на АГНКС используется практически весь подвозимый газ.



Дочерняя АГНКС CFS22.9-22DS

Предложенное решение значительно повышает загрузку и



ПАЗ и дочерняя АГНКС CFS22.9-22DS

рентабельность АГНКС, способствует развитию сети АГНКС и парка газобаллонных автомобилей, что в свою очередь существенно расширяет рынок газомоторного топлива.

ЗАО «Промэнергомаш» приглашает к сотрудничеству и предлагает широкий спектр услуг для реализации комплексной программы развития сети АГНКС:

- проектирование, производство, монтаж, пусконаладка и сервисное обслуживание систем автоматизации АГНКС и прочих объектов на базе САУ «СКАТ»;
- проектирование, производство, поставки, монтаж, пусконаладка и сервисное обслуживание комплектных АГНКС на базе комп-

рессорного оборудования немецкой фирмы «Bauer Kompressoren»;

- поставки оригинальных комплектующих и запасных частей к АГНКС производства бывшей ГДР и фирмы «Bauer Kompressoren» (Германия);
- комплексные поставки, монтаж, пусконаладка и сервисное обслуживание технологического оборудования для АГНКС.

*По материалам  
ЗАО «Промэнергомаш»*

**ПРОМЭНЕРГОМАШ**

# ЗАО «ПРОМЭНЕРГОМАШ»

Проектирование, производство, поставка, монтаж, пуско-наладка, сервисное обслуживание АГНКС, АСУ, ПТО, АБ, ИБП

Тел./факс: (812) 493-25-82, 493-25-70  
E-mail: [info@promenmash.ru](mailto:info@promenmash.ru)  
[www.promenmash.ru](http://www.promenmash.ru)



## Широкое внедрение КПГ на автотранспорте Москвы – магистральный путь оздоровления экологической обстановки в столице

**А.Г. Казанин,**  
и.о. руководителя Департамента транспорта и связи г. Москва

## Large scale introduction of CNG for the Moscow mass transit is the mainstream of improving the environment in the Russian Capital

**A.G. Kazanin**

**В** настоящее время количество автотранспорта в Москве по данным ГИБДД уже превысило 3,5 млн. ед., московский автопарк потребляет около 4 млн. т бензина и дизельного топлива ежегодно. Поэтому остро стоит задача обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта, на долю которого приходится  $\approx 1$  млн. т (более 80%) от общего объема выбросов в атмосферу в городе.

Продукты сгорания жидкого нефтяного топлива крайне негативно влияют на здоровье москвичей и их комфортное проживание, способствуют образованию хронических и онкологических заболеваний.

Сегодня Департамент транспорта и связи правительства Москвы в тесном взаимодействии с Департаментом природопользования и охраны окружающей среды реализует принятые Правительством Москвы программы по ограничению въезда в центральную часть города грузового транспорта с учетом экологических показателей, стимулированию использования жителями Москвы малолитражных автомобилей, обеспечению реализации бензинов и дизельного топлива с экологическими характеристиками не ниже «Евро-3».

Данные меры позволяют в условиях непрерывного роста автопарка

столицы стабилизировать экологическую ситуацию в Москве.

Для получения наиболее значительного экологического эффекта следует значительно сокращать потребление жидкого нефтяного моторного топлива, обеспечивая замещение бензиновых и дизельных автомобилей на модели, использующие альтернативные экологически более чистые источники энергии.

Сегодня во всем мире этому направлению в развитии автотранспортных средств уделяется большое внимание. Во многих развитых странах активно ведутся экспериментальные работы по созданию автотранспортных средств с электроприводом, в том числе с гибридными силовыми установками. Основной проблемой, препятствующей их масштабному внедрению, является достаточно сложная и дорогая система управления гибридным приводом, а также высокая стоимость энергоемких источников аккумулирования энергии.

В части практического использования альтернативных видов моторного топлива наиболее масштабные результаты получены в области применения компримированного природного газа (КПГ). Многие известные автомобильные компании за рубежом наладили серийное

производство автомобильной техники на КПГ, постоянно развивается инфраструктура заправки КПГ.

В настоящее время в 76 странах мира на КПГ работают уже около 10 млн. автомобилей и находятся в эксплуатации более 15 тыс. автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Наибольшее количество автомобилей, работающих на КПГ, имеется в следующих странах:

- Пакистан – 2 млн. 250 тыс. ед.;
- Аргентина – 1 млн. 793 тыс. ед.;
- Иран – 1 млн. 638 тыс. ед.;
- Бразилия – 1 млн. 614 тыс. ед.

Россия, являясь мировым лидером по разведанным запасам и добыче природного газа, занимает всего лишь 14-е место, имея всего 100 тыс. автомобилей на КПГ.

В СССР работы по использованию КПГ на автотранспорте в 30-е гг. прошлого века носили опытный характер. С 50-х по 80-е гг. автозаводами ЗИЛ и ГАЗ газобаллонные грузовики на КПГ выпускались уже серийно. Было построено 394 АГНКС, из них 220 – в России. В Москве 10 АГНКС были расположены на МКАД. В предприятиях Главмосавтотранса Мосгорисполкома на КПГ работали 1600 грузовых автомобилей. И это в то время, когда вопросы экологии и сбережения ресурсов не стояли так остро как сейчас!

В 90-е гг. прошлого века, когда реализация программы на государственном уровне была прекращена, автомобильная промышленность прекратила производство газобаллонных автомобилей, и начался развал инфраструктуры. Образовался замкнутый круг, который не удается разорвать до настоящего времени. С одной стороны отечественные автопроизводители не видят смысла организовывать выпуск газобаллонных автомобилей до момента создания развитой сети заправок газом, с другой стороны – строить газовые заправки никто не желает до тех пор, пока не появится достаточного количества использующих КПГ автомобилей.

Тем не менее, в Москве в течение последних нескольких лет реализация фактически замороженных с советских времен проектов по использованию КПГ на автотранспорте возобновляется.



Вопрос перевода автобусов ГУП «Мосгортранс» на КПГ является составляющей частью городской целевой программы развития наземного городского пассажирского транспорта в Москве. В 11-м автобусном парке Москвы реализуется пилотный проект перевода линейного подвижного состава для работы на КПГ – с 2009 г. на КПГ здесь работают 130 автобусов. Поставляемые с 2008 г. газовые автобусы соответствуют требованиям «Евро-4». При этом газовое моторное топливо для них стоит почти в два раза дешевле дизельного. Однако необходимо отметить, что реализация проекта по переводу 11-го парка на КПГ, начатая в 2003 г., проводилась неудовлетворительно. Были затянуты сроки разработки проекта по реконструкции автопарка, не были реализованы планы по строительству газовой заправочной станции на прилегающей к парку территории.

В настоящее время согласованное решение данного вопроса найдено и отражено в проекте постановления. В частности, реконструкция автопарка по согласованию с Департаментом городского заказа капитального строительства будет начата уже в этом году. ГПЗУ на строительство АГНКС будет разработано Москомархитектурой до конца этого года и выставлено на конкурс. В результате решения этих задач в течение трех лет мы получим первый в России автобусный парк, который будет иметь передовую производственно-техническую базу, газонаполнительную заправочную станцию на прилегающей территории и выполнять пассажирские перевозки исключительно автобусами на КПГ. Одновременно планируется приступить к подготовке по переводу на КПГ подвижного состава еще пяти автобусных парков Москвы.

В феврале 2009 г. на Сколковском шоссе завершено строительство автокомбината ГУП «Мосавтохолод», ввод которого позволил не только обеспечить высококачественное транспортное обслуживание городских социальных объектов сразу в нескольких административных округах Москвы, но и создать во время непростой экономической ситуации 400 новых рабочих мест. На данном автопредприятии имеется возможность в реальных условиях проводить эксплуатационные



испытания образцов новой техники, дорабатывать ее, выдавать рекомендации по ее применению.

Сегодня этот автокомбинат обслуживает до 500 городских объектов. Крупные социальные объекты, имеющие закрытые территории (например, такие как городская клиническая больница им. С.П. Боткина), обслуживаются электромобильным транспортом с нулевым выбросом, другие – автомобилями на КПГ с экологическими характеристиками, соответствующими требованиям «Евро-5».

В течение этого года автокомбинат «Мосавтохолода» будет укомплектован автомобилями на КПГ и электромобильными в полном объеме. В результате выхода на проектную мощность это предприятие сможет доставлять продукты питания более чем в тысячу школ, детских садов, больниц и других социальных объектов Москвы. При этом благодаря инновационной высокотехнологичной производственно-технической базе и современной автомобильной технике транспортное обслуживание будет обеспечено с обязательным выполнением самых жестких санитарных и экологических норм.

Москва была и остается промышленным и инновационным центром страны. Ввод в строй подобных объектов является инструментом повышения качества жизни москвичей.

К настоящему времени в Москве количество автомобилей на КПГ выросло до 1 тыс. ед., потребление этого вида топлива автотранспортом городских предприятий за три года увеличилось в четыре раза и составило 6 млн. м<sup>3</sup>/г.

Однако следует признать, что все эти мероприятия носят локальный характер. Для решения экологических проблем на автотранспорте в масштабах всего города необходимо принятие кардинальных системных решений, которые бы соответствовали положениям Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.

Во многом проблемы развития данного направления обусловлены отсутствием требуемой инфраструктуры, в первую очередь заправочной. С 80-х гг. прошлого века строительство автозаправочных станций (АЗС) велось без учета необходимости размещения газовых заправочных устройств. Сегодня из 840 городских стационарных АЗС всего лишь четыре приспособлены для заправки автомобилей КПГ.

В результате транспорт различных автопредприятий можно заправлять либо на этих стационарных станциях, имея при этом значительные холостые пробеги, либо с передвижных газозаправочных пунктов, размещаемых на территории автокомбинатов.

Для крупных автотранспортных предприятий решение данного вопроса

в пользу размещения пунктов заправки на своей территории очевидно. Более мелким и индивидуальным автоперевозчикам необходима развитая сеть стационарных газозаправочных станций на территории города.

На сегодняшний день совместно с Москомархитектурой в городе подобран 21 такой участок для строительства АЗС. Все они запланированы к дальнейшей проработке. После проведения стандартных процедур согласования и оформления ГПЗУ данные участки будут закреплены распорядительным документом Правительства Москвы об их целевом использовании и выставлены на конкурс для определения инвестора застройки.

Особое значение уделяется вопросам транспортного обслуживания социальных объектов города. Это школы, детские сады, больницы. Здесь необходим системный подход, качество и высокая ответственность.

Проведенная в течение последнего времени совместно с комплексом социальной сферы Москвы организационная работа по использованию экологически чистого транспорта позволила сформулировать комплекс мер по масштабному развитию данного направления. Мы считаем, что школы, детские дошкольные учреждения, городские больницы и прочие городские социальные объекты должны стать **территориями повышенной экологической ответственности**. Допуск на эти территории может быть разрешен только транспорту с экологическими характеристиками не ниже «Евро-4», а в перспективе «Евро-5» и с нулевым выбросом.

В целях реализации этой задачи Департаментами образования, здравоохранения, природопользования и охраны окружающей среды, транспорта и связи предусмотрено формирование для утверждения правительством Москвы специального адресного перечня этих объектов. Кроме вышеперечисленных объектов, в указанный перечень могут быть включены магазины шаговой доступности, расположенные в жилых зонах, где вопрос использования экологически чистого и малошумного транспорта также весьма актуален.

При этом комплексное (системное) обслуживание включенных в адресный перечень объектов благодаря

использованию современных логистических методов и информационных технологий, внедрение которых активно в настоящее время ведется на подведомственных Департаменту транспорта предприятиях, позволит максимально сократить издержки при выполнении транспортных услуг.

Предусмотрено также, что уже в этом году для обслуживания объектов, включенных в адресный перечень (а мы считаем, что на первом этапе их будет не менее полутора тысяч), будет привлекаться исключительно экологически безопасный транспорт. В дальнейшем, по мере расширения адресного перечня территорий повышенной экологической ответственности, Департамент транспорта и связи при участии подведомственных предприятий гарантированно обеспечит высококачественное транспортное обслуживание всех включенных в перечень объектов экологически безопасным автомобильным транспортом, использующим альтернативные источники энергии.

Для решения поставленной задачи сделан упор на внедрение экономических механизмов стимулирования использования транспорта на альтернативных источниках энергии путем внесения изменений в нормативные документы. Даны конкретные поручения соответствующим департаментам о подготовке в кратчайшие сроки необходимых экономических обоснований по предоставлению налоговых льгот в отношении транспортных средств, использующих КПГ.

В первую очередь это касается отмены транспортного налога на газовые автомобили с экологическими характеристиками не ниже «Евро-4». Мы считаем, что на стадии развития указанного направления данный вид транспорта, как и во все мире, может быть освобожден от этого налога.

Во-вторых, необходимо освободить от уплаты налога на имущество автопредприятия, имеющие транспортные средства, использующие альтернативные источники энергии.

В-третьих, для автопредприятий, в автомобильном парке которых не менее 50% автомобилей, использующих альтернативные источники энергии, необходимо снизить размер ставки арендной платы за землю.

Что касается автозаправочных комплексов, то здесь проектом постановления предусмотрены поручения о подготовке экономических обоснований по снижению размера ставки арендной платы за землю, но только для тех, на которых реализация КПГ будет составлять не менее 30% от объема общей реализации топлива. При этом постановлением устанавливается правило, согласно которому в Москве прекращается практика строительства АЗС, если на них не предусмотрена возможность заправки автотранспорта компримированным природным газом, то есть новые АЗС должны быть многотопливными.

Федеральная поддержка в виде льгот, прямых или косвенных субсидий по переводу автотранспорта на КПГ на сегодняшний день практически отсутствует. Исключение составляет постановление правительства РФ от 15.01.1993 г. № 31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом», которое на производимый АГНКС компримированный природный газ устанавливает предельную отпускную цену в размере 50% от цены реализуемого в данном регионе бензина А-76.

Работа по внесению изменений в федеральное законодательство запланирована совместно с ОАО «Газпром». В первую очередь это касается постановления Правительства РФ от 5.02.1998 г. № 162 о правилах поставки газа в Российской Федерации. На сегодняшний день этот документ не учитывает необходимость увеличения поставок природного газа для автотранспорта по льготной цене. В случае недобора или перебора АГНКС ранее заявленного лимита газа из трубы производится уплата штрафных санкций. Мы считаем, что такая практика в отношении газовых автозаправочных станций недопустима. Крайне важно подготовить требуемые обоснования и обратиться в Правительство РФ с просьбой о внесении изменений в указанный документ.

При согласованной работе заинтересованных департаментов изменить нормативную и правовую базу, ориентируясь на обеспечение интенсивного пути развития экологически чистого автотранспорта, возможно в течение ближайших двух лет.

## ОАО «Промприбор» сегодня. Стратегия развития

**А.А. Барабанов,**

директор производства оборудования для сжиженных газов  
ОАО «Промприбор»

В данной статье приводится краткий анализ оборудования, работающего со сжиженными углеводородными газами, и нефтеналивного оборудования, выпускаемого ОАО «Промприбор». Рассматриваются перспективы развития предприятия и рынка нефтеналивного оборудования в целом.

**Ключевые слова:** комплексы для слива и налива сжиженных углеводородных газов, газораздаточные колонки УИЖГЭ, высокопроизводительные установки для измерения и учета сжиженных углеводородных газов УИЖГЭ, компоненты измерительных систем, фильтры, газоотделители, счетчики, клапаны, электронные системы контроля и автоматизации.

## JSC «Prompribor» today. Strategy of development

**A.A. Barabanov**

In the given paper the short analysis of the equipment working with liquefied hydrocarbonic gases and the bulk-oil equipment, produced by JSC «Prompribor» are given. Perspectives of development of the enterprise and the petrochemistry market as a whole are considered.

**Keywords:** complexes for unloading and loading of the liquefied hydrocarbonic gases, fuel dispensers UIZHGE, high-efficiency installations for measurement and the account of liquefied hydrocarbonic gases UIZHGE, a component of measuring systems, filters, gas-separator, gauges of fluids, flowmeters, valves, electronic systems of control and automation.

Что представляет собой промышленное предприятие сегодня? Это сложнейший механизм, все звенья которого настолько тесно взаимосвязаны, что даже малейший сбой может привести к простоя или, наоборот, к переагруженности производства. В любом случае результат всегда один – срывы заказов, испорченные отношения с поставщиками и клиентами.

Чтобы управлять современным промышленным предприятием в сегодняшних экономических условиях, надо быть в высшей степени профессионалом и контролировать все вспомогательные службы, от ко-

торых зависит весь производственный цикл.

ОАО «Промприбор» является классическим примером современного промышленного предприятия, вписавшегося в новые экономические условия и развивающегося в направлении повышения качества, снижения себестоимости продукции и повышения эффективности производства. Выпуск широчайшей номенклатуры продукции возможен при условии бесперебойного снабжения, грамотной логистики и эффективного маркетинга. Наша продукция охватывает практически все сферы деятельности

народного хозяйства. Нефтеперерабатывающие, пищевые, коммунальные, химические предприятия так или иначе используют нашу продукцию.

«Промприбор» сегодня – это группа компаний, разделенных по следующим направлениям в зависимости от вида производимой продукции (рис. 1):

1. Производство счетчиков, расходомеров и оборудования для сжиженных газов.
2. Производство нефтеналивного оборудования для железнодорожного и автомобильного транспорта.
3. Производство топливораздаточных колонок. ООО «Ливенка».
4. Производство электродвигателей и насосов. ООО «Электромаш».
5. Производство приборов безопасности автоцистерн.
6. Производство электронных изделий.
7. Литейное производство. ООО «Металлург».
8. Инструментальное производство. ООО «Инструмент».

Каждое производство выпускает свою номенклатуру продукции, количество видов которой исчисляется десятками, а в масштабах всего предприятия – сотнями.

Наибольший интерес для тематики журнала представляет оборудование и системы, служащие для измерения, учета и перевалки сжиженных углеводородных газов (СУГ). Любая измерительная сливно-наливная система включает в себя комплекс устройств, без которых невозможно нормальное ее функционирование.

В данной статье представлен весь спектр устройств, выпускаемых нашим предприятием для обеспечения почти всех технологических процессов на объектах, использующих СУГ, – от перегрузки до коммерческого учета при заправке автоцистерн и автомобилей.

### Комплексы для слива и налива СУГ

Главным условием при сливе и наливке является безопасность технологических процессов. Мы не перестаем



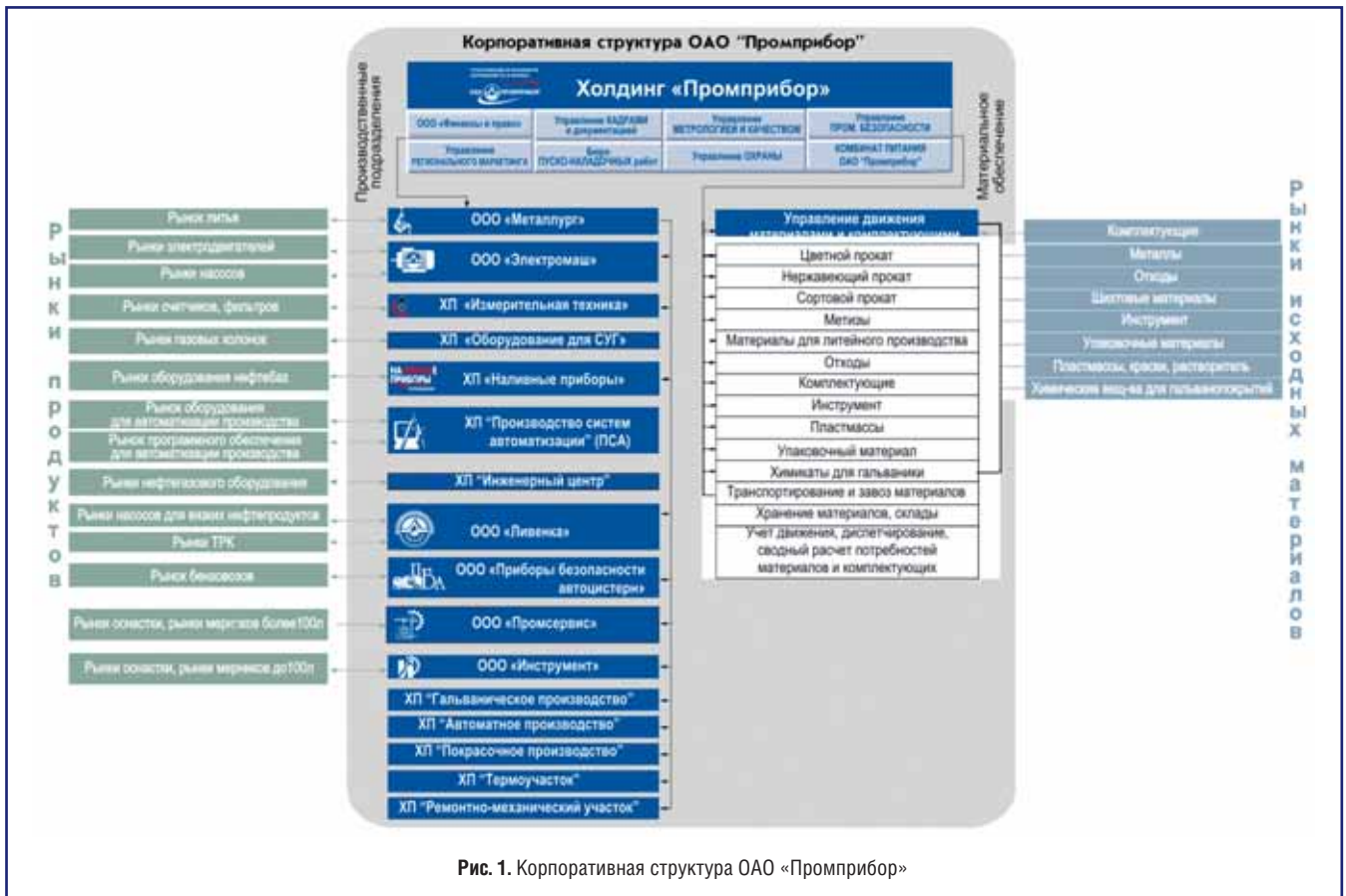


Рис. 1. Корпоративная структура ОАО «Промприбор»

утверждать, что применение резиновых рукавов при сливных или наливных операциях на железнодорожных эстакадах СУГ или при заправке автоцистерн надо запретить или ввести дополнительные, более жесткие требования безопасности, сводящие к минимуму риск возникновения аварийных ситуаций.

Мы стремимся к мировому уровню, поэтому уже давно ОАО «Промприбор» выпускает сливно-наливные устройства, заменяющие и по всем показателям превосходящие резиноканевые рукава. Причем диапазон применения



шарнирных трубопроводов настолько широк, что позволяет обслуживать все имеющиеся типы цистерн – от отечес-



твенных до импортных. Шарнирные трубопроводы могут использоваться в качестве стационарных трубопроводов с возможностью быстрого рассоединения или подключения. Мы приступили к серийному выпуску быстроразъемных устройств, абсолютно исключая какой-либо выброс паров СУГ в атмосферу. На рис. 2, 3 показаны комплексы для слива и налива автоцистерн и вагонов-цистерн.

### Газораздаточные колонки УИЖГЭ

Потенциал производства ОАО «Промприбор», подкрепленный практическим опытом и инженерными ресурсами, позволяет создавать оборудование высокого качества. После многих лет поисков, удачных решений и неизбежных ошибок мы создали газораздаточную колонку высокого качества (рис. 4), не уступающую импортным аналогам, имеющую ресурс работы не менее 5 млн. л и варианты дизайна, позволяющего использовать колонки и в отдаленных районах, и на центральных автомагистралях.

Если сравнивать конструкцию колонок 4-5-летней давности и выпускаемых в настоящее время, то общим между ними остался только принцип построения гидравлической части. В соответствии с международными рекомендациями в гидравлике наших колонок имеются газоотделители, фильтры, обратный, дифференциальный и электромагнитный клапаны, что является необходимостью, влияющей



Рис. 4. Модельный ряд колонок УИЖГЭ-20

на безопасность и точность измерений. В ходе проведенных усовершенствований мы отказались от многих, на наш взгляд, лишних исполнений с использованием турбинных и шестеренных преобразователей расхода.

Это не значит, что данные счетчики хуже или имеют плохое качество изготовления. В силу своих конструктивных особенностей они предназначены для работы в иных условиях, отличных от дозированного коммерческого отпуска продукта. Как правило, это работа на постоянных расходах при невысоком дифференциальном давлении. Наши газораздаточные колонки сегодня оснащаются поршневыми объемомерами, специально адаптированными для измерения количества СУГ. Здесь уместно сделать небольшое отступление.

Кризисный 2009 г. стал переломным для ОАО «Промприбор» в части более углубленного изучения всех затрат, необходимых для изготовления того или иного оборудования. Мы пришли к выводу, что любое сложное оборудование, тем более для измерения СУГ, требует совершенно иного подхода к конструкции и выбору материалов. Существует некий предел, ниже которого цена оборудования опуститься не может. Здесь и цена на материалы, и электронное оснащение, и применяемые новые технологии, а также внешний вид и многое другое. Мы всеми силами стремимся снизить себестоимость оборудования, но категорически против простейших устройств, имеющих низкую

цену, но отрицательно влияющих на надежность, качество и дизайн.

### Высокопроизводительные установки УИЖГЭ для измерения и учета СУГ

Прошло время, когда реализация СУГ владельцам АГЗС была прерогативой крупных централизованных компаний. Появляется все больше частных предпринимателей или небольших компаний, занимающихся поставкой СУГ и имеющих небольшие газонаполнительные станции (ГНС).

Для грамотной организации технологического процесса налива автоцистерн необходимо выполнение ряда требований:

- обеспечение безопасности;
- удобство эксплуатации и эргономичность оборудования;
- точные измерения и оперативный учет;
- быстрое и удобное оформление документов;
- формирование баз данных и продолжительное сохранение информации.



Рис. 5. Установка измерения СУГ УИЖГЭ-65

Очевидно, что все эти функции желательно иметь сразу в едином блоке. Мы производим установки измерения и учета СУГ (рис. 5, 6) при наливе или сливе автоцистерн, вагонов-цистерн, контейнер-цистерн, контролирующие каждый этап технологического процесса – выведение наливных устройств из гаражного положения, контроль заземления, проведение измерений, подготовка товарных накладных. У нас есть возможности



Рис. 6. Установка УИЖГЭ-32

производства установок с условными диаметрами от 25 до 200 мм. Такой широкий типовой ряд позволяет проводить измерение количества СУГ практически на всех существующих технологических этапах перегрузки сжиженных газов.

### Компоненты измерительных систем

При обзоре выпускаемого нами оборудования для СУГ необходимо обратить особое внимание на отдельные составляющие сложных измерительных систем, которые могут использоваться как самостоятельные узлы в технологических системах нефтехимических предприятий.

Опыт, приобретенный нами за 50 лет работы на рынке нефтеналивного оборудования, доказывает необходимость применения в любой измерительной системе следующих компонентов:

1. Фильтров.
2. Газоотделителей.
3. Средств измерения жидкостей (счетчиков).



4. Клапанов.
5. Электронных систем управления и автоматизации.

Каждый прибор из перечисленных групп выполняет только ему отведенную функцию, которые в совокупности делают измерительную систему точной, безопасной и надежной.

СУГ в силу своих физических свойств намного опаснее нефтепродуктов как при хранении, так и при реализации. Но отношение к оснащению объектов, использующих СУГ, у владельцев и контролирурующих организаций, мягко говоря, легкомысленное.

При работе с СУГ существует достаточно много ограничений или специальных условий, призванных свести к минимуму любые инциденты или аварийные ситуации. Сколько в России существует объектов, использующих сжиженные газы, на которых отлажена система автоматизации технологических процессов и автоматически контролируются давление,

температура, скорость потока, утечки и т.д.? Специалисты, имеющие отношение к данной сфере подтвердят, что немного.

Конечно, оснащение или переоснащение ГНС – это затратный процесс и в настоящих экономических условиях не всегда осуществимый, но тем не менее цена безопасности намного выше цены нового оборудования, а экономическая целесообразность очевидна. Мы не скрываем, что заинтересованы в поставке нашей продукции на такие объекты. С другой стороны, если мы имеем возможность внедрить новые технологии и оборудование, которые на порядок повысят

производительность и безопасность технологических операций, то мы не можем оставаться безучастными и мириться с тем, что большинство объектов, использующих СУГ, до сих пор работают по технологиям прошлого века.

**В 2011 г. ОАО «Промприбор» исполняется 50 лет. Это большой стаж для машиностроительного предприятия. Мы будем рады поделиться знаниями и опытом и всегда открыты для сотрудничества. Наши специалисты готовы выполнять самые сложные и нестандартные проекты.**

#### Адрес:

Россия, 303858, Орловская обл., г. Ливны, ул. Мира, 40  
Тел.: (48677) 316 37, 738 02, 315 07, Тел./факс: (48677) 316 56, 316 57, 322 46  
e-mail: sales@prompribor.ru http://www.prompribor.ru

#### Наши представительства:

1. ООО «ТД «Промприбор», г. Дзержинский, Московская обл., Университетский проезд, д. 1  
Тел./факс: +7(495) 550 4103, 550 0599, 550 1231
2. ООО «ТД «Промприбор-Санкт-Петербург», г. С.-Петербург, Лиговский проспект, д. 50, корп. 13, оф. 1  
Тел./факс: +7(812) 336 87 92, 716 16 24

**ГРУППА КОМПАНИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ, УЧЕТА И ПЕРЕВАЛКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ И СУГ**  
Информация о продукции на сайте [www.promizmeritel.ru](http://www.promizmeritel.ru)

**ОАО ПРОМПРИБОР**



- Газораздаточные колонки
- Установки объемного и массового учета для ГНС
- Насосы и насосные агрегаты
- Сливно-наливные комплексы
- Проектирование и монтаж

**Высокое качество и надежность!**

**Оборудование  
для АГЭС и ГНС**

**Наши знания и опыт для вашего успеха!**

E-mail: [gaz@prompribor.ru](mailto:gaz@prompribor.ru)

Консультации можете получить по тел. +7(48677) 315 07, 316 37



## Пост слива газа на АГЗС и определение технологических параметров слива газа из автомобильных баллонов

**Н.Г. Певнев,**  
зав. кафедрой СибАДИ, д.т.н.,  
**Э.Р. Раенбагина,**  
аспирантка СибАДИ

В статье приведены данные по отказам запорно-предохранительной арматуры автомобильных баллонов и убыткам из-за отсутствия постов слива. Предложена комбинированная принципиальная схема поста слива газа из автомобильных баллонов на АГЗС и приведены расчеты технологических параметров слива газа из автомобильных баллонов. Даны рекомендации по оптимизации диаметра заборной трубки в автомобильном баллоне.

**Ключевые слова:** анализ отказов, схема поста, автомобильный баллон, слив газа, запорно-предохранительная арматура баллона, технологические параметры.

## Post gas overflow on the AGFS and definition of technologic parameters of gas overflow from the car balloon

**N.G. Pevnev, E.R. Raenbagina**

Failures of locking safety armature of balloons and damages owing to the lack of overflow posts are given. The combined principled scheme of overflow post of gas from the car balloon on the AGFS is proposed and the calculation of technologic parameters overflow of gas from the car balloon is shown. Recommendations for optimization of diameter intake tube of the car balloon are given.

**Keywords:** locking safety armature of balloon failures analysis, post scheme, car balloon, gas overflow, locking safety armature of balloon, technologic parameters.

Эффективность использования сжиженного углеводородного газа (СУГ) в качестве моторного топлива для автомобильных двигателей доказана многолетней практикой. В силу этого в народном хозяйстве широко используются автомобили, работающие на СУГ. Дальнейшее увеличение парка таких автомобилей с каждым годом повышает актуальность проблемы их технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) [1].

Особенности газовой системы питания двигателя требуют выполнения при ТО и ТР ряда дополнительных специальных работ. Так, одной из специфических работ для автомобилей, работающих на СУГ, является слив сжиженного газа из автомобильных газовых баллонов. Выполнение ее регламентировано действующими нормативно-техническими документами и связано с качественным, безопасным проведением ТО и ТР, с соблюдением мер по пожаробезопасности и защите окружающей среды [2].



Рис. 1. Фрагмент аварийной ситуации

Обобщение сложившегося многолетнего опыта эксплуатации и технического обслуживания автомобилей, использующих в качестве моторного топлива СУГ, свидетельствует, что опорожнение автомобильных газовых баллонов от сжиженного газа необходимо проводить как в случаях, предписываемых нормативным документом [2], так и при возникновении аварийных ситуаций, особенно в зимнее время (рис. 1).



Рис. 2. Распределение количества происшествий по видам аварийных ситуаций



Рис. 3. Упущенная выгода из-за отсутствия поста слива газа (потери при учете аварийных ситуаций, тыс. руб.)

Данная ситуация произошла в результате выброса газа в атмосферу из-за неисправности обратного клапана выносного заправочного устройства (ВЗУ). Распределение количества происшествий, связанных с отказом запорно-предохранительной арматуры (ЗПА) баллонов, показано на рис. 2.

Пост слива СУГ служит не только для повышения безопасности эксплуатации газобаллонных автомобилей, но и существенно сокращает потери газа, а также другие потери (рис. 3).

Эти статистические данные получены при наблюдении за эксплуатацией автомобилей в течение двух лет в Советском административном округе г. Омск, где эксплуатируется порядка 12,5 тыс. газобаллонных автомобилей. Приведенная информация убедительно доказывает необходимость наличия поста слива СУГ из автомобильного баллона.

Реализация слива СУГ требует наличия в системе питания двух мест для присоединения шлангов, функции которых распределяются следующим образом: первый – для подвода к баллону избыточного давления (подводящий шланг); второй – для слива из баллона жидкой фазы и отсоса паровой фазы (сливной шланг).

Когда на автомобиль устанавливается баллон с моноблоком, газ из баллона слить невозможно, так как ВЗУ оборудовано обратным клапаном, а в магистрали подачи газа в двигатель в моноблоке установлен скоростной клапан. При увеличении скорости перемещения газа клапан перекрывает магистраль. Следовательно, для проведения операции слива газа из баллона необходимо вводить изменения в схему питания двигателя газом, устанавливая дополнительно тройник 9 в магистраль подачи газа в двигатель, к которому подсоединяется вентиль слива СУГ 10 и ВЗУ слива газа без обратного клапана 11. Причем в тройник со стороны двигателя необходимо установить скоростной клапан, демонтировав его из моноблока (рис. 4) [3]. На модернизацию системы питания, описанную выше, получен патент на полезную модель [4].

Упомянутым выше нормативным документом [2] предписывается возможность организации поста слива на АГЗС либо на специально организованной площадке на АТП, где хранятся и обслуживаются газобаллонные автомобили.

Вариант оборудования поста слива газа на АГЗС представлен на рис. 5. Представленный пост совмещен с заправочными колонками 23 АГЗС, которые оборудованы дополнительными устройствами 21 для сбора жидкой фазы

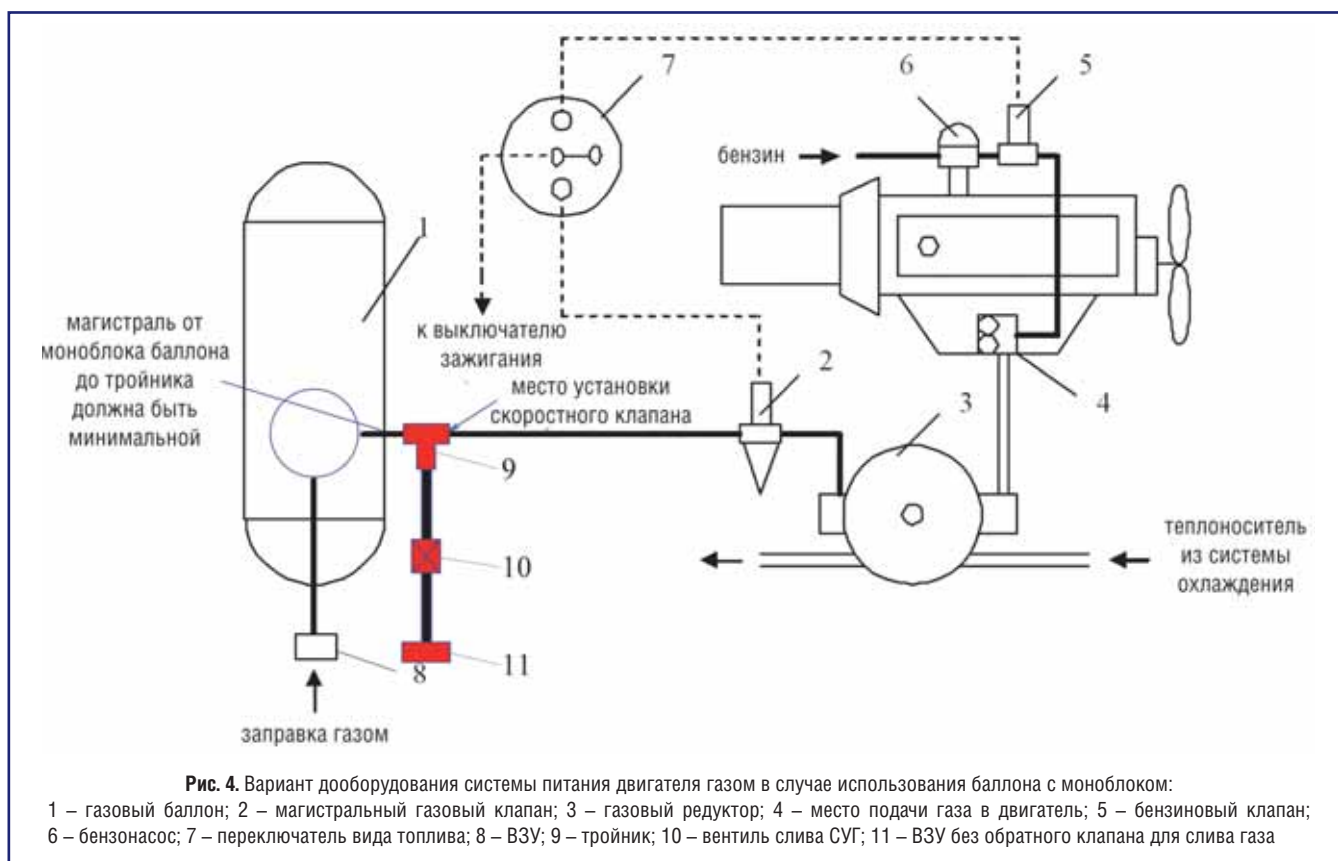
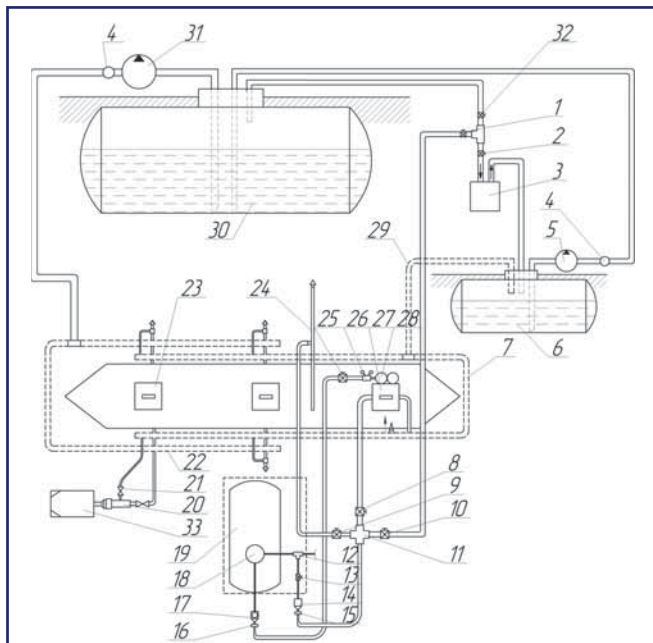


Рис. 4. Вариант дооборудования системы питания двигателя газом в случае использования баллона с моноблоком:

1 – газовый баллон; 2 – магистральный газовый клапан; 3 – газовый редуктор; 4 – место подачи газа в двигатель; 5 – бензиновый клапан; 6 – бензонасос; 7 – переключатель вида топлива; 8 – ВЗУ; 9 – тройник; 10 – вентиль слива СУГ; 11 – ВЗУ без обратного клапана для слива газа



**Рис. 5.** Комбинированная принципиальная схема поста слива газа из автомобильного баллона (в том числе и оборудованного моноблоком):

1, 2, 13, 32 – вентили; 3 – компрессор АВ-75; 4 – счетчик газа; 5 – открыто-вихревой насос FAS NZ153; 6 – сливной резервуар; 7 – магистраль сбора газа; 8 – вентиль слива жидкой фазы СУГ; 9 – вентиль на продувочную свечу; 10 – вентиль отсоса паровой фазы СУГ; 11 – соединительная крестовина; 12 – тройник; 14 – ВЗУ без обратного клапана; 15 – пистолет слива СУГ; 16 – пистолет подачи азота; 17 – ВЗУ; 18 – моноблок; 19 – газовый баллон; 20 – заправочный пистолет; 21 – устройство сбора газа; 22 – заправочная магистраль; 23 – заправочная колонка; 24 – продувочная свеча; 25 – вентиль подачи азота или природного газа; 26 – понижающий редуктор; 27 – сливная колонка; 28 – баллон с азотом или природным газом; 29 – труба газовая дюймовая сальная бесшовная; 30 – резервуар хранения АГЗС; 31 – вихревой насос С-5/200; 33 – заправляемый автомобиль на АГЗС

из трубопровода ВЗУ автомобиля до момента разъединения с заправочным пистолетом 20 [5].

При этом слив газа из автомобильных баллонов с моноблоком будет производиться следующим образом (рис. 5). К ВЗУ 17 подсоединяется пистолет подачи азота 16 или природного газа. К ВЗУ без обратного клапана 14 для слива газа подсоединяется пистолет слива СУГ 15. Затем открывается вентиль слива газа 13, и под давлением природный газ подается через заправочное устройство. Жидкая фаза газа вытесняется из баллона 19 в сливную магистраль 7 сбора газа и поступает в сливной резервуар 6.

В случаях, когда на автомобиль установлен баллон с вентилем, слив СУГ не представляет затруднения при наличии оборудованного поста слива, так как имеется возможность подсоединить сливной и подводящий шланги к имеющимся вентилям на баллоне.

С физической точки зрения под термином «слив сжиженного газа из автомобильного баллона» следует понимать выдавливание из него избыточным давлением жидкой фазы СУГ и перемещение ее в сливной резервуар, отсос из баллона паровой фазы СУГ и перекачивание ее тоже в сливной резервуар с последующей продувкой

автомобильного баллона азотом. Избыточное давление в опорожняемом баллоне можно обеспечить путем подачи в него паровой фазы СУГ, компримированного природного газа (КПГ) или инертного газа.

Важным условием для организации поста слива является знание технологических параметров поста слива. Основными технологическими параметрами такого процесса слива являются:

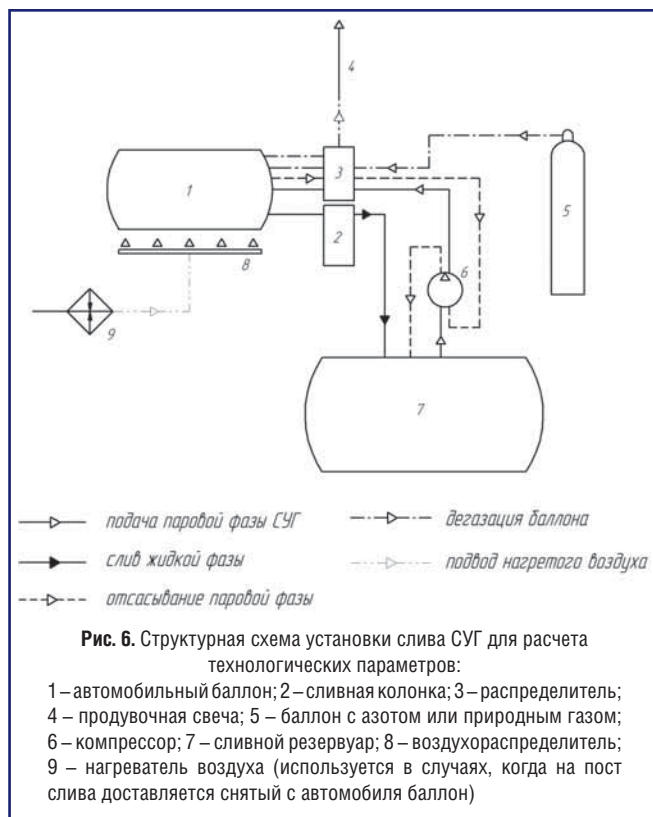
- время и давление, необходимое для слива жидкой фазы;
- время отсасывания паровой фазы и конечное давление в баллоне;
- время и давление при дегазации внутренней полости опорожняемого баллона.

Эти параметры обуславливают продолжительность полного слива СУГ из баллона, а значит, и время нахождения автомобиля на посту слива. Естественно, количественные значения их должны быть технически обоснованы.

На рис. 5 приведена комбинированная принципиальная схема поста слива газа и заправки автомобилей, а для расчета технологических параметров желательно для большей наглядности использовать структурную схему установки для слива газа, которая представлена на рис. 6 и является составной частью рис. 5.

Время слива жидкой фазы СУГ  $\tau_{ж}$  зависит от ее объема в баллоне и определяется из условия постоянства расхода через сливной шланг. Этот расход лимитируется максимально допустимой скоростью движения жидкой фазы (3 м/с), исключающей возникновение кавитации. С учетом данного ограничения  $\tau_{ж}$  возможно рассчитать по формуле

$$\tau_{ж} = 25,48 V_{ж} d^{-2},$$



**Рис. 6.** Структурная схема установки слива СУГ для расчета технологических параметров:

1 – автомобильный баллон; 2 – сливная колонка; 3 – распределитель; 4 – продувочная свеча; 5 – баллон с азотом или природным газом; 6 – компрессор; 7 – сливной резервуар; 8 – воздухораспределитель; 9 – нагреватель воздуха (используется в случаях, когда на пост слива доставляется снятый с автомобиля баллон)



где  $V_{ж}$  – объем жидкой фазы СУГ в баллоне, м<sup>3</sup>;  $d$  – внутренний диаметр сливного шланга, м.

Для нормального (без кавитации) слива жидкой фазы давление в автомобильном баллоне должно быть больше давления в сливном резервуаре на величину потерь в магистрали слива

$$P_6 = P_p + H_c,$$

где  $P_6$  – давление в автомобильном баллоне, необходимое для слива жидкой фазы СУГ, МПа;  $P_p$  – давление насыщенных паров СУГ в сливном резервуаре, МПа;  $H_c$  – общие потери давления в магистрали слива, МПа.

Общие потери давления (напора) в сливной магистрали равны сумме потерь на трение о стенки шланга, на местные сопротивления, потерь в выходном сечении и гидростатического напора. Для определения  $H_c$  магистраль слива разбиваем на отдельные участки, на каждом из которых потери на трение и местные сопротивления будут иметь различные значения. Если принять, что потери на местные сопротивления составляют 1,3% от потерь на трение о стенки шланга, то для определения общих потерь давления в сливной магистрали справедливо выражение

$$H_c = \frac{1,013 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{жс} \cdot \sum_1^K \lambda_i \cdot \ell_i \cdot V_i^2}{2d_i} + \frac{10^{-6} \cdot \rho_{жс} \cdot d_i V_i^2}{2} - 9,81 \cdot 10^{-6} \cdot \rho_{жс} (h_H - h_K),$$

где  $\rho_{жс}$  – плотность жидкой фазы ГСН, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda_i$  – коэффициент трения на  $i$ -м участке;  $\ell_i$  – длина  $i$ -го участка, м;  $V_i$  – средняя скорость потока на  $i$ -м участке (определяется из условия постоянства расхода), м/с;  $d_i$  – диаметр проходного сечения  $i$ -го участка, м;  $h_H$  –  $h_K$  – количество участков на магистрали слива.

Анализируя результаты расчета  $H_c$ , заключаем, что с уменьшением диаметра приемной трубки ( $d_{пт}$ ) расходного вентиля с 8 до 4 мм потери давления в сливной магистрали независимо от времени года возрастают в 12,7-12,8 раза. Поэтому  $d_{пт}$  следует считать одним из основных факторов, влияющих на  $P_6$ . Во всех рассмотренных случаях в зимнее время года потери давления больше в 1,16-1,17 раза, чем в летнее. Это обусловлено увеличением плотности жидкой фазы СУГ с уменьшением температуры.

Давление насыщенных паров в сливном резервуаре  $P_p$  зависит от марки СУГ, температуры окружающей среды, которая обуславливается его расположением (наземным или подземным), и времени года (зима, лето). Так, в наземном резервуаре  $P_p$  будет в пределах 0,07-1,0 МПа при изменении температуры окружающего воздуха от -40°C до +40°C. При подземной установке сливного резервуара температура окружающей его среды (грунта), а значит и СУГ изменяется незначительно: от -3°C зимой до +11°C летом. Следовательно, давление насыщенных паров СУГ в нем лежит в пределах 0,30-0,46 МПа.

Суммируя давление насыщенных паров СУГ в сливном резервуаре и общие потери давления в магистрали слива, находим давление в автомобильном баллоне, необходимое

для слива жидкой фазы СУГ. Полученные результаты свидетельствуют о следующем. Во всех рассматриваемых вариантах давление  $P_6$  при  $d_{пт} = 4$  мм в 1,4-4,2 раза больше значения  $P_6$  при  $d_{пт} = 8$  мм. Причем наибольшее превышение наблюдается в зимний период при наземном расположении сливного резервуара. В случаях, когда  $d_{пт}$  равен 6 и 8 мм, величины  $P_6$  имеют близкие значения. Следовательно, для снижения энергетических затрат на слив СУГ из автомобильных баллонов приемные трубки их расходных вентилях жидкой фазы диаметром 4 мм должны быть заменены на трубки с  $d_{пт} = 6-8$  мм.

Расположение сливного резервуара также оказывает существенное влияние на давление, необходимое для слива жидкой фазы СУГ. Так, наибольшее ( $t = +40^\circ\text{C}$ ) и наименьшее ( $t = -40^\circ\text{C}$ ) значения  $P_6$  имеют место при наземном расположении сливного резервуара. Этот факт вызван тем, что давление паров СУГ в автомобильном баллоне в этом случае равно давлению в сливном резервуаре. Чем выше температура окружающего воздуха, тем больше  $P_6$ .

При подземной же установке сливного резервуара давление в нем не равно давлению насыщенных паров СУГ в автомобильном баллоне. Причем температура резервуара изменяется в меньших пределах. Это приводит к тому, что разница величины  $P_6$  в летний и зимний периоды составляет 0,01-0,14 МПа. Поскольку давление в подземном резервуаре изменяется незначительно, а фактическое давление насыщенных паров СУГ в автомобильном баллоне может повыситься до 1,0 МПа, то в летний период при  $t > +30^\circ\text{C}$  слив жидкой фазы СУГ из баллона можно производить без повышения давления в нем. С точки же зрения дополнительных энергетических затрат слив СУГ более выгодно производить в подземный сливной резервуар.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что давление, необходимое для слива жидкой фазы СУГ, изменяется в широких пределах в зависимости от расположения сливного резервуара, температуры автомобильного баллона, диаметра приемной трубки расходного вентиля жидкой фазы и марки СУГ. Использование полученных значений  $P_6$  на практике затруднительно. Хотя бы потому, что водитель автомобиля не всегда точно знает, какая марка СУГ залита в баллон его автомобиля и какой диаметр приемной трубки расходного вентиля жидкой фазы СУГ в баллоне. Поэтому для практического применения по усредненным физическим свойствам различных смесей СУГ строились графические зависимости  $P_6 = f(P_p)$ . По ним определялись средние значения  $P_6$ .

Проверка их адекватности по критерию Фишера при риске 0,1 показала, что точность их определения достаточна для использования в производственных условиях (при условии замены приемных трубок с  $d_{пт} = 4$  мм на трубки с  $d_{пт} = 6-8$  мм).

После слива основной массы жидкой фазы СУГ внутренняя полость баллона будет заполнена некоторым количеством несливаемого остатка жидкой фазы и паровой фазой СУГ. Паровая фаза СУГ отсасывается из баллона и перекачивается в сливной резервуар. При этом в баллоне

создается разрежение, а несливаемый остаток паровой фазы начинает интенсивно испаряться. Величина этого разрежения должна быть ниже давления упругости насыщенных паров основных компонентов СУГ при низких температурах окружающего воздуха. Но в то же время оно не может быть слишком низким из-за возможности деформации баллона.

Расчеты показали, что при давлении внутри баллона 10 кПа обеспечивается испарение основных компонентов несливаемого остатка жидкой фазы СУГ (пропана, бутана, изобутана) и исключается возможность деформации обечайки баллона (допустимое избыточное наружное давление на обечайку в 13,0-19,3 раза больше фактического).

Объем паров СУГ, образующихся в баллоне при снижении давления до 10 кПа, равен

$$V_n = (V_a - V_{но}) + \rho_{ж} V_{но} R T_{ж} Z_c (10^4 \mu_{см})^{-1},$$

где  $V_a$  – полный объем автомобильного баллона, м<sup>3</sup>;

$V_{но}$  – объем несливаемого остатка жидкой фазы СУГ, м<sup>3</sup>;

$\rho_{ж}$  – плотность жидкой фазы СУГ, кг/м<sup>3</sup>;

$R$  – универсальная газовая постоянная;

$T_{ж}$  – температура несливаемого остатка жидкой фазы

СУГ при испарении, К;

$Z_c$  – коэффициент сжимаемости смеси;

$\mu_{см}$  – молекулярная масса смеси СУГ, кг/кмоль.

Время, затрачиваемое на отсос из баллона образующихся паров СУГ, находится по формуле

$$\tau_o = V_n / Q_k,$$

где  $Q_k$  – производительность компрессора, м<sup>3</sup>/ч.

Так как время отсоса паровой фазы СУГ зависит от объема баллона, производительности компрессора, интенсивности испарения несливаемого остатка жидкой фазы СУГ, то на практике его следует устанавливать по стабильности конечного давления в баллоне. Отсос паров нужно прекращать, если давление в баллоне в течение 2-3 мин не превышает 12 кПа. Это соответствует разрежению в баллоне по вакуумметру, равному 91 кПа.

Дегазация баллона производится путем выдавливания паровой фазы СУГ, оставшейся в нем после отсасывания, и последующей продувки внутренней полости баллона предпочтительно азотом. Продолжительность дегазации рационально определять из расчета 1 мин на 50 л объема. При этом обеспечивается меньшая скорость подачи азота в баллон. Расход азота на дегазацию не должен превышать двух объемов дегазируемого баллона. В этом случае обеспечивается постоянство часового расхода азота.

Давление на выходе из продувочной свечи принимаем на 5% больше нормального атмосферного давления. Тогда давление, необходимое для дегазации ( $P_{\partial}$ ), будет равно

$$P_{\partial} = 1,05P + \sum_{i=1}^n (P_{ni} - P_{ki}),$$

где  $P$  – нормальное атмосферное давление, МПа;

$n$  – количество участков магистрали дегазации;

$P_{ni}$ ,  $P_{ki}$  – давление азота в начале и конце  $i$ -го участка магистрали дегазации, МПа.

Давление в начале каждого участка определяется по формуле

$$P_{ni} = [P_{ki} + 14,22\rho_u l_i (K_z / d_i + 32,03v_u d_i)^{0,25} (36/d_i^5)]^{0,5},$$

где  $\rho_u$  – плотность азота, кг/м<sup>3</sup>;

$l_i$  – длина  $i$ -го участка, м;

$K_z$  – эквивалентная абсолютная шероховатость стенки трубопровода, м<sup>2</sup>/мм;

$d_i$  – внутренний диаметр трубопровода  $i$ -го участка, мм;

$v_u$  – кинематическая вязкость азота, м<sup>2</sup>/с.

Во всех рассматриваемых вариантах давление, необходимое для дегазации баллонов с  $d_{пт} = 4$  мм, больше давления при  $d_{пт} = 8,0$  мм в 2,0-2,4 раза. Причем наибольшее превышение соответствует зимнему периоду.

Продолжительность полного слива из баллона сжиженного газа определяется суммой времени на слив жидкой фазы СУГ, на отсос паровой фазы СУГ и на дегазацию внутренней полости баллона

$$\tau_{сл} = \tau_{ж} + \tau_o + \tau_d,$$

где  $\tau_{сл}$  – время полного слива СУГ, мин.

## Выводы и рекомендации

1. По причине отказов ЗПА автомобильных баллонов и отсутствия постов слива предприятия, эксплуатирующие газобаллонные автомобили, несут существенные убытки и наносят вред окружающей среде.

2. Посты слива газа из автомобильных баллонов крайне необходимы для организации безопасной эксплуатации ГБА, что подтверждается статистикой эксплуатации этих автомобилей в крупных городах.

3. С учетом минимизации энергетических затрат на слив газа в разное время года необходимо устанавливать в баллоне заборные трубки с диаметром не менее 6 мм, что подтверждается вышеприведенными расчетами.

## Литература

1. Федеральный закон «Об использовании альтернативных видов моторного топлива». – 2005.

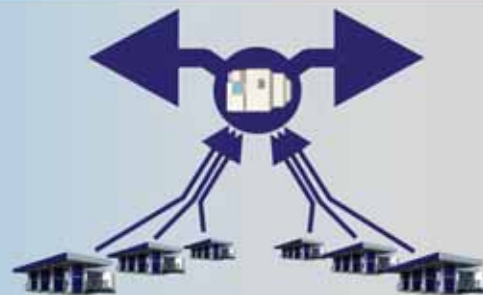
2. РД 03112194-1094-03 «Руководство по организации эксплуатации газобаллонных автомобилей, работающих на сжиженном нефтяном газе». НИИАТ, ДАТ Минтранса РФ, 2003.

3. **Певнев Н.Г.** Обоснование необходимости совершенствования системы питания двигателя СУГ. – Н.Г. Певнев, Э.Р. Раенбагина. – Транспорт на альтернативном топливе. – 2009. – № 1. – С. 18-19.

4. Полез. модель 90137 РФ : МПК F 02 M 21/02: Двухтопливная система питания двигателя. – Н.Г. Певнев, Э.Р. Раенбагина, А.П. Елгин; СибАДИ. – №2009132044/22; заявл. 25.08.2009; опубл. 27.12.2009, Бюл. № 36.

5. **Певнев Н.Г.** Рекомендации по повышению безопасности эксплуатации автомобильных газовых баллонов. – Н.Г. Певнев, А.П. Елгин. – АГЗК+АТ. – 2004, № 6. – С. 20-21.

# МИРОВЫЕ СТАНДАРТЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЛАСТИКОВЫХ КАРТ В СЕТЯХ АГНКС, АГЗС, АЗС !!!



ТОПЛИВНЫЕ КАРТЫ И УДАЛЁННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАРТАМИ ОНЛАЙН  
ПРОГРАММЫ ЛОЯЛЬНОСТИ ОНЛАЙН (СКИДКИ, БОНУСЫ, ЛОТЕРЕИ)  
ПРИЁМ МЕЖДУНАРОДНЫХ БАНКОВСКИХ ПЛАСТИКОВЫХ КАРТ

## ИНТЕГРИРОВАННЫЙ ВАРИАНТ ОСНАЩЕНИЯ



## ООО ФЛИТ КАРДС

123060, Россия,  
г. Москва, Ул. Берзарина, д.36, стр. 11  
Тел.: +7(985) 970 59 74, +7(495) 380 07 97  
info@fleetcards.ru





## На Горьковском автозаводе начат выпуск серийного газобаллонного автомобиля «ГАЗель-Бизнес», работающего на СУГ

В апреле 2010 г. компания «Группа ГАЗ» начала производство коммерческого автомобиля ГАЗ-33025 «ГАЗель-Бизнес», работающего на бензине и на сжиженном углеводородном газе (СУГ). Этот проект является пилотным для России, поскольку ранее серийно коммерческие автомобили с газобаллонным оборудованием (ГБО) не выпускались. Прежде ГБО устанавливалось лишь мелкими предприятиями на серийно выпускаемые автомобили с бензиновыми двигателями. Таких компаний, имеющих лицензии на установку ГБО, в любом российском городе в настоящее время достаточно много.



Автомобиль ГАЗ-33025 «ГАЗель» на СУГ

**П**о экспертной информации, 35-50% коммерческих автомобилей с бортовой платформой «ГАЗель» после выпуска с заводского конвейера переводятся на газовое моторное топливо на вторичном рынке. Однако только производитель серийных автомобилей сможет обеспечить владельцам техники достаточно высокое качество комплектующих и полноценное сервисное обслужива-

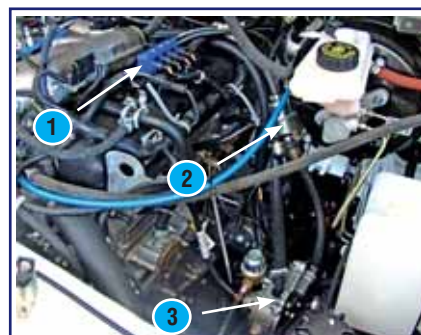
ние автомобилей, а также его безопасную эксплуатацию и соответствие требованиям существующего законодательства.

Популярность установки ГБО объясняется более низкой стоимостью газомоторного топлива, которое почти в два раза дешевле бензина. Это позволяет значительно снизить эксплуатационные расходы на газобаллонный автомобиль. Установка ГБО

на коммерческие автомобили наиболее целесообразна при интенсивной эксплуатации: использование ГБО в этом случае повышает рентабельность автотранспортного средства почти на 20%.

При реализации проекта по производству автомобильной техники с ГБО «Группа ГАЗ» выбрала в качестве базового продукта модернизированный автомобиль «ГАЗель-Бизнес» с улучшенными потребительскими характеристиками, выпуск которого начался в феврале 2010 г. На первом этапе серийного производства газобаллонным оборудованием оснащаются бортовые модификации и шасси «ГАЗели-Бизнес», затем двухтопливные двигатели будут устанавливаться и на автобусы с фургонами.

### Конструкция автомобиля

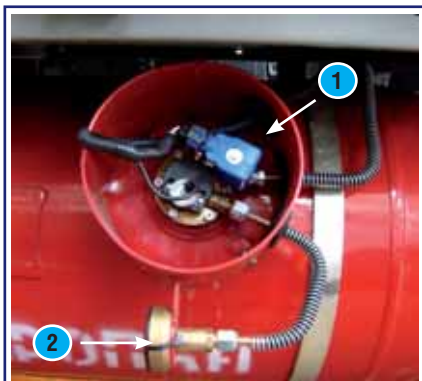


Подкапотное пространство «ГАЗель-Бизнес» с ГБО:  
1 – блок газовых форсунок; 2 – фильтр газовой фазы; 3 – газовый редуктор

«Группа ГАЗ» разработала оригинальную компоновку установки ГБО на автомобиль, которая отличается от тех, что делают компании-доработчики автомобилей.



Установка газового баллона



Установка заправочного устройства и мультиклапана:  
1 – мультиклапан; 2 – выносное заправочное устройство

Для «ГАЗели-Бизнес» разработаны специальные, отвечающие требованиям повышенной безопасности, кронштейны крепления газовых баллонов на автомобиль.

### Газовое оборудование

Партнером «Группы ГАЗ» в проекте выступает итальянская компания «OMVL» – производитель газобаллонного оборудования с мировым именем. Эта компания является поставщиком оборудования для большинства ведущих международных автопроизводителей, таких как «PSA Peugeot Citroen», «Volkswagen-FAW», «Iran Kohdro», «Saipa» и других. Компания «OMVL» разработала газобаллонное оборудование, установленное на «ГАЗель», и приняла участие в организации производства совместно с инженерами «ГАЗа». Кроме того, компания «OMVL» провела обучение дилеров «ГАЗа» по послепродажному обслуживанию автомобилей. При разработке ГБО для «ГАЗели» компания «OMVL» использовала весь свой опыт, приобретенный за годы присутствия на российском рынке. Газобаллонное оборудование «OMVL» соответствует европейским стандартам, а также экологическим нормам «Евро-3» и «Евро-4». Обладая 20-летним опытом, компания «OMVL» самостоятельно разрабатывает и производит комплектующие газового оборудования, полностью контролируя процесс и качество своей продукции.

Основные элементы конструкции «ГАЗель-Бизнес» с ГБО

**Газовый редуктор-испаритель** – двухступенчатый, объединен с электромагнитным запорным газовым клапаном и фильтром жидкой фазы.

Снижает давление газа и превращает жидкую фазу в газообразную. Сертифицирован на соответствие Правилам № 67 (01) ЕЭК ООН.



**Мультиклапан** – блок арматуры на баллоне со всем необходимым набором защитных клапанов в соответствии с требованиями Правил № 67 (01) ЕЭК ООН:

- предохранительный клапан (открывается при увеличении давления в баллоне выше 2,2 МПа);
- пожарный клапан (сбрасывает газ в случае повышения температуры и давления);
- скоростной клапан (перекрывает подачу газа в случае обрыва расходной магистрали);
- наполнительный клапан (прекращает заправку баллона газом при заполнении баллона на 80% в соответствии с законодательными требованиями);



■ дистанционно открываемый расходный электромагнитный клапан, дублируемый механическим.

**Фильтр газовой фазы** – обеспечивает более тонкую фильтрацию газа. Сертифицирован на соответствие Правилам № 67 (01) ЕЭК ООН.



**Блок газовых форсунок** – обеспечивает подачу необходимого количества газа в двигатель. Сертифицирован на соответствие Правилам № 10 (02), № 67 (01), № 110 (00) ЕЭК ООН.



**Электронный блок управления (газовый)** – дополнительно к бензиновому, обеспечивает управление и безопасную работу системы питания двигателя газовым топливом. Специально откалиброван под двигатель УМЗ-4216. Сертифицирован на соответствие Правилам № 67 (01), № 110 (00), № 10 (02) ЕЭК ООН.





## Переключатель вида топлива.

Система также оснащена переключателем вида топлива с 5-диодным индикатором уровня газа в баллоне.



## Адаптированный двигатель.

Для работы на бензине и СУГ Ульяновский моторный завод «Группы ГАЗ» разработал специальную модификацию двухтопливного двигателя УМЗ-42167. На главный конвейер Горьковского автозавода двигатель поступает с газовыми форсунками, шлангами, штуцерами и кронштейнами.

**Баллон автомобильный газовый.** На серийных автомобилях установлены баллоны емкостью 100 л производства московской компании «Балсити», имеющей в г. Брянск собственный завод по изготовлению газовых баллонов для СУГ. Это единственный в России производитель автомобильных газовых баллонов для СУГ, который прошел добровольную и обязательную сертификацию на соответствие Правилам № 67 (01) ЕЭК ООН.



Оставшиеся компоненты газовой аппаратуры «OMVL» (выносное заправочное устройство, датчики давления и температуры газа, трубопроводы высокого давления и газовые шланги) также сертифицированы на соответствие Правилам № 67 (01) ЕЭК ООН.

## Проверка автомобиля

До поступления к конечному потребителю автомобиль «ГАЗель-Бизнес» проходит тройной контроль в соответствии с новой системой качества производства, внедренной в 2009 г. на Горьковском автозаводе. Проверка качества выпускаемых автомобилей «ГАЗель-Бизнес» с ГБО включает в себя контроль герметичности газовой системы сжатым воздухом на специально разработанном стенде.



Стенд для опрессовки сжатым воздухом

К газовому редуктору подсоединяется автономный источник питания и

проверяется работоспособность автомобиля на газовом топливе. Оператор диагностирует с помощью специальной программы возможные неисправности и ошибки в газовой системе. Только после тотальной проверки герметичности и при отсутствии неисправностей автомобиль «ГАЗель-Бизнес» сходит с конвейера и отправляется к дилеру. Дилер со своей стороны проводит предпродажную подготовку автомобиля: заправляет его сжиженным углеводородным газом и также проверяет герметичность и работоспособность основных узлов. Только после всех этапов контроля автомобиль попадает к конечному потребителю.

При этом «ГАЗель-Бизнес» в новой модификации сохраняет ценовое преимущество самого популярного в России коммерческого автомобиля: его розничная цена лишь на 26 тыс. руб. превышает стоимость базовой модели. Гарантия на элементы двигателя и газового оборудования сохраняется в пределах заводской гарантии на автомобиль (два года или 100 тыс. км).

Ниже в таблице приведены технические характеристики автомобиля «ГАЗель-Бизнес», работающего на СУГ.

### Технические характеристики автомобиля «ГАЗель-Бизнес»

| Применяемое моторное топливо  | Бензин Аи-92, СУГ  |
|---|--|
| Колесная формула  | 4x2  |
| Полная масса автомобиля, кг   | 3500   |
| Грузоподъемность, кг  | 1460   |
| Базовый двигатель   | УМЗ – 42167 (двухтопливный)  |
| Система питания двигателя (бензиновая)  | Распределенный впрыск топлива                                      |
| Экологический класс   | «Евро-3»   |
| Максимальная мощность двигателя при работе на бензине, кВт (л.с.) при мин <sup>-1</sup>       | Не менее 78,5 (106,8) при 4 000                                    |
| Максимальный крутящий момент двигателя при работе на бензине Н•м(кгс•м) при мин <sup>-1</sup> | Не менее 220,5 (22,5) при 2 500                                    |
| Расход топлива (бензина) при движении с постоянной скоростью 60 км/ч, л/100км                 | Не более 11  |
| Система питания двигателя (газовая)   | Система распределенной последовательной подачи газа 4-го поколения |
| Поставщик газового оборудования   | «OMVL» (Италия)  |
| Экологический класс   | «Евро-3»   |
| Максимальная мощность двигателя при работе на СУГ, кВт (л.с.) при мин <sup>-1</sup>           | Не менее 72,6 (98,7) при 4 000                                     |
| Максимальный крутящий момент двигателя при работе на СУГ, Н•м(кгс•м) при мин <sup>-1</sup>    | Не менее 200 (20) при 2 500  |
| Расход топлива (СУГ) при движении с постоянной скоростью 60 км/ч, л/100 км                    | Не более 12,5  |
| Система управления подачей газа   | Отдельный газовый ЭБУ  |
| Емкость газового баллона (полная), л  | 100  |
| Пробег на одной заправке (только СУГ), км   | 400-440  |
| Максимальная скорость при движении на СУГ, км/ч   | 125  |

По материалам «Группы ГАЗ» (Based on the information provided by GAZ Group)



## Экспертное заключение специалиста по оценке ГБА «Газель-Бизнес»

**А.Ю. Банковский,**  
технический директор ООО «Италгаз-Групп»

Несмотря на то, что на проектной стадии создания автомобиля «Газель-Бизнес» специалисты компании «Италгаз» принимали непосредственное участие в подготовке и монтаже оборудования на тестовые «Газели», встреча с серийным автомобилем все равно была для меня неожиданностью. Просто невозможно представить себе, чтобы модификация серийно изготовленной газобаллонной «Газели-Бизнес» на СУГ, созданная в кратчайшие для российского производства сроки, была настолько хороша. Тем не менее, осматривая заводскую модель «Газель-Бизнес» со смонтированной на ней газотопливной системой итальянской фирмы «OMVL», я не мог отделаться от ощущения, что смотрю на автомобиль, серийно сошедший с конвейера где-нибудь в Европе.

**П**оставив перед собой задачу найти «ложку дегтя в бочке меда», я приступил к осмотру автомобиля.

### 1. Баллон, запорная арматура, элементы крепления баллона

На «Газели-Бизнес» установлен 100-литровый баллон диаметром 400 мм производства российской фирмы «Балсити». От баллона, поставляемого на вторичный рынок, его отличает приваренная к корпусу баллона защитная коробка мультиклапана, на которую приварен крепеж для выносного заправочного устройства (ВЗУ). Качество баллонов фирмы «Балсити» никогда не вызывало нареканий, поэтому пользователь может быть абсолютно спокоен. Тем более что на баллон устанавливается мультиклапан класса «А» с пожарным клапаном и дополнительным электромагнитным клапаном, перекрывающим подачу СУГ при остановке двигателя. Все функции безопасности, необходимые согласно текущим требованиям к запорной арматуре, здесь реализованы в полном объеме. Кстати, расходная и заправочная магистрали имеют

внешний диаметр 8 мм и изготовлены из медной трубки с толщиной стенки в 1 мм в оболочке из ПВХ. При демонтаже мультиклапана выяснилось, что и заборная трубка у него того же самого диаметра в 8 мм! Заметим, что на вторичном газомоторном рынке большинство мультиклапанов имеют заборную трубку диаметром всего 6 мм.

Слегка непривычно выглядят крепеж ВЗУ и ориентация самого заправочного устройства вдоль оси баллона, однако, это был единственный вариант выполнить требования ТУ по размещению выносного заправочного устройства. Напомню, что большинство установщиков на вторичном рынке размещают ВЗУ на кузове автомобиля, что недопустимо, поскольку кузов отделен от рамы, к которой крепится баллон, подвижными элементами (подушками), и вибрация может привести к ослаблению узлов соединения трубки с ВЗУ и мультиклапаном.

Крепеж баллона выглядит как визитная карточка заводского проекта – не ясно только, какой запас прочности там заложен, но внешне

кронштейны не вызывают сомнений в их надежности. Между лентами крепления и баллоном проложены обрезиненные уплотнители – все согласно требованиям, поэтому претензий никаких здесь быть не может.

### 2. Редуктор-испаритель и магистральный газовый клапан

На автомобиле установлен редуктор-испаритель OMVL DREAM XXI в модификации HP – самый мощный из линейки редукторов, производимых компанией «OMVL». Рабочее давление редуктора около 2 атм. Газовый клапан устанавливается на корпус редуктора и исполнен в модификации VFC (клапан с высокой пропускной способностью), то есть в той самой модификации, которая позволяет обеспечить для редуктора проход любого необходимого количества СУГ. Сам редуктор установлен на левый (по ходу движения) лонжерон рамы в подкапотном отсеке. Для крепления редуктора к лонжерону использован кронштейн, изготовленный на заводе «ГАЗ». Конструкция солидная и надежная, сам редуктор крепится к кронштейну тремя болтами, что, на мой взгляд, многовато.

Достаточно было использовать один центральный болт и две направляющие. Сейчас же демонтаж редуктора несколько затруднен. С одной стороны, расположение редуктора выбрано таким образом, что все работы по техническому обслуживанию (ТО) выполняются без демонтажа, с другой стороны, если демонтаж все-таки понадобится, процедура будет не самая легкая.

### 3. Газовый фильтр паровой фазы и газовые шланги

Фильтр расположен у моторного щита за редуктором. То ли не рассчитали правильно длину газовых шлангов, то ли еще какая-то причина была, но фильтр расположен не очень удобно, скрыт соседними шлангами, и процедура его замены (а в рамках ТО замена

производится каждые 15 тыс. км пробега) является несколько затрудненной. Впрочем других мест, в которых можно было бы удобно расположить фильтр, при ближайшем рассмотрении не нашлось. Газовые шланги, к слову, поставляются на завод «ГАЗ» из Италии, производятся компанией «ITR Parker» и отличаются высоким качеством. Это единственные шланги, которые очень долгое время способны противостоять диффузии конденсата в резину, что избавляет пользователя от проблем с «запахом газа» в подкапотном пространстве. Диаметр шланга на тракте редуктор – газовый фильтр – рампа форсунок составляет 12 мм. Под подобный диаметр есть газовые фильтры, ориентированные на вторичный рынок, так что проблем с постгарантийным обслуживанием этого газобаллонного автомобиля быть не должно.

#### 4. Рампа форсунок

В комплекте использована рампа форсунок OMVL FAST Light в корпусе из углепластика – та же, что и в оборудовании, поставляемом на вторичный рынок. О самой рампе форсунок в свое время было высказано немало положительных отзывов (это самая «быстрая» в своем ценовом сегменте рампа, работающая при давлении до 2,5 атм). Рампа размещена на специальном кронштейне на клапанной крышке двигателя.

Здесь, как нельзя кстати, пришелся перенос катушек зажигания с клапанной крышки на блок цилиндров, произошедший в модификации двигателя УМЗ на автомобиле «Газель-Бизнес». Благодаря этому рампа очень удобно разместилась на клапанной крышке двигателя. С обслуживанием рампы проблем в эксплуатации не будет. Сам двигатель автомобиля претерпел некоторые изменения. Например, под штуцеры подачи газа на головке двигателя сделаны специальные отливки. Сверление отверстий и монтаж штуцеров, равно, как и самой рампы

производятся серийно на заводе. На завод «ГАЗ» двигатель поступает уже в подсобранном состоянии с закрепленной на нем рампой форсунок. Точки подачи газа расположены в непосредственной близости к впускным клапанам, шланги от рампы до штуцеров небольшой длины и без перегибов – доступно и надежно.

Изначально была предпринята попытка разместить рампу форсунок внутри впускного коллектора, что обеспечивало бы ее быстрый нагрев в зимнее время. К сожалению, рампа оказалась слишком термонагруженной (в двигателе УМЗ выпускной коллектор находится непосредственно под впускным), и было принято решение переместить ее на клапанную крышку. Расположение рампы не мешает проводить работы по регулировке клапанов. Снятая с кронштейна крепления рампа просто «откидывается» на газовых шлангах.

#### 5. Проводка и электронные компоненты системы

Вот здесь, пожалуй, и проявляется основное отличие заводского комплекта от систем, поставляемых на вторичный рынок. Вся проводка газовой системы интегрирована с бензиновой и выполнена в виде единого жгута проводов. И это главное преимущество, которое положительно отличает автомобиль с газовой системой конвейерной сборки от автомобиля, переоборудованного установочным центром на вторичном рынке.

В системе использованы стандартные датчики OMVL, взаимозаменяемые с датчиками из систем, поставляемых на вторичный рынок. Датчик давления газа и разряжения во впускном коллекторе расположен на моторном щите, выше рампы форсунок и впускного коллектора, являясь наглядной демонстрацией исполнения требований фирмы «OMVL» по монтажу датчика.

Однако в заводском жгуте проводки кроется и скрытая проблема:

цветовая гамма проводов не соответствует стандартной цветовой гамме производителей газовых систем. Для диагностики газовых цепей теперь придется искать заводскую схему проводки и распиновку контактов газового электронного блока управления (ЭБУ), что создает дополнительные трудности при эксплуатации данного автомобиля.

Впрочем, специалисты по диагностике из дилерских центров компании «ГАЗ» заверили меня, что и не такие проблемы они решали. По крайней мере, серьезных опасений они не высказали.

Основной 15-амперный предохранитель, которым защищена газовая система автомобиля, расположен за блоком из трех реле, закрепленных на моторном щите непосредственно над двигателем. При первом знакомстве с автомобилем обнаружить его не удалось – при сборке его поместили за блоком реле. Когда предохранитель был обнаружен, выяснилось, что сама колодка, на которой установлен предохранитель, выполнена в мягком резиновом корпусе, который, с одной стороны, обеспечивает хорошую гидроизоляцию, с другой стороны, является очень мягким, что может отрицательно сказаться на установке самого предохранителя.

Диагностический разъем ЭБУ газа находится со стороны минусовой клеммы аккумуляторной батареи и закрыт гидроизолирующей крышкой. Проблем с подключением диагностики и окислением контактов не предвидится.

Все компоненты газовой системы соединены между собой гидроизолированными разъемами. Никакой пайки, скруток и мотков изолянта. Все очень качественно, по-заводскому.

#### 6. Программное обеспечение и специфика настроек ЭБУ

В системе используется блок управления газовой системой с OBD-адаптацией. Это решение является

единственно правильным при заводской сборке автомобилей, когда в ЭБУ газа интегрируется универсальный калибровочный файл. При использовании обычного блока каждый автомобиль пришлось бы донастраивать отдельно, а в случае с адаптивным блоком небольшие отклонения по смесеобразованию, вызванные индивидуальными особенностями двигателя, будут погашены режимом адаптации.

Очень удачное и верное конструктивное решение.

При взгляде на карту коэффициентов подачи газа становится ясно, какую большую работу проделали техники итальянской компании «OMVL» вместе с инженерами компании «ГАЗ» при подготовке автомобиля к серийному производству. Незаметные на первый взгляд изменения и изломы в карте газоподдачи говорят о том, что работы по модификации карты проводились не

один день и задачей ставилось достижение оптимальных результатов во всех диапазонах работы двигателя. Это подтверждается и результатами испытаний автомобиля.

Карта газового впрыска настолько выверена, что коэффициент адаптации редко превышает величину в 1-2%. Изменения затронули и коррекцию по температуре газа и редуктора. В совокупности с тем, что я лично видел испытательный автомобиль, который был буквально увешан термодатчиками, это дает основания предположить, что все изменения коэффициентов температурной коррекции также обоснованны.

#### Выводы

Подводя итоги вышесказанному, необходимо отметить, что мы имеем дело с успешным в техническом плане проектом: проработанное программное обеспечение, выбор

компонентов с большим запасом мощности, отличное заводское исполнение этих компонентов. К этому следует добавить цену за комплект, установленную заводом, – всего лишь 26 тыс. руб. И становится очевидным, что и в коммерческом плане этот проект имеет все шансы на успех.

Хотелось бы также верить, что опыт завода «ГАЗ» по созданию заводского газобаллонного автомобиля будет воспринят и другими автопроизводителями России как руководство к действию. Впервые на российском рынке начато серийное производство газобаллонного автомобиля. Выпуск начат достаточно быстро, эффективно, а самое главное – создан реально серийный рабочий автомобиль, не на бумаге, не «для галочки» у большого чиновника. Все это позволяет надеяться на долгую и успешную жизнь этого проекта.



## Автомобильные газовые баллоны



ООО «Балсити» является единственным производителем в России, изготавливающим баллоны для СУГ, сертифицированные по Международным Правилам ЕЭК ООН № 67-01. На предприятии внедрена и действует система менеджмента качества в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 ( ISO 9001-2008 )

В настоящее время серийно изготавливаются:

- цилиндрические баллоны емкостью от 30 до 220 л,
- тороидальные баллоны емкостью от 42 до 94 л,
- блоки цилиндрических баллонов различной емкости (спаренные баллоны).

Широкое разнообразие типов и объемов выпускаемых баллонов позволяет оснастить ими автомобили любой марки.

ООО «Балсити» является эксклюзивным поставщиком баллонов на конвейер Горьковского автозавода ГАЗ.

Тел. +7 (495) 955-43-77  
 Факс +7 (495) 783-84-92  
 E-mail: [balcity@balcity.ru](mailto:balcity@balcity.ru)  
 Сайт: [www.balcity.ru](http://www.balcity.ru)





## Свечи зажигания для газовых ДВС

**В.А. Шишков,**

начальник технического отдела ООО «Рекар»,  
доцент Самарского Государственного Аэрокосмического Университета  
им. С.П. Королева, к.т.н.

Рассмотрены теоретические аспекты при выборе свечей зажигания как для двухтопливных, так и однотопливных газовых двигателей внутреннего сгорания с учетом требований законодательства. Показаны основные факторы, которые влияют на параметры ДВС при выборе свечей зажигания для работы на газовом топливе.

**Ключевые слова:** свеча зажигания, двигатель внутреннего сгорания (ДВС), скорость горения, температура горения, газовое топливо, состав отработавших газов, электронная система управления, критерий экологической опасности.

## Candles of ignition for gas engine of internal combustion

**V.A. Shishkov**

The theoretical aspects are considered at a choice candle of ignition as for two-fuel, and one-fuel gas engines of internal combustion in view of the requirements of the legislation. The major factors are shown which influence parameters engine at a choice candle of ignition for work on gas fuel.

**Keywords:** a candle of ignition, engine of internal combustion, speed of burning, temperature of burning, gas fuel, structure of the fulfilled gases, electronic control system, criterion of ecological danger.

При выборе свечей зажигания для ДВС необходимо исходить из условия выполнения законодательных норм, а именно – по токсичности отработавших газов, электромагнитной совместимости и в перспективе выбросам  $\text{CO}_2$ , пропорциональным расходу углеводородного моторного топлива. Остальные параметры ДВС, такие как мощность, крутящий момент и др., не являются определяющими, но существенны для потребительских качеств автомобиля. Для их увеличения обычно проводят оптимизацию углов опережения зажигания на всех режимах работы ДВС. На карбюраторных двигателях это можно было выполнить на станции технического

обслуживания, имеющей соответствующее оборудование. На двигателях с электронной системой управления это можно сделать только в условиях завода, являющегося изготовителем автомобиля или двигателя.

При замене топлива с бензина на газовое для корректного сравнения ДВС испытания необходимо проводить в одинаковых условиях по составу топливовоздушной смеси, то есть для норм токсичности, например, «Евро-3» или «Евро-4» состав  $\alpha$  должен быть равным 1 с отклонениями  $\pm 1\%$  практически на всех контролируемых по циклу токсичности режимах его работы. При переходе на газовое топливо в программе электронного

блока управления двигателем необходимо скорректировать таблицы топливоподачи для выполнения вышеназванного условия, иначе газозо-воздушная смесь может оказаться богатой или слишком бедной. На старых карбюраторных ДВС для снижения расхода газа обычно настройку выполняют на обедненную газозо-воздушную смесь с  $\alpha = 1,05-1,2$ , что приводит к возрастанию температуры горения и соответственно к увеличению  $\text{NO}_x$  в отработавших газах, повышению вероятности прогара выпускных клапанов и к калильному зажиганию. В настоящее время все производители автомобилей выпускают их с электронной системой управления ДВС, и поэтому говорить о двигателях с карбюратором не имеет смысла, так как они не выполняют современные законодательные требования по токсичности отработавших газов.

### Скорость горения

Скорость горения изменяется по закону Аррениуса в виде экспоненциальной зависимости. Скорость горения топливных смесей с воздухом зависит от многих параметров [1]: начальных и текущих по времени температуры и давления смеси, концентраций горючего и окислителя (состава смеси  $\alpha$ ), энергии активации, масштабного фактора (объема и площади поверхности горения), турбулентной составляющей скорости. Фактически скорость горения является переменной во времени функцией этих параметров. Для понимания проще говорить о какой-то средней величине этой скорости в разовом процессе сгорания, то есть в рабочем такте ДВС. В таком случае необходимо упомянуть о полном времени сгорания топливовоздушной смеси.

С учетом того факта, что скорость горения изменяется по известному закону, увеличение времени полного сгорания в большей степени происходит в начальный период реакции, когда скорость горения еще мала. Чем больший объем топливовоздушной смеси будет воспламенен около

электродов зажигания свечи, тем меньше будет время полного сгорания. Так как скорость сгорания топливовоздушной смеси зависит от начальной температуры смеси, то и средние скорости сгорания на холодном и прогретом ДВС будут отличаться. На холодном двигателе углы опережения зажигания при работе на газе будут максимально отличаться от режимов при работе на бензине. На прогретом ДВС скорость сгорания сжиженного углеводородного газа (СУГ) практически приближается к скорости сгорания паров бензина, соответственно угол опережения зажигания также приближается к углу при работе на бензине [1]. На компримированном природном газе (КПГ) этот эффект также наблюдается [1], но различие в средней скорости сгорания немного больше, поэтому и угол опережения больше, чем при работе на СУГ или бензине. Испытания автомобиля ВАЗ-21102 на КПГ это подтвердили (определялись максимальная мощность и крутящий момент ДВС при оптимизации углов опережения зажигания при различных температурах двигателя).

На температуру двигателя и элементов системы выпуска отработавших газов (выпускные клапаны и выпускной коллектор) большое влияние оказывает угол опережения зажигания. Для компенсации увеличения

времени сгорания при работе на газовых видах топлива необходимо увеличивать угол опережения зажигания в соответствии с рекомендациями [1]. Для корректного сравнения ДВС при работе на бензине и газовом топливе эту работу по корректировке угла опережения зажигания выполняют из условия получения максимальной мощности и крутящего момента.

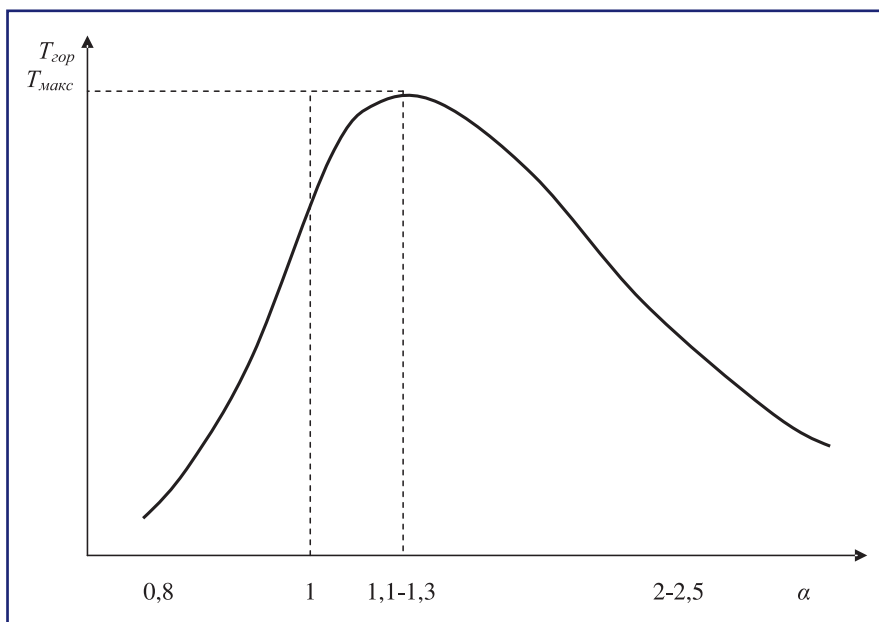
### Температура горения углеводородных смесей с воздухом

СУГ и КПГ являются углеводородными газовыми топливами, как и пары бензина, поэтому функция изменения их температуры сгорания в зависимости от состава топливовоздушной смеси  $\alpha$  будет идентична, отличаясь только уровнем. Уровень температур горения СУГ практически одинаков с уровнем температур горения паров бензина. Уровень температур горения КПГ на 60-150°C ниже уровня температур горения паров бензина практически во всем диапазоне составов газозвушной смеси. Необходимо помнить при этом, что функция температуры горения как паров бензина в воздухе, так и газозвушной смесей изменяется примерно следующим образом (см. рисунок ниже).

Максимальная температура горения обычно наблюдается при составе

топливовоздушной смеси  $\alpha = 1,1-1,3$ . Ее рост связан с тем, что вероятность встречи атомов окислителя с атомами горючего увеличивается. При каждой такой встрече выделяется соответствующее количество тепловой энергии, которое и приводит к росту температуры. Дальнейшее снижение средней температуры горения связано с отбором теплоты на нагрев избытка воздуха. Смещение максимума температур в сторону бедных смесей связано с балансом выделившейся теплоты при химической реакции окисления, теплоты, рассеянной в окружающую среду, и теплоты, использованной на нагрев избытка воздуха.

С учетом законодательных норм по токсичности отработавших газов сравнение ДВС с различными свечами зажигания необходимо выполнять при составе топливовоздушной смеси  $\alpha = 1$  или на сверхбедных смесях  $\alpha = 2-2,5$ . Необходимо помнить и о качестве приготовления смеси топлива с воздухом, которое зависит от многих конструктивных параметров системы впуска, камеры сгорания, элементов системы впрыска топлива, перепада давлений на элементах впрыска топлива, алгоритма управления фазами впрыска топлива (бензин, СУГ или КПГ) и зажигания, турбулентной составляющей скорости вихря в камере сгорания, а также от расположения центрального электрода свечи зажигания в камере сгорания и по отношению к вихрю топливовоздушной смеси и в дальнейшем к фронту пламени и т.д. Смешение газообразного топлива с воздухом при высокой турбулентной составляющей скорости движения вихря в камере сгорания приводит к качественному распределению по концентрации топлива и окислителя во всем ее объеме. Для ДВС, работающих на бензине, часть топлива в камере сгорания находится в виде капелек жидкой фазы, которые и создают флуктуации различного состава смеси во всем ее объеме. Это и является одним из факторов, повышающих токсичность отработавших газов.



## Состав отработавших газов

Состав отработавших газов в первую очередь зависит от типа углеводородного топлива и, во-вторых, от состава топливоздушной смеси. Количество выбросов CO и CO<sub>2</sub> зависит от содержания углерода в том или ином топливе, то есть от водородно-углеродного числа – это отношение количества атомов водорода к количеству атомов углерода в молекуле. Для бензина (который состоит из нескольких углеводородных соединений) водородно-углеродное число составляет примерно 2, для СУГ – 2,6, для метана – 4. Отношение водорода к оксиду углерода в продуктах сгорания для бензина составляет 0,45-0,5, для СУГ – 0,615, для метана – 0,75 (см. таблицу). То есть снижение выбросов CO и CO<sub>2</sub> при переходе с бензина на СУГ при одинаковых составах топливоздушной смеси не превысит 11,5-16,5%, а для метана это снижение может составить не более 25-30% (реально не более 25-28% из-за компенсации потери мощности за счет увеличения угла положения дроссельной заслонки, что в свою очередь приводит к возрастанию массового расхода воздуха и природного газа). Эти проценты указывают на то, что количество твердых отложений в виде углерода (сажи) на стенках камеры сгорания будет меньше на такое же количество.

Снижения выбросов CO и CO<sub>2</sub> более этих значений может говорить только о некорректном сравнении ДВС при работе на бензине и газовом топливе.

Оценку экологической опасности вредных веществ в отработавших газах необходимо выполнять с помощью критерия экологической опасности  $K_a$  [2]. Класс опасности CO и CH – IV, класс опасности NO<sub>x</sub> – II. Соответственно токсичность ПДК (максимально-разовая предельно допустимая концентрация, г/м<sup>3</sup>) для CO, CH и NO<sub>x</sub> составляет 0,003; 0,0015 и 0,000085. Оксид углерода не является приоритетной примесью в отработавших газах, так как его вклад в критериальный показатель составляет не более 10%, в редких случаях он доходит до 25%. Углеводороды в отработавших газах также не превышают 10% от критериального показателя. Самой опасной примесью в отработавших газах считается NO<sub>x</sub>, количество которого в критериальном показателе находится в пределах 75-93% [3]. С учетом вышеизложенного выбор критерия оценки любого из элементов ДВС (в том числе и свечей зажигания), влияющего на токсичность отработавших газов, необходимо выполнять с помощью критерия экологической опасности.

### Выбор калильного числа

Выбор калильного числа для свечей зажигания зависит от

температуры воспламенения топливоздушной смеси. Так как температуры воспламенения и сгорания паров бензина и СУГ близки по значениям, то и калильное число свечей зажигания для этих видов топлива примерно одинаково. Для природного газа температура воспламенения значительно выше, и соответственно калильное число свечей должно быть отличным от количества свечей для бензина, то есть свечи должны быть более горячими. Все это касается двухтопливных ДВС, работающих без увеличения степени сжатия при переключении с бензина на газ, при условии, что свечи должны обеспечивать работу на обоих видах моторного топлива.

Детонационное число газовых моторных топлив выше, чем бензина. Для СУГ детонационное число составляет примерно 105, а для КПП примерно 120. Соответственно при большей степени сжатия газовых видов топлива получим более высокую температуру смеси перед воспламенением, то есть потребуются меньшее количество энергии для активации химической реакции окисления топлива. В этом случае для однотопливных газовых ДВС с повышенной степенью сжатия калильное число свечей зажигания при работе на СУГ и бензине может быть примерно одинаково. У однотопливного ДВС с повышенной степенью сжатия до 11,5-12,5 при работе на КПП

Таблица

| Топливо                           | Химическая формула              | $n_{actual} (H / C)$<br>(отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода) | $K$ (отношение водорода к оксиду углерода в продуктах сгорания) |
|-----------------------------------|---------------------------------|---|---|
| Метан                             | CH <sub>4</sub>                 | 4,0   | 0,75  |
| Этан                              | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>   | 3,0   | 0,667   |
| Пропан                            | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>   | 2,7   | 0,63  |
| Бутан                             | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>  | 2,5   | 0,60  |
| Пентан                            | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>  | 2,4   | 0,586   |
| Бензин                            | C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>   | 2,0   | 0,45-0,50   |
| Спирт, синтез-газ, светильный газ | C <sub>m</sub> H <sub>n</sub> O | 2,0   | 0,45-0,50   |
| Керосин                           | C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>   | 1,9   | 0,44-0,48   |
| Дизельное топливо, этанол         | C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>   | 1,8   | 0,42-0,45   |
| Мазут                             | C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>   | 1,7   | 0,40-0,43   |



калийное число свечей зажигания должно отличаться от числа свечей, предназначенных для бензина, так как низшая теплота сгорания природного газа ( $H_u = 48,5$  МДж/кг) примерно на 20% выше, чем у бензина ( $H_u = 44$  МДж/кг). Суммарное количество теплоты от высокой степени сжатия и выделившейся теплоты при сгорании метана будет выше, чем для паров бензина, и соответственно необходимо будет выбрать более холодные свечи для исключения вероятности калильного зажигания.

### Свечи зажигания

Назначение свечи зажигания – это подвод энергии к топливовоздушной смеси для ее воспламенения. Воспламенение произойдет, если подведенная свечой энергия, необходимая для ионизации молекул в разрядной дуге, и теплота, выделившаяся в искровом промежутке, будут выше суммарной энергии активации минимального объема смеси для начала химической реакции. Практически на воспламенение расходуется не более 3-10% энергии, накопленной в обмотке катушки зажигания. Остальная энергия расходуется на ее рассеивание при коротком замыкании через искровой разряд на массу автомобиля.

Разница в назначении свечей зажигания заключается в том, чтобы как можно эффективней использовать энергию искры на ионизацию молекул и ее преобразование в тепловую энергию в максимальном объеме смеси около электродов. За счет этого повышается начальная температура топливовоздушной смеси, от которой зависит начальная скорость горения. Кроме этого, чем больше ионизация молекул топлива и окислителя около электродов свечи зажигания, тем выше уровень давления в ударной волне, создаваемой искрой, и тем выше скорость ее передвижения от электродов свечи к стенкам камеры сгорания. Ударная волна приводит к увеличению температуры смеси во фронте пламени.

Наибольшая скорость горения топливовоздушной смеси будет при равенстве скорости движения ударной волны и скорости передвижения фронта пламени – это явление называют детонацией, при этом скорость горения будет равна скорости звука в топливовоздушной смеси. Можно предположить, что этот процесс больше реализуется при горении паров бензина в воздухе, чем при горении СУГ или КПГ. Так как бензин состоит из более тяжелых фракций углеводородов, то при его ионизации в искровом промежутке образуется большее количество молей ионизированных атомов углерода, водорода и радикалов (СО, СН, ОН и т.д.). Большее количество молей увеличивает суммарное давление в ударной волне, так как оно складывается из парциальных давлений составляющих молей атомов и радикалов. А при разложении метана на ионизированные атомы и радикалы получается меньшее количество молей С, Н, СН. В этом случае суммарное давление в ударной волне значительно ниже, чем для бензина, поэтому и повышение начальной температуры смеси за счет ударной волны будет незначительным.

Чем больше расстояние искрового промежутка и чем больше количество искровых дуг, тем больше получается ионов при разложении молекул и тем больше количество выделившейся теплоты для подогрева большего объема топливовоздушной смеси

для преодоления энергии активации и начала химической реакции процесса окисления в объеме искрового промежутка. Эти факторы оказывают существенное влияние на суммарную эффективность свечей зажигания, и этим могут объясняться различия свечей зажигания даже для одного вида углеводородного топлива (бензина или газа) [4].

### Выводы и предложения

1. Выбор свечей зажигания как для двухтопливных, так и однотопливных газовых ДВС необходимо производить согласно требованиям законодательных норм по токсичности отработавших газов и электромагнитной совместимости, а в перспективе согласно условиям снижения выбросов  $\text{CO}_2$ , пропорциональных расходу углеводородного топлива.

2. При работе ДВС на стехиометрическом составе смеси для газовых видов моторного топлива необходимо выбирать более горячие свечи. При этом для КПГ свечи должны быть горячее, чем для СУГ и бензина.

3. Для прогретого до рабочей температуры ДВС разница в калильном числе свечей зажигания для бензина и газовых углеводородных топлив снижается в сравнении с холодным двигателем.

4. При увеличении степени сжатия при переходе с бензина на газ разница в калильном числе свечей зажигания для этих топлив снижается.

## Литература

1. **Шишков В.А.** Определение величины увеличения угла опережения зажигания при переключении с бензина на газ в зависимости от скорости горения топливной смеси. Транспорт на альтернативном топливе, № 3, 2008. – С. 20-23.
2. **Коротков М.В.** Управление техническим состоянием автомобилей по критериям экологической безопасности (на примере автомобиля ВАЗ). Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Оренбург, ИПК ОГУ, 2003 г.
3. **Ямоллов Ю.И., Коротков М.В.** Оценка влияния пробега на экологическую безопасность автомобиля ВАЗ-21102. – Вестник Оренбургского государственного университета. – 2003, № 1. – С. 17-20.
4. **Колодочкин М., Шабанов А.** Газовые зажигалки. Журнал «За рулем» 04/2010. – С. 180-183.

## Развитие малотоннажного производства СПГ в России – объективная необходимость

**П.М. Созонов,**

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

**В.С. Аверков,**

начальник ПОЭ АГНКС ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»,

**О.Л. Мишин,**

начальник конструкторского отдела Управления «Энергогазремонт» ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»

В статье представлено обоснование необходимости развития в России малотоннажного производства СПГ в комплексе с возможными аспектами применения его в энергетике коммунальных, производственных объектов и в качестве газомоторного топлива, а также вклад ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» в развитие данного направления.

**Ключевые слова:** СПГ (сжиженный природный газ), газомоторное топливо, ГРС (газораспределительные станции), АГНКС (автомобильные газонаполнительные компрессорные станции), альтернативное газоснабжение, природный газ, энергетика, теплоснабжение.

## Development of not grate capacity LNG manufacturing in Russia is objective necessity

**P.M. Sozonov, V.S. Averkov, O.L. Mishin**

The article contains necessity substantiation of development of not grate capacity LNG manufacturing in Russia in closely connected to possibility of LNG applications in energy, industry, transports. Survey of "Gazprom transgaz EkaterinburG" contribution in it area.

**Keyword:** LNG – Liquid Natural Gas, Gas engine fuel, Gas Reduce Station, CNG filling station, Alternative gas supply, Natural Gas, energy (sector), heat supply.

Ископаемые углеводороды сохраняют стабильное долгосрочное лидерство в мировом энергетическом балансе с приоритетом увеличения использования природного газа и каменного угля (рис. 1). Согласно прогнозам, в течение ближайших 25 лет доля использования ископаемых углеводородов не опустится ниже 80%.

В настоящее время природный газ является первичным энергоносителем (ПЭН) с наиболее динамичными

показателями темпов потребления – 2-3% в год на протяжении длительного периода времени. С 1990 по 2008 гг. рост мирового потребления газа составил 43% (с 1971 млрд. м<sup>3</sup> до 2850 млрд. м<sup>3</sup>). К 2030 г. ожидается рост объема мирового спроса до 4300 млрд. м<sup>3</sup> (на 51% или на 2,3% в год).

Россия занимает первое место в мире по запасам природного газа. Основные доказанные запасы природного газа Земли сосредоточены в

трех странах: России – около 50 трлн. м<sup>3</sup>, что составляет около 28% всех доказанных запасов в мире, Иране – 28 трлн. м<sup>3</sup> (16%) и Катаре – 26 трлн. м<sup>3</sup> (15%).

Ряд причин социально-экономического характера служит катализатором роста использования природного газа, среди них в первую очередь следует отметить такие:

- стремление ограничить отрицательное воздействие на окружающую среду;

- прогнозируемый рост народонаселения;

- рост региональных энергетических проблем;

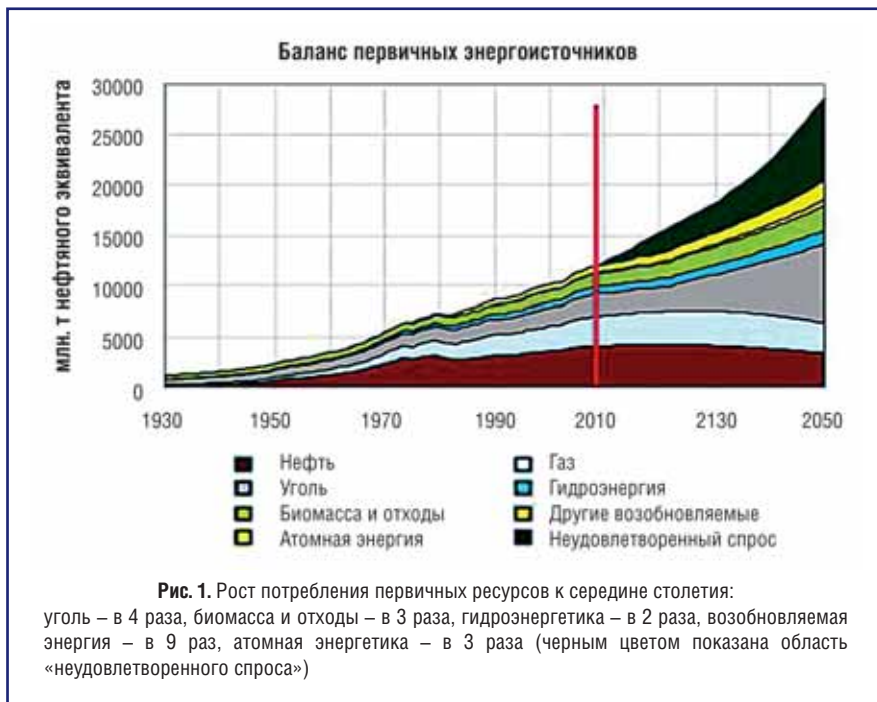
- желание диверсифицировать источники энергии с целью повышения безопасности поставок и получения прибыли;

- не снижается энергетическая бедность – более 2 млрд. чел. населения планеты не могут потреблять энергоносители на приемлемых экономических и технических условиях.

Большая часть запасов природного газа сконцентрирована в районах, не имеющих доступа к рынку через трубопроводный транспорт, так как запасы газа в промышленно развитых регионах уже исчерпаны. Сегодня 90% мирового ВВП производится в странах, импортирующих энергоресурсы.

Растет неравномерность в поставке энергоресурсов. Следовательно, для обеспечения энергетической безопасности необходимо иметь резервное топливо. Так, США за последние несколько лет увеличили вдвое объем своего «Стратегического нефтяного резерва» (SPR) – до 1,5 млрд. баррелей нефти к 2027 г. Европейский Союз также меняет свою политику в отношении нефтяных и газовых резервов в сторону их увеличения, формирует программу расширения подземных хранилищ природного газа.

В качестве резервного топлива желательно иметь эффективный энергоноситель, поддающийся легкому хранению, доступу к хранилищам и обеспечивающий эффективную его доставку потребителю. Поставка резервного топлива не должна приводить к изменениям в технологии у потребителя.

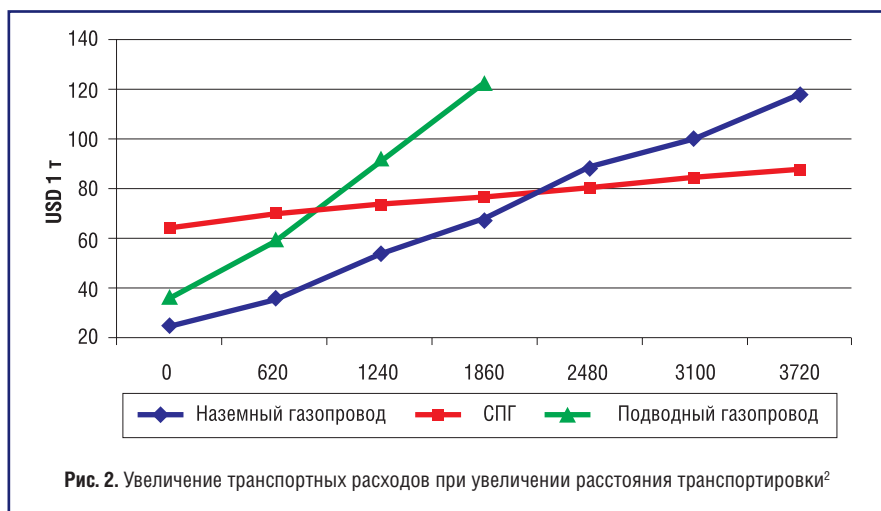


Мировой экономический кризис обострил вопросы, связанные с транспортировкой энергоносителей. В условиях обострившейся конкуренции за маршруты транспортировки ПЭН и усложнения межгосударственного взаимодействия на фоне усиливающейся глобализации энергетических рынков, размывания ответственности за их бесперебойную поставку из-за высокой политизации вопроса транспортировки важно иметь альтернативные маршруты и способы доставки ПЭН.

Сегодня Россия ведет активную работу по диверсификации своих маршрутов поставки природного газа на экспорт, ведя дипломатическую

работу по подписанию договоров с государствами, по территориальным водам которых предполагается проложить экспортные газопроводы «Южный поток» и «Северный поток». Однако реализация этих проектов не может дать полных гарантий дедолитизации поставок. Желательно иметь ПЭН – резервное топливо, которое позволило бы осуществить его эффективную доставку потребителю транспортом, альтернативным трубопроводному, в случае необходимости.

И такой ПЭН сегодня существует! Всем перечисленным выше, порой противоречивым, требованиям как нельзя лучше удовлетворяет сжиженный природный газ. Уникальные



эксплуатационные и технологические свойства СПГ обусловлены тем, что по своей сути он является тем же природным газом, который, как показано выше, получил столь широкое применение в мире, но в ином агрегатном состоянии – в виде криогенной жидкости.

Обладая в 600<sup>1</sup> раз меньшим в сравнении с газом при нормальных условиях объемом, СПГ поддается более легкой и эффективной транспортировке. Причем, транспортировка и хранение производятся при атмосферном или небольшом избыточном давлении (обычно не более 0,6 МПа) в изотермических сосудах. Благодаря этому процесс становится более безопасным и дешевым в сравнении с перевозкой и хранением компримированного природного газа (КПГ). Соотношение стоимости транспортировки СПГ в сравнении с трубопроводными видами транспорта видно на рис. 2.

Относительно более низкая эффективность трубопроводного транспорта газа в сочетании с технико-экономическими проблемами эксплуатации протяженных газотранспортных систем послужила причиной становления и развития международной промышленности сжиженного природного газа.

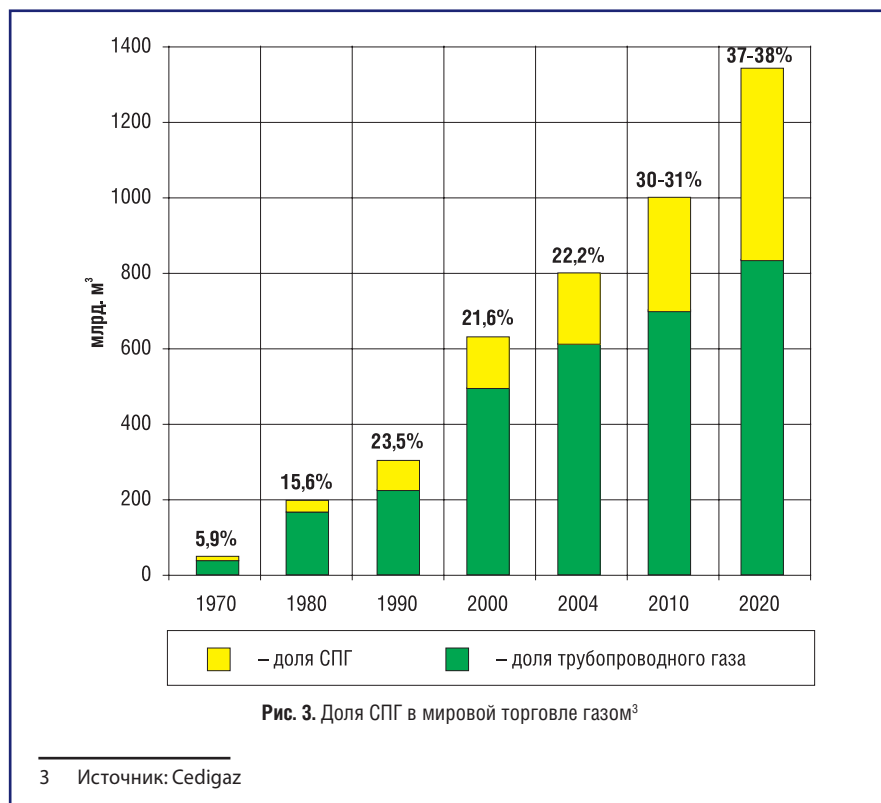
Низкие температуры кипения (-163°C при атмосферном давлении) обуславливают его легкую газификацию за счет тепла окружающей среды для поставки его в потребительскую сеть в привычном для потребителя агрегатном состоянии. То есть переход с основного на резервное топливо пройдет для него незаметно, без каких-либо изменений в технологии!

Высокие потребительские свойства СПГ подтверждаются рынком, хотя существуют и пессимистические оценки, предсказывающие неоднозначность развития рынка в условиях кризиса. Чаще всего упоминается возможный переизбыток топлива. По оценке «Energy Intelligence», в 2009-2010 гг. эти мощности вырастут в полтора раза, а к 2013 г. увеличатся на 100 млн. т в год. Пик прибавки

1  $T_{кип} = 111,42K, \rho = 422,855 \text{ кг/м}^3$  при 760 мм рт. ст.,  $T_{кр} = 190,55K, P_{кр} = 0,4641 \text{ МПа}$ .

2 По данным «Совкомфлот»





мощностей в краткосрочной перспективе придется на 2010 г., когда в строй войдут новые линии в Катаре (на 47 млн. т в год в дополнение к имеющимся линиям на 30 млн. т), Кувейте и Австралии. В условиях сокращения спроса это может привести к затовариванию рынка и падению цен.

В то же время многие аналитики считают, что благодаря экологичности СПГ, гибкости логистики и более приемлемому сочетанию «цена – теплотворность» именно сжиженный природный газ будет наиболее востребованным топливом в ближайшие годы. Старший вице-президент компании «BG-Norht-America» Элизабет Спомер полагает, что, несмотря на нынешний слабый спрос, глобальное производство СПГ в ближайшие три года возрастет на 50%.

По оценкам консалтинговой компании «Wood Mackenzie», спрос на СПГ будет расти минимум на 10% в год, а специалисты компании «FACTS» вообще ожидают ежегодного прироста спроса на 11%, или 23 млн. т (34,5 млрд. куб. м<sup>3</sup>) в год.

Эксперты прогнозируют также увеличение общемирового объема производства СПГ с 145 млн. т в 2005 г. до 370 млн. т в 2015 г. По мнению

компании «Pricewaterhouse Coopers», к 2015 г. поставки СПГ будут составлять около 31% от общих поставок природного газа в мире, а к 2020 г. – 37-38% (рис. 3).

В конце марта 2008 г. совет директоров ОАО «Газпром» одобрил стратегию в области производства и поставок СПГ. В документе заложены серьезные – от 45 до 60 млрд. долл. США – инвестиции к 2030 г. СПГ-стратегия «Газпрома» предусматривает, что к 2030 г. компания выйдет на уровень производства 70-95 млн. т (105-142,5 млрд. м<sup>3</sup>) СПГ в год и, таким образом, станет одним из крупнейших поставщиков СПГ в мире. Реализация СПГ принесет компании сумму, сопоставимую с сегодняшним доходом от экспорта газа по трубопроводам.

Выбор в пользу СПГ-проектов позволит с меньшими затратами обеспечивать присутствие страны на газовом рынке, но в более интересном и более независимом (от капризов как покупателей, так и транзитеров) сегменте. Если Россия заинтересована играть лидирующую роль в глобальной газовой организации, то лучше «стоять на двух ногах», то есть масштабно присутствовать в обоих секторах газового рынка.

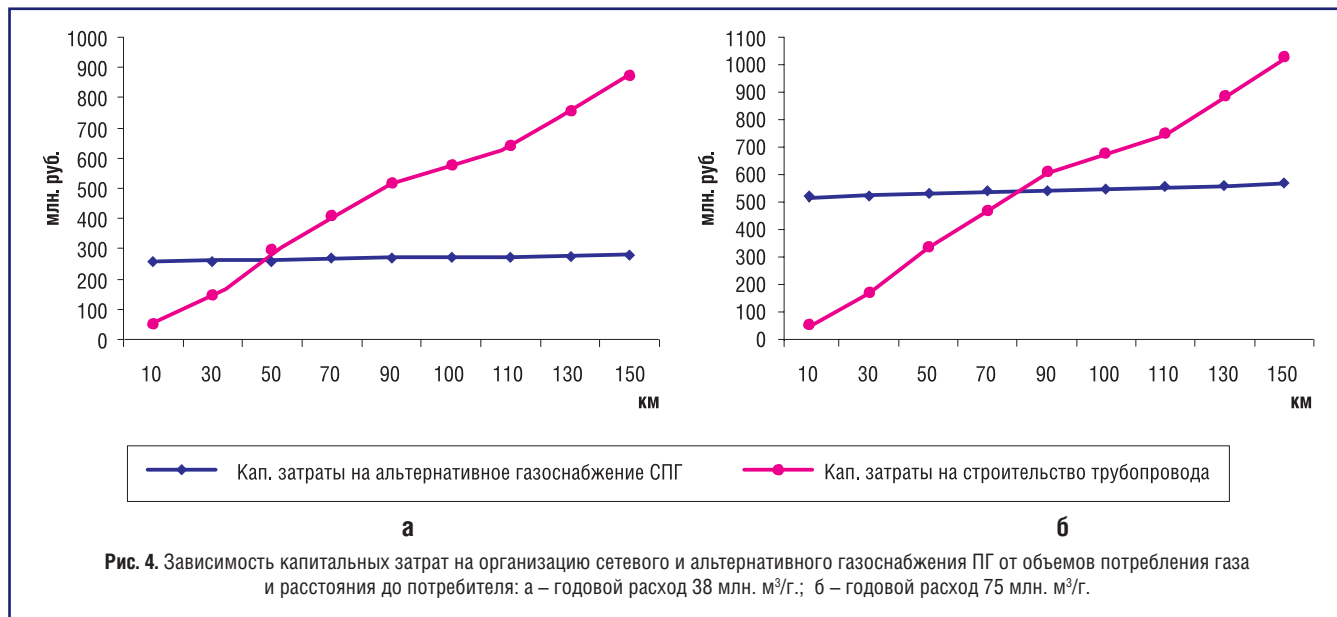
Еще одним стимулом развития международного рынка СПГ является совершенствование технологий и снижение затрат на производство СПГ. В течение последнего десятилетия (докризисного) произошло 35-50%-ное снижение стоимости производства СПГ с более чем 500 долл. США за тонну до менее чем 200 долл. США за тонну по данным Колина Тэйлора Сэна (GTI, Des Plaines, США).

Таким образом, можно наблюдать объективную картину необходимости развития производства СПГ. И если с развитием производства для экспортных поставок продукта все более или менее ясно, то с развитием малотоннажного производства для удовлетворения потребностей внутреннего рынка ситуация не такая радужная.

На сегодняшний день малотоннажное производство СПГ в России представлено тремя производствами: это НПФ «Экип» в Москве, ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» и ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург». Суммарная производительность всех установок на сегодняшний день не превышает 28 тыс. т СПГ в год. И это при том, что объективные предпосылки для развития производства СПГ, существующие на мировом рынке ПЭН, справедливы и для внутреннего рынка!

На наш взгляд причины такого слабого развития кроются в отсутствии сложившегося рынка энергоносителей внутри страны, в том, что цена на трубопроводный природный газ для внутреннего потребителя значительно ниже мировых цен, а также в том, что Россия наследовала топливно-энергетическую систему от бывшего СССР со всеми ее недостатками и перекосами.

Мировой финансовый кризис проявляет противоречия и недостатки этой системы. В отсутствии государственных дотаций и в условиях принципа самокупаемости инвестиций все большую актуальность для газификации регионов, удаленных от магистрального газопровода, приобретает СПГ. Так, специалистами ОАО «Промгаз» в 2008 г. разработана «Генеральная схема газоснабжения и газификации Свердловской области», где убедительно доказаны



экономические преимущества бес-трубопроводной газификации. При этом стоимость 1 Гкал обходится на 15-40% дешевле 1 Гкал замещаемого топлива при сроках окупаемости от 6 до 8 лет. При выполнении расчетов учитывалось комплексное использование СПГ – для теплоснабжения, горячего водоснабжения коммунальных и производственных объектов, обеспечения транспорта газомоторным топливом.

Аналогичные обоснования приведены в докладе ОАО «Промгаз» «Возможности использования сжиженного природного газа при газификации регионов Дальнего Востока» на Международной конференции «Криогенные технологии и оборудование для газификации объектов промышленности, ЖКХ и транспорта». На примере Дальневосточного Федерального округа показана эффективность замещения СУГ, электроэнергии и дизельного топлива с экономическим эффектом от 15 до 40%, в зависимости от конкретного варианта размещения. Очень иллюстративны приведенные в докладе диаграммы (рис. 4), характеризующие затраты на газификацию с помощью строительства газопровода-отвода и с помощью СПГ.

Данные ОАО «Промгаз» позволяют судить о применимости схем альтернативного газоснабжения (в дополнение к сравнительным характеристикам для магистрального

Таблица 1

**Краткие технические характеристики комплекса СПГ на АГНКС г. Первоуральск**

| Наименование  | Значение |
|---|----------|
| Проектная производительность, кг/ч                          | 500      |
| Действительная производительность, кг/ч                     | 300*     |
| Рабочее давление на входе в блок сжижения, МПа              | 22-25    |
| Точка росы природного газа на входе в блок сжижения, °С     | -70      |
| Рабочее давление на выходе из блока сжижения, МПа           | 1,2      |
| Наибольший расход ПГ через блок сжижения, м <sup>3</sup> /ч | 3600     |
| Коэффициент ожигения, %                                     | 20       |
| Время выхода на режим, ч                                    | 1        |
| Год начала эксплуатации                                     | 2001     |

**Примечание.** \* Снижение производительности связано с ограничением мощности по электроснабжению.



**Рис. 5.** Внешний вид криогенного блока комплекса производства СПГ на АГНКС (г. Первоуральск)



Рис. 6. Комплекс хранения и регазификации на ОК «Озеро Глухое»

трубопроводного транспорта, приведенным выше). Из анализа выкладок ОАО «Промгаз» можно сделать следующие практические выводы:

- Капитальные затраты на организацию альтернативного газоснабжения СПГ с увеличением расстояния изменяются незначительно, а капитальные затраты на строительство трубопровода увеличиваются в разы.

- При значительном удалении потребителей целесообразней доставка ПГ в жидком состоянии.

- С увеличением объемов транспортируемого газа зона эффективного

использования трубопровода увеличивается в сравнении с доставкой ПГ автомобильным транспортом.

Таким образом, очевидна объективная необходимость интенсивного развития производства СПГ для реализации как на внешнем, так и на внутреннем рынке. Показатели динамического развития рынка СПГ (как внутреннего, так и внешнего), экспертные оценки его развития на ближайшую и отдаленную перспективу подтверждают эффективность инвестиций в этот бизнес.

Таблица 2

### Краткие технические характеристики комплекса производства СПГ на ГРС-4 (г. Екатеринбург)

| Наименование   | Значение   |
|--|--|
| Производительность по СПГ, кг/ч, не менее  | 3000   |
| Давление ПГ на входе, МПа  | От 2,8 до 3,5  |
| Давление ПГ на выходе из ОПГ, МПа  | 0,6±0,1  |
| Потребляемая электроэнергия:<br>напряжение, В<br>частота, Гц<br>потребляемая мощность, кВт, не более | 3N~220 <sub>-11</sub> /380 <sub>-19</sub><br>50±1<br>100 |
| Расход природного газа для нагрева регенерирующего потока, среднесуточный, кг/сутки                  | 360  |
| Коэффициент ожижения при давлении на входе, %:<br>3,5 МПа<br>2,8 МПа                                 | 11<br>9,8  |
| Годовая программа выпуска, т   | 24 000   |
| Объем емкостей для хранения СПГ, м³  | 200  |
| Режим работы   | Круглосуточный<br>круглогодичный, 8000 ч/г,              |
| Год начала эксплуатации  | 2010   |

Однако при освоении малотоннажного производства СПГ нужно учитывать тот факт, что внутренний рынок находится в зачаточном состоянии. Любое развитие производства будет сдерживаться отсутствием инфраструктуры, обеспечивающей доставку и применение СПГ, а, значит, и отсутствием условий для сбыта продукции.

В этой связи полезно учитывать опыт ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» в освоении внутреннего рынка СПГ. Здесь изначально вопрос развития производства сжиженного газа рассматривался в комплексе с вопросами применения его в энергетике коммунальных, производственных объектов и в качестве газомоторного топлива.

На первом этапе был сооружен комплекс сжижения на АГНКС г. Первоуральск (рис. 5) с одновременным возведением комплекса хранения и регазификации на оздоровительном комплексе «Озеро Глухое» (рис. 6). Комплекс производства СПГ на АГНКС Первоуральска был построен для отработки технологического процесса производства СПГ на АГНКС. С его помощью были исследованы и решены вопросы организации технологического процесса при оптимальном наборе специфического криогенного оборудования с максимально возможной ассимиляцией основного технологического оборудования АГНКС в стесненных условиях действующего предприятия. Кроме того, были решены вопросы обеспечения промышленной безопасности при производстве СПГ на АГНКС.

Комплекс хранения и регазификации обеспечивает топливом газовую котельную на оздоровительном комплексе «Озеро Глухое» мощностью



Рис. 7. ГРС-4 (г. Екатеринбург)





Рис. 8. Магистральный газотурбовоз ГТ1

Таблица 3

**Технические характеристики газотурбовоза ГТ1**

| Параметры  | Значения параметров  |
|--|--|
| Полная мощность газотурбинного двигателя, кВт                        | 8300,0   |
| Мощность газотурбовоза на валах тяговых двигателей, кВт              | 6720,0   |
| Конструкционная скорость газотурбовоза, м/с (км/ч)                   | 27,8 (100)   |
| Служебная масса газотурбовоза с 2/3 запаса топлива и песка, т        | 300  |
| Статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (т)              | 245,3 (25)   |
| Сила тяги газотурбовоза при трогании с места, кН (тс)                | 883(90)  |
| Касательная сила тяги продолжительного режима газотурбовоза, кН (тс) | 620 (63)   |
| Скорость продолжительного режима газотурбовоза, км/ч                 | 38   |
| Тип тяговой электрической передачи мощности газотурбовоза            | Переменно-постоянного тока с поосным регулированием силы тяги                                  |
| Осевая формула газотурбовоза   | 2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> +2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> |
| Диаметр колес по кругу катания при новых бандажах, мм                | 1250   |
| Габарит по ГОСТ 9238   | 1-Т  |
| Запасы топлива :   |  |
| сжиженный природный газ  | 17 т   |
| дизельное топливо для ДГУ  | 470 л  |

5 МВт. Комплекс расположен в 20 км от Екатеринбурга.

При производстве СПГ реализуется цикл среднего давления с применением турбодетандера на ГРС-4 (г. Екатеринбург, рис. 7). Проект выполнен в рамках реализации программы организации на полигоне Свердловской железной дороги опытной эксплуатации тепловозов на сжиженном и сжатом природном газе,

утвержденной президентом ОАО «РЖД», председателем правления ОАО «Газпром», губернатором Свердловской области. Годовая программа выпуска должна составить 24 тыс. т СПГ.

Как видно из названия программы, являющейся основанием для реализации проекта, в данном случае вопрос строительства новых производственных мощностей тесно увязан с вопросом сбыта. В данном случае

привлекается такой перспективный потребитель, как ОАО «Российские железные дороги», которое провело испытание первого и самого мощного в мире магистрального газотурбовоза ГТ1, работающего на СПГ (рис. 8).

Долгое время распространение СПГ в качестве газомоторного топлива сдерживалось низкой степенью развития технологий малотоннажного производства в России. Однако в последнее время в этом направлении достигнуты значительные успехи, которые позволяют предложить решить задачу производства СПГ именно с помощью малотоннажных установок.

Применение технологий малотоннажного производства позволит:

- приблизить производство к местам потребления, оптимизировав транспортную составляющую в цене топлива;

- проводить поэтапное наращивание производства пропорционально потреблению;

- повысить надежность снабжения газомоторным топливом за счет дублирования;

- выбирать оптимальные технологические схемы производства СПГ в зависимости от конкретных местных условий (степени развития потребительской сети низкого давления, располагаемого перепада давлений, потребности в СПГ и т.п.);

- распределить необходимые для газификации малотоннажным производством инвестиции во времени;

- снизить финансовые риски, сократив при этом сроки до начала внедрения;

- снизить объем инвестиций за счет реинвестирования.

СПГ обладает следующими существенными преимуществами относительно КПГ:

- более высокий удельный вес позволяет разместить на борту транспортного средства втрое больший запас топлива при равном геометрическом объеме емкостного оборудования;

- весьма существенно повышается безопасность при эксплуатации бортовой топливной системы транспортного средства, так как значительно снижаются поражающие факторы от воздействия ударной волны и от

Таблица 4

## Экологическая опасность при сгорании различных видов топлива (бензин – 100%)<sup>4</sup>

| Вид топлива          | СО    | СН    | NO    | Сажа  |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Бензин               | 100   | 100   | 100   | Нет   |
| Бензин + Катализатор | 25-30 | 10    | 25    | Нет   |
| Дизтопливо           | 10    | 10    | 50-80 | 100   |
| Дизтопливо + Газ     | 8-10  | 8-10  | 50-70 | 20-40 |
| Пропан               | 10-20 | 50-70 | 30-80 | Нет   |
| Природный газ        | 5-10  | 1-10  | 25-50 | нет   |

разлета осколков при аварии, поскольку рабочее давление в криогенных системах в десятки раз ниже, чем в случае КПГ;

■ в сравнении с дизельным топливом СПГ обладает лучшими экологическими показателями – исключаются загрязнения почвы и акваторий от проливов, снижаются эмиссии в окружающую среду  $CO_2$ ,  $NO_x$  и прочих вредных веществ (табл. 4)<sup>5</sup>.

Вышеназванные преимущества подтверждены опытом внедрения СПГ на автомобильном и железнодорожном транспорте. Так, например, в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» внедрены и используются бортовые криогенные системы на седельном тягаче КамАЗ (рис. 9) и автобусе НЕФАЗ (рис. 10).

Для применения СПГ на автотранспорте необходимо решить две задачи: конвертировать двигатель

и оборудовать транспортное средство криогенной бортовой топливной системой.

Конвертацию на СПГ дизельных двигателей АТС (в особенности грузовых и тяжелой строительной техники), а также стационарных двигателей предпочтительней выполнять путем замены двигателей на газовые (заводской готовности), работающие по циклу Отто, и постепенного замещения работающей техники новой, укомплектованной газовыми двигателями заводом-изготовителем.

Перевод возможно осуществить и поэтапно. На начальном этапе (в переходный период), в условиях неразвитого производства СПГ и при наличии вероятности срыва поставок газомоторного топлива, следует использовать газодизельный цикл. По мере внедрения технологий производства СПГ необходимо производить полную



Рис. 10. Автобус НЕФАЗ-5299: количество СПГ – 290 л, запас хода – 400 км

конвертацию автотранспортных и стационарных двигателей на указанных выше принципах.

Существенным моментом на этой стадии является то, что подкапотное оборудование автомобиля с криогенной бортовой топливной системой практически не отличается от оборудования газобаллонного автомобиля, работающего на КПГ, поскольку в двигательную установку подается уже переведенный в газообразное состояние и подогретый до обычных температур природный газ. Поэтому не возникает проблем с переводом двигателей транспортных средств на СПГ, их дальнейшей эксплуатацией и техническим обслуживанием.

При разработке программ по переводу двигателей на СПГ следует предусматривать всемерное сокращение переходного периода, так как газодизельный режим работы двигателя характеризуется низкими коэффициентами замещения топлива. Это обусловлено потреблением исключительно дизельного топлива



Рис. 9. КамАЗ-5410: количество СПГ – 290 л, запас хода – 600 км

4 «АГЗК+АТ» № 3 (9) 2003 г.

5 При замене жидкого нефтяного моторного топлива СПГ выбросы в атмосферу окиси углерода снижаются в 10 раз, углеводородов – в 3 раза, оксидов азота – в 2,5 раза, снижаются на 90 % выбросы биологически активных полициклических углеводородов и полностью исключаются выбросы соединений свинца



Таблица 5

| Наименование  | БКТ-100           | БКТ-300          |
|---|-------------------|------------------|
| Геометрический объем, л   | 110               | 325              |
| Количество СПГ, заливаемого в бак, л (эквивалентный объем газа, м³)           | 100 (60)          | 290 (175)        |
| Вид теплоизоляции   | Экранно-вакуумная |                  |
| Максимальное рабочее давление, МПа  | 0,5               |                  |
| Время бездренажного хранения, сутки (в интервале давлений от 0,15 до 0,5 МПа) | 5                 | 10               |
| Габаритные размеры сосуда, мм (длина × ширина × высота)                       | 1250 × 500 × 480  | 1910 × 610 × 610 |
| Масса порожнего сосуда, кг  | 92                | 140              |
| Применение на автомобилях   | ГАЗ-3302 «Газель» | КамАЗ            |

на режиме холостого хода и на режимах с малой нагрузкой (так называемых частичных режимах).

Для перевода автотранспорта на СПГ в ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» использовался один из двух типоразмеров криогенных баков производства «НПО Гелиймаш». Меньший из них пригоден для небольших автомобилей класса «Газель», нами использовался больший – предназначенный для грузовых автомобилей класса «КамАЗ» или тракторной техники.

Технические характеристики оборудования приведены в табл. 5.

Пример установки криогенного бака на автомобиле КамАЗ показан на рис. 9, а на автобусе НЕФАЗ-5299 – на рис. 10.

Также для расширения сферы применения СПГ, а значит и сбыта была разработана технология альтернативного газоснабжения на время проведения ремонтных работ на объектах магистрального газопровода.

В июне 2005 г. Управлением «Уралавтогаз» были проведены первые работы по газоснабжению ЗАО «КОЗ» г. Кыштым на время проведения огневых работ на ГРС регазифицированным природным

газом. Опыт оказался успешным, и в этом же году было проведено еще три работы по газоснабжению Богдановичевского фарфорового завода, Невьянского ЛПУ в Кировграде и Алапаевске за короткий период с сентября по декабрь. В последующие четыре года эта технология замещения трубопроводного газа регазифицированным из СПГ пользовалась все возрастающим спросом, который был ограничен лишь техническими возможностями Управления «Уралавтогаз». При этом следует отметить, что 87% работ выполнены на коммерческой основе в виде оказания услуг сторонним организациям, что говорит о высоком коммерческом потенциале данного направления.

Таким образом, следует сделать вывод о том, что в России назрели объективные предпосылки и сформировались условия для развития малотоннажного производства СПГ. Это развитие следует осуществлять в неразрывной связи с развитием рынка потребления, что под силу только многопрофильным компаниям, обладающим инженерным потенциалом и гибким стратегическим мышлением в области экономической политики.

**ВІТКОВІЦЕ**  
VITKOVICE CYLINDERS a.s.

Мировой лидер производства бесшовных стальных баллонов высокого давления для различного применения. Поставщик широкого ряда баллонов для сжатого натурального газа (CNG) и заправочных станций.

**CNG баллоны**

- ▶ производство цельнотянутых баллонов из заготовки (брусков)
- ▶ баллоны CNG облегченные с внешним диаметром до 406 мм
- ▶ соотношение емкость/вес 1 литр/0,9 кг
- ▶ соответствие стандартам ISO 11439; ECE R 110; NZS 5454; Covenin 3226; ГОСТ 9731-79; ГОСТ 51753-2001
- ▶ Заводы-производители в Чехии, Польше, Аргентине

**CNG газозаправочные станции**

- ▶ для индивидуального пользования
- ▶ для производственного пользования
- ▶ для коллективного пользования

**Применение баллонов**

- ▶ для стационарных и мобильных систем (PED, TPED or ADR)
- ▶ рабочее давление 200, 250, 300, 330 бар и выше
- ▶ емкость несколько тысяч литров

VITKOVICE CYLINDERS a.s. tel. + 420 596 664 621 fax. + 420 596 664 629  
Czech Republic, Europe e-mail: cng@vilkovicеcylinders.cz  
www.vilkovicеcylinders.com

Представитель в России, член Национальной Газомоторной Ассоциации  
ООО «EXITON GROUP», Москва, тел.(495) 781-26-95, факс (495) 781-26-96  
E-mail: exitongroup@gmail.com



## Системы гарантированного электроснабжения

**П**еребои в электроснабжении способны доставить массу неприятностей – как технических, так и финансовых. Компания «FAS» предлагает современные решения, обеспечивающие эффективную защиту от перебоев электроснабжения.

Проблема бесперебойного электропитания всегда доставляла инженерам немало беспокойства. Особенно актуальной она становится сейчас, с широким распространением микропроцессорной техники, весьма чувствительной к электрическим сбоям. Сегодня решение этой проблемы выходит на качественно новый уровень, фундаментом которого стали газовые электрические генераторы.

Силовые установки газовых генераторов – это газопоршневые двигатели внутреннего сгорания, устойчиво работающие на обедненных смесях без возникновения детонации. Такие режимы позволяют сделать работу двигателей тихой и экономичной, существенно повышая моторесурс. Современные газовые ДВС снабжаются электронной системой подачи, автоматически регулирующей состав топливной смеси в зависимости от нагрузки.

Электродвигатели, построенные на базе современных газопоршневых двигателей, принципиально не отличаются от традиционных

систем (за исключением силовой установки) и состоят из двигателя, альтернатора (электрогенератора) и технологической обвязки – узлов управления и обслуживания. В широкой гамме присутствуют модели как с синхронными, так и с асинхронными альтернаторами, одно- и трехфазные. Современные модели оснащаются стабилизаторами выходного тока, обеспечивающими самое высокое качество электроэнергии, и микропроцессорными узлами автоматического управления, мониторинга и контроля работы двигателя.

Внедрение газовых генераторов дает возможность получить следующие преимущества в сравнении с традиционными решениями на базе дизельных и бензиновых ДВС:

- в холодное время года существенно упрощается и ускоряется запуск генератора (не нужны узлы подогрева и запуска);
- газовые генераторы менее критичны к качеству топлива;
- газовые генераторы в составе АГЭС обеспечены очень большим запасом топлива и не требуют мер по организации дополнительного топливного хозяйства;
- в составе выбросов газовых генераторов отсутствуют наиболее вредные непредельные углеводороды, характерные для дизельных и бензиновых ДВС, соединения серы,

ведущие к образованию паров серной и сернистой кислот, и частицы сажи.

Компания «FAS» предлагает системы гарантированного электроснабжения, основанные на газовых генераторах производства международного концерна «Kohler/SDMO». Генераторы предназначены для использования в качестве автономных или резервных мобильных источников стабильного переменного напряжения европейского стандарта (220/380 В с частотой 50 Гц). Модели серии REZG резервного электропитания мощностью от 25 до 125 кВт оборудованы синхронными генераторами с уникальной системой регулирования напряжения (PowerBoost™), моментально реагирующей на изменения нагрузки. Система PowerBoost™ обеспечивает постоянство уровней напряжения и надежность запуска двигателя. Силовая установка генераторов выполнена на базе газопоршневых двигателей PowerTrain фирмы «General Motors», работающих как на природном газе, так и на пропан-бутановых смесях.

Газогенераторы поставляются с системой автоматического запуска/остановки и коммутации с нагрузкой при пропадании/восстановлении напряжения от внешней сети. Модели серии RZX (180-400 кВт) представляют собой мощные решения для основного электропитания, способные не только обеспечить АГЭС, но и сторонние объекты.

**Компания «FAS».**  
**Системы гарантированного электроснабжения.**  
**Работайте без перебоев!**

**РАБОТАЙТЕ БЕЗ ПЕРЕБОЕВ!**

**Газовые электрогенераторы SDMO/KOHLER**

Электрогенераторы резервного/основного питания на пропан-бутане/метане мощностью от 13 до 400 кВт обеспечат гарантированное электроснабжение

**Надежные решения** Global Power Solution™

www.fas.su  
**ХГК** ХИМГАЗКОМПЛЕКТ  
узнайте подробнее о генераторах и другом оборудовании для сжиженного углеводородного газа  
(495) 647 0577 • (495) 76 76 495 • (812) 335 4950

## Перспективы применения электрохимических генераторов на основе топливных элементов в строительной и коммунальной мобильной технике

**В.С. Янченко,**

доцент Брянской государственной инженерно-технологической академии (БГИТА), к.т.н.

**С.А. Григорьев,**

зав. лабораторией Института водородной энергетики и плазменных технологий ФГУ РНЦ «Курчатовский институт», к.т.н.,

**Ю.И. Фокин,**

декан, профессор Брянского государственного технического университета (БГТУ), к.т.н.

В статье рассмотрены перспективы применения электрохимических генераторов на основе топливных элементов в строительной и коммунальной мобильной технике. Предложены возможные схемы организации производства и доставки водорода, параметры электрохимического генератора. Показана перспективность применения обратимого электрохимического генератора. Для обеспечения водородной безопасности мобильной техники и соответствующих объектов инфраструктуры предлагается использование каталитических дожигателей водорода.

**Ключевые слова:** электрохимический генератор, топливный элемент, строительная и коммунальная мобильная техника, каталитический дожигатель водорода.

## Outlook of application of electrochemical generators on the basis of fuel cells in the constructive and municipal mobile technics

**V.S. Yanchenko, S.A. Grigoriev, Y.I. Fokin**

Outlook of application of electrochemical generators on the basis of fuel cells in the constructive and municipal mobile technics are considered. Possible schemes of hydrogen production and supply, parameters of the electrochemical generator are offered. Prospectivity of application of the reversible electrochemical generator is shown. Catalytic hydrogen recombiners are offered to provide hydrogen safety of mobile technics and corresponding objects of infrastructure.

**Keywords:** electrochemical generator, fuel cell, constructive and municipal mobile technics, catalytic hydrogen recombiner.

Многие экологические, экономические и социальные проблемы, особенно остро обозначившиеся в последние годы, создают предпосылки к переходу от традиционной углеводородной энергетики к энергетике водородной, предполагающей широкое применение водорода в качестве альтернативного моторного топлива, кроме прочего, и на транспорте [1]. В литературных и периодических источниках информации, а также в дискуссиях в ходе различных специализированных мероприятий обсуждаются вопросы применения электрохимических генераторов (ЭХГ) на основе топливных элементов в основном на автомобилях, судах (надводных и подводных) и на железнодорожном транспорте. Гораздо меньше внимания уделяется другим мобильным машинам: строительным, дорожно-строительным и коммунальным, а также передвижным агрегатам различного назначения. Исследованием этой проблемы в течение ряда лет занимаются специалисты БГИТА и БГТУ (г. Брянск) совместно с учеными ФГУ РНЦ «Курчатовский институт» (г. Москва) [2-4].

Применение ЭХГ на указанных мобильных машинах имеет ряд особенностей в сравнении с автомобильной техникой. Для таких машин как автогрейдеры, асфальтоукладчики, фрезы, асфальтовые катки, экскаваторы, бульдозеры несущественно лобовое сопротивление (в отличие от автомобилей), то есть нет строгих требований к объему и форме подкапотного пространства. Большинство этих машин выпускается с гидроприводом как на ведущие колеса, так и на рабочие органы, что облегчает перевод их на электросиловые установки и электропривод. Двигатели энергоустановок землесосных снарядов, передвижных компрессорных станций, привода барабанов автобетоносмесителей и тому подобных машин работают практически в стационарном режиме, что снижает требования к динамическим характеристикам ЭХГ. Выделяемое при работе ЭХГ тепло (до 50% энергии топлива) может использоваться не только для обогрева кабины водителя, но и для технологических целей, например, в асфальтоукладчиках для



Асфальтоукладчик Асф-К-3-02

подогрева асфальтобетонной смеси, на асфальтобетонных заводах для подогрева битума и так далее.

Использование строительных, дорожных и коммунальных машин на улицах населенных пунктов, а землесосных снарядов и мелиоративно-строительных машин на водоемах и в зеленых зонах повышает экологические требования к ним. В этих вопросах, как известно, ЭХГ – вне конкуренции. Кроме этого, для заправки топливом тихоходных строительных и дорожных машин используются автомобильные топливозаправщики, что облегчает переход на новые виды моторного топлива (водород, метанол). Таким образом, на первых этапах внедрения ЭХГ использование их для мобильных машин различного промышленного назначения может быть эффективнее и быстрее, чем на автотранспорте.

Разработка и внедрение ЭХГ для мобильных машин требует решения двух основных достаточно сложных проблем. Первая («внутренняя») проблема связана с тем, что разработка энергоустановок с ЭХГ должна сопровождаться исследованиями по применению электропривода ведущих колес и рабочих звеньев механизмов, возможно, в сочетании с гидроприводом или пневмоприводом. Здесь имеется достаточное количество конструкторских решений и наработок как по электромобильному



Автогрейдер GS-18.07

транспорту, так и по электроприводам в других областях техники. Общей схемой для техники, имеющей нестационарный динамический режим работы, является гибридная силовая установка, в которой ЭХГ дополняется ДВС либо аккумуляторной батареей (АКБ).

Вторая («внешняя») проблема – это выбор топлива для ЭХГ. Она является комплексной и включает в себя технологический, экономический и даже политический компоненты, поскольку внедрение и развитие новой топливной инфраструктуры требует решений на государственном уровне и значительного финансирования.

Технологически выбор топлива тесно связан с типом применяемого топливного элемента, с выбранной схемой энергоустановки на транспортном средстве и, исходя из этого, диктует требуемую инфраструктуру снабжения и заправки. Достаточно



Фреза дорожная ФДХС-К-1000-01

обширный обзор и доскональный анализ этого вопроса приведен в [5], при этом используется понятие «жизненного цикла водорода». Для рассматриваемых мобильных машин и передвижных агрегатов представляются эффективными следующие параметры ЭХГ:

- тип ЭХГ – на основе топливных элементов с твердым полимерным электролитом (ТПЭ, в англ. аббревиатуре PEMFC);

- окислитель – кислород воздуха;
- топливо – чистый водород.

Способ хранения водорода на мобильной машине – обратимый гидридный аккумулятор (ОГА) водорода (в перспективе – баллон-адсорбер на нанотрубках).

Немаловажным является выбор способов получения водорода и заправки техники. Представляется

оправданным получение водорода на базах расположения техники – в строительных и строительномонтажных управлениях (СУ, СМУ), передвижных механизированных колоннах (ПМК), специализированных гаражах и т.п. При этом одним из высокоэффективных и экологически чистых способов получения водорода является электролиз воды с ТПЭ [6]. В зависимости от технологического режима работы мобильной машины, вариантов использования ее на строительном объекте заправка может производиться непосредственно на базе или с помощью автозаправщика. Для хранения водорода на базах, а также в емкостях автозаправщиков целесообразно применять ОГА, которые должны стать унифицированной единицей водородной инфраструктуры.

В отдельных случаях на борту мобильных машин, находящихся на базе в ночное время, перспективно использование бифункциональной (обратимой) системы электролизер – топливный элемент [7]. В этом случае в ночные часы ЭХГ будет работать от электросети в режиме электролизера воды для заправки системы хранения водорода (и кислорода), а в рабочее время – в режиме топливного элемента. В этом случае будет обеспечиваться снижение стоимости и массогабаритных характеристик ЭХГ (вместо отдельных электрохимических модулей используется один).

Следует отметить, что как мобильная техника, так и объекты инфраструктуры (электролизные установки, системы хранения водорода, водородные заправочные станции и т.д.), обеспечивающие ее работу, должны оснащаться эффективными системами водородной безопасности. В частности, могут быть применены высокоэффективные каталитические дожигатели водорода на основе высокопористого ячеистого материала (ВПЯМ), созданные в ФГУ РНЦ «Курчатовский институт». Дожигатель состоит из открытого с торцов конвективного корпуса, в нижнюю часть которого вмонтирован картридж на основе ВПЯМ, активированный наночастицами металлов платиновой группы. При появлении водорода в атмосфере кабины, подкапотного



пространства, гаража и т.п. дожигатель спонтанно начинает процесс рекомбинации водорода в каталитическом блоке, в результате чего его температура растет, обеспечивая конвективную циркуляцию газовой смеси через дожигатель до достижения безопасной концентрации водорода в атмосфере.

В настоящее время в различных публикациях обсуждается и анализируется достаточно много схем ЭХГ, проблемы использования различных топлив для них, а также способы получения водорода и хранения его на транспортных средствах. Наблюдается определенное распыление материальных и интеллектуальных ресурсов. Однако становится ясно, что технологически, экономически и экологически применение водорода будет эффективно только тогда, когда цены на минеральное топливо по мере его исчерпания возрастут до уровня, сопоставимого со стоимостью водорода. Очевидно при этом, что основными производителями электроэнергии станут ядерные энергоустановки и установки на возобновляемых источниках энергии.

Поэтому именно электролиз воды станет одним из самых приемлемых способов развития водородной инфраструктуры для мобильной техники. Итак, с точки зрения авторов, для решения вопроса об использовании ЭХГ с топливными элементами на мобильных машинах различного назначения необходимо сосредоточить усилия на исследованиях в следующих направлениях:

- гибридные схемы силовых установок с ЭХГ с ТПЭ;
- системы хранения водорода типа ОГА;
- системы производства водорода электролизом воды в местах базирования мобильной техники.

Кроме того, при разработке вышеуказанных систем должны приниматься во внимание соответствующие требования водородной безопасности.

## Литература

1. Козлов С.И., Фатеев В.Н. Водородная энергетика: современное состояние, проблемы, перспективы. Под ред. Е.П. Велихова, М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2009. – 520 с.
2. Фокин Ю.И., Янченко В.С., Журавлев В.В. Перспективы использования топливных элементов на дорожных строительных машинах и автомобильном транспорте. Наука и производство – 2009: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (19-20 марта 2009 г., Брянск): в 2 ч. – Брянск, 2009. – Ч. 1. – С. 369-370.
3. Фокин Ю.И., Янченко В.С., Журавлев В.В. Проблемы выбора первичного горючего для топливных элементов транспортных средств. Вестник Брянского государственного технического университета. 2009, № 2 (22). – С. 87-92.
4. Григорьев С.А., Фокин Ю.И., Янченко В.С. Повышение энергосбережения и экологической безопасности при применении водородной энергетика для строительных и дорожных машин. Проблемы инновационного биосферно совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах. Материалы 1-й междунар. научно-практической конф. 8-9.10.2009 г. Брянск. Том 1. – С. 161-166.
5. Шаманов Н.П., Калмыков А.Н. Электрохимические транспортные энергоустановки с водородным топливом: Монография. СПбГМТУ. – С-Пб., 2006. – 306 с.
6. Григорьев С.А., Порембский В.И., Фатеев В.Н., Самсонов Р.О., Козлов С.И. Получение водорода электролизом воды – современное состояние, проблемы и перспективы. – Транспорт на альтернативном топливе, № 3, 2008. – С. 62-69.
7. Григорьев С.А. Обратимые электрохимические системы с твердым полимерным электролитом. – Электрохимическая энергетика, 2009. Т. 9, № 3. – С. 128-137.



## Требования по подготовке статей к опубликованию в журнале

В связи с тем, что Международный научно-технический журнал Национальной газомоторной ассоциации «Транспорт на альтернативном топливе» включен в 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, CMYK) – 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).

## Эфиры – перспективные альтернативные моторные топлива для дизельных двигателей

**Л.В. Грехов,**

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

**В.А. Марков,**

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

*Окончание. Начало в № 3 (15) 2010 г.*

## Ethers – Perspective Alternative Fuels for Diesel Engines

**L.V. Grekhov, V.A. Markov**

*The end. The beginning in Nr 3 (15) 2010.*

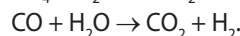
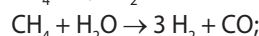
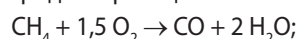
В настоящее время эфиры рассматриваются как перспективные моторные топлива для дизелей. Как и молекулы спиртов, молекулы эфиров содержат значительное количество кислорода, но отличаются от спиртов высокими цетановыми числами и сравнительно низкими температурами самовоспламенения. Поэтому при работе дизелей на эфирах, как правило, не требуются мероприятия по принудительному воспламенению рабочей смеси, а в ОГ содержится очень небольшое количество сажи и других токсичных компонентов [1].

Характерным простейшим эфиром является диметиловый эфир (ДМЭ или DME, см. табл. 1 в первой части статьи в предыдущем номере). В молекуле ДМЭ два метиловых радикала  $\text{CH}_3$  соединены атомом кислорода, а его доля в этой молекуле составляет около 35% (см. рис. 1 в первой части статьи в предыдущем номере). Следует также отметить, что в молекуле ДМЭ два атома углерода не связаны между собой, а связь этих атомов с атомом кислорода сравнительно слабая. Поэтому при сгорании ДМЭ в дизеле эта связь легко разрывается, и в ОГ практически отсутствует сажа, но из-за значительного содержания кислорода в молекуле ДМЭ имеет сравнительно низкую теплоту сгорания.

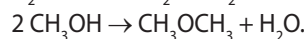
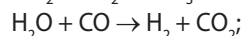
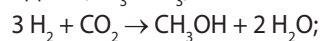
Идея применения ДМЭ в качестве моторного топлива для дизелей, данные о возможности его крупномасштабного производства и первые результаты использования

в дизелях опубликованы фирмами «АМОСО» и «Navistar» (США), «Haldor Topsøe» (Дания) и «AVL» (Австрия) в 1995 г. на конгрессе SAE в Детройте (США) [1].

Диметиловый эфир может быть получен из любого углеводородного сырья (в том числе – из биомассы), но основным сырьем для производства ДМЭ в России является природный газ (продукт его окисления – синтез-газ). Природный газ (метан  $\text{CH}_4$ ) реагирует с кислородом и водяным паром с образованием монооксида (СО) и диоксида ( $\text{CO}_2$ ) углерода по реакциям:



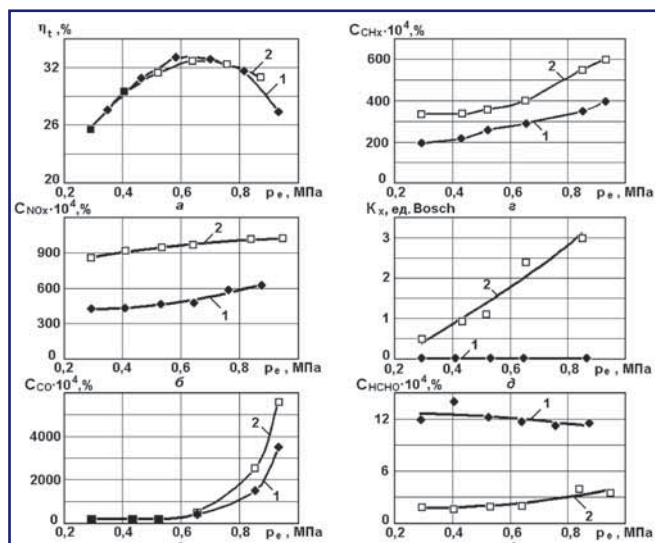
При последующем каталитическом синтезе из СО и  $\text{CO}_2$  через промежуточное получение метанола  $\text{CH}_3\text{OH}$  образуется ДМЭ ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ):



Технология производства этого топлива разработана датской фирмой «Haldor Topsøe» [1]. Пока промышленное производство ДМЭ осуществляется исключительно на стационарных установках. Однако быстрый прогресс в технологии производства ДМЭ (в частности, снижение давления синтеза с 32 до 9 МПа, переход на низкотемпературный катализатор и т.д.) может привести к появлению компактных реакторов ДМЭ, которые можно будет разместить на борту транспортного средства. Работы в этом направлении проводятся рядом зарубежных фирм, в частности фирмой «Volvo».

Классическим примером использования ДМЭ в качестве моторного топлива для дизелей являются исследования работы [2]. Они проведены на одноцилиндровом четырехтактном дизеле без наддува с непосредственным впрыскиванием топлива и номинальной мощностью  $N_e=11$  кВт при  $n=2300$  мин<sup>-1</sup>. Дизель имел размерность  $S/D=11,5/10$ , рабочий объем  $V_h=903$  см<sup>3</sup>, степень сжатия  $\varepsilon=18,4$ , вихревое отношение воздушного заряда  $D=2,3$ . ДМЭ в КС подается штатной топливной системой дизеля. Испытания показали, что перевод дизеля с дизельного топлива (ДТ) на ДМЭ значительно улучшал показатели токсичности ОГ (рис. 4), не оказывая заметного влияния на термический КПД двигателя  $\eta_t$ . Лишь с точки зрения содержания в ОГ формальдегида  $\text{НСНО}$  работа дизеля на ДМЭ уступала его работе на ДТ. Однако содержание этого простейшего альдегида в ОГ в обоих случаях весьма незначительно.

Аналогичные результаты получены в работе [3] при испытании дизеля 14Н 10,8/11,5. Отмечено уменьшение периода задержки воспламенения ДМЭ и увеличение продолжительности сгорания в сравнении с ДТ, а также сравнительно слабое влияние давления впрыскивания ДМЭ на показатели рабочего процесса. Использование



**Рис. 4.** Зависимость термического КПД  $\eta_t$  (а), объемных концентраций в ОГ оксидов азота  $C_{NOx}$  (б), монооксида углерода  $C_{CO}$  (в), легких углеводородов  $C_{CHx}$  (г), дымности ОГ  $K_x$  (д) и содержания в них формальдегида  $C_{CH_2O}$  (е) от нагрузки на дизель (среднего эффективного давления  $p_e$ ), работающий на режиме с частотой вращения коленчатого вала  $n=1800$  мин<sup>-1</sup> на различных топливах: 1 – ДМЭ; 2 – ДТ

ДМЭ позволило заметно улучшить показатели токсичности ОГ (в первую очередь – дымность ОГ и выброс оксидов азота). Таким образом, известное противоречие между минимизацией выбросов твердых частиц и  $NO_x$ , возникающее при оптимизации рабочего процесса дизеля, при использовании ДМЭ решается просто: есть возможность деформировать рабочий процесс в сторону необходимого минимума выбросов  $NO_x$ .

Кроме ДМЭ, в качестве топлива для дизелей используются и другие рассмотренные выше эфиры. Привлекательным представляется использование в качестве топлива для дизелей диэтилового эфира (DEE, см. табл. 1 в первой части статьи в предыдущем номере), обладающего очень хорошей самовоспламеняемостью ( $ЦЧ > 125$ , температура самовоспламенения  $t=180^\circ\text{C}$ ) и содержащего 21,6% кислорода. Результаты исследований дизелей, работающих на DEE и его смесях с другими топливами, приведены в публикациях [1, 4]. Однако его применение затруднено из-за большой огне- и взрывоопасности.

Показатели ряда дизелей, работающих на дибутиловом эфире (DBE, табл. 1 в первой части статьи в предыдущем номере), представлены в работах [1, 5-7]. Исследованы особенности работы дизелей и на других простых симметричных эфирах – диизоамиловом (DIAE, табл. 1 в первой части статьи в предыдущем номере), изооктиловом и др. [1, 7, 8].

В бензиновых двигателях в качестве кислородсодержащих добавок (оксигенатов) к бензинам, повышающих их октановое число, широко используются различные эфиры, среди которых можно отметить метилтретбутиловый эфир

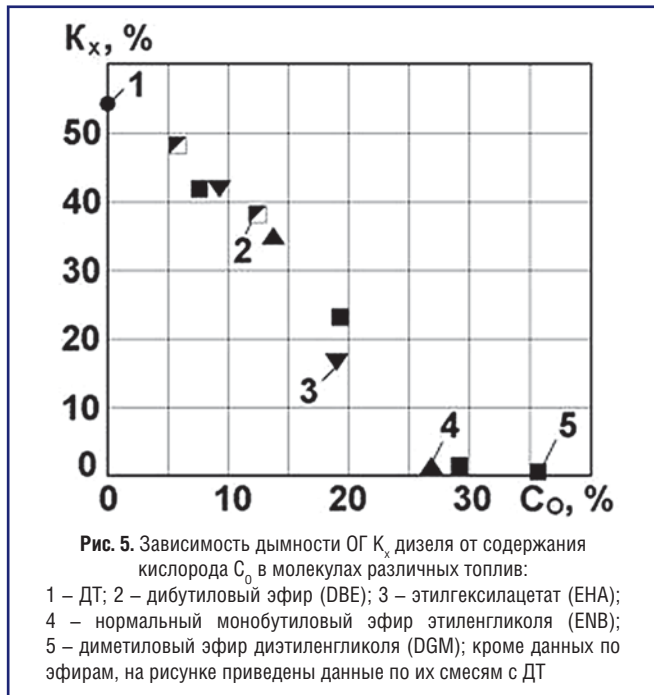
(МТБЭ, табл. 2 в первой части статьи в предыдущем номере), этилтретбутиловый эфир (ЕТБЭ, табл. 2), метилтретамиловый эфир (МТАЭ или ТАМЕ, табл. 2), диизопропиловый эфир (DIPE, табл. 1) [1]. Их разработкой и исследованием занимались фирмы «General Motors», «Chrysler», «Ford», «Exxon», «Техасо» и др. Эти эфиры можно использовать в качестве добавок к основному топливу и в дизельных двигателях. Добавление в ДТ (или другие виды топлива) оксигенатов, отличающихся хорошей воспламеняемостью в условиях КС дизелей, позволяет заметно улучшить показатели двигателя. Среди оксигенатов наиболее перспективен МТБЭ, который производится для этой цели в промышленном масштабе. Его добавка в бензин существенно снижает содержание в ОГ токсичных продуктов неполного сгорания, особенно ароматических углеводородов, и не приводит к повышению коррозионной активности бензина. Эти эфиры могут использоваться и в качестве топлива для дизелей (обычно в смеси с ДТ) [1].

Проблемам организации работы дизелей на диметоксиметане (DMM, табл. 3 в первой части статьи в предыдущем номере) посвящены работы [1, 9-11]. Молекулы этого эфира содержат 42% кислорода. Он имеет цетановое число  $ЦЧ=28,5$  и может использоваться в смесях с синтетическими топливами, тяжелыми нефтяными топливами, спиртами и другими топливами. Возможно использование в качестве топлива для дизелей и ненасыщенных эфиров, например, анизол (рис. 2 в первой части статьи в предыдущем номере), содержащего в молекуле кольцевую бензольную структуру [1, 7].

Проблемам использования в качестве топлива для дизелей простых эфиров этиленгликоля, диэтиленгликоля и трипропиленгликоля посвящена работа [7], в которой исследованы моноэтиловый эфир этиленгликоля (этилцеллозольв), диметилловый эфир этиленгликоля (глим, диметилцеллозольв), диэтиловый эфир этиленгликоля (диэтилцеллозольв), дибутиловый эфир этиленгликоля (дибутилцеллозольв), диэтиловый эфир диэтиленгликоля (диэтилкарбитол), дибутиловый эфир диэтиленгликоля (дибутилкарбитол), диметилловый эфир триэтиленгликоля (триглим) (табл. 3 в первой части статьи в предыдущем номере). Среди них можно выделить диметилловый эфир диэтиленгликоля (диглим, табл. 3), молекулы которого содержат 35,8% кислорода, а цетановое число превышает 125 ед. [1, 5-7, 12]. Еще одним перспективным топливом для дизелей является монобутиловый эфир этиленгликоля (бутилцеллозольв – ENB, табл. 3) [1, 5-7].

Возможно использование в качестве топлива для дизелей сложных эфиров, относящихся к группе ацетатов (табл. 4 в первой части статьи в предыдущем номере). Некоторые из них являются отходами химических и биохимических производств, и их сжигание в дизелях позволяет решить проблему их утилизации. В качестве добавки к ДТ могут





быть использованы этилацетат, бутилацетат, винилацетат и др. Этилгексилacetат (ЕНА, табл. 4) может применяться и как основное топливо [1, 5, 6].

Сложные эфиры растительного происхождения (сложные эфиры растительных масел) уже широко используются в качестве кислородсодержащих добавок к дизельным топливам в ряде стран Европы (топливо Biodiesel). Особенности их применения в качестве топлива для дизелей рассмотрены в работах [1, 13].

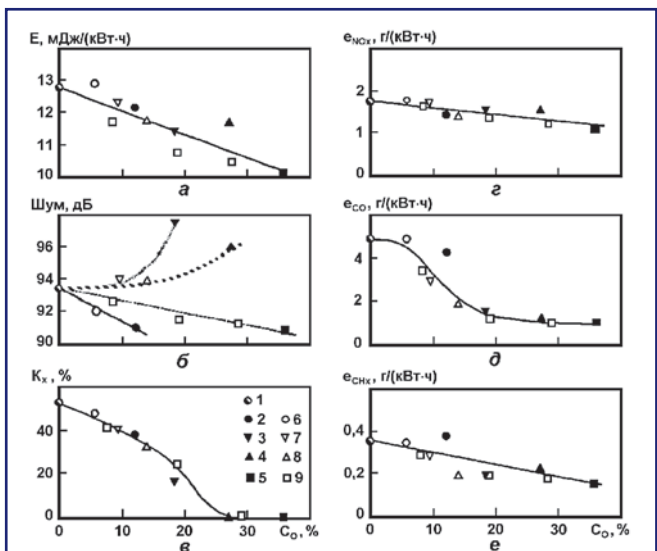
Несомненным преимуществом использования эфиров в качестве топлива для дизелей являются малые выбросы сажи или практически полное отсутствие ее в ОГ. По данным работ [5, 6] при дымности ОГ дизеля, работающего на ДТ, равной  $K_x=55\%$ , его перевод на эфиры, молекулы которых содержат более 25-30% кислорода, сопровождается снижением  $K_x$  до величины менее 1% по шкале Хартриджа (рис. 5).

Результаты сравнительных экспериментальных исследований дизелей, работающих на различных эфирах, приведены на рис. 6 [1, 6]. Исследованы четыре упомянутые выше эфира – дибутиловый эфир, этилгексилacetат, монобутиловый эфир этиленгликоля и диметилловый эфир диэтиленгликоля. Испытания проведены на дизелях Yanmar NF19 (размерность  $D/S=110/106$ , степень сжатия  $\epsilon=16,3$ , мощность  $N=11,8$  кВт при  $n=2200$  мин<sup>-1</sup>) и Yanmar NFD13 (размерность  $D/S=92/96$ , степень сжатия  $\epsilon=17,7$ , мощность  $N=8,6$  кВт при  $n=2600$  мин<sup>-1</sup>), имеющих тороидальную КС в поршне. При работе этих дизелей на всех исследованных эфирах достигнуто снижение выбросов с ОГ твердых частиц, оксидов азота  $NO_x$ , газообразных углеводородов  $CH_x$  и дымности ОГ  $K_x$ . Для двух видов топлива с более высокой воспламеняемостью (DBE и DGM) отмечено снижение

уровня шума. Снижение токсичности ОГ зависит, главным образом, от содержания кислорода в молекулах топлива и практически не зависит от строения молекулы. Положительные результаты получены не только при работе дизеля на чистых эфирах (DBE, ЕНА, ЕНВ и DGM), но и на их смесях с ДТ.

В работе [14] исследован коммерческий шестицилиндровый дизель с непосредственным впрыскиванием топлива, работающий на смесях ДТ с метиловым эфиром трипропиленгликоля (ТРМО, табл. 3 в первой части статьи в предыдущем номере) и со сложным метиловым эфиром соевого масла. Исследуемый дизель с турбонаддувом выполнен с рабочим объемом  $iV_h=7,961$  л, степенью сжатия  $\epsilon=18$ , номинальной мощностью  $N_e=191$  кВт при  $n=2700$  мин<sup>-1</sup>. При работе дизеля на смесях базового ДТ с ТРМО отмечено монотонное снижение выбросов всех нормируемых токсичных компонентов ОГ с увеличением содержания эфира  $C_3$  в смесевом топливе. Причем, максимальное снижение этих выбросов получено при  $C_3=50\%$  (об.) и составило для оксидов азота  $e_{NO_x}=-3\%$ , для монооксида углерода  $e_{CO}=-19\%$ , для несгоревших углеводородов  $e_{CH_x}=-22\%$ , для твердых частиц  $e_{TC}=-63\%$ . Такое улучшение показателей токсичности объясняется высоким цетановым числом ТРМО ( $ЦЧ=70$ ) и большим содержанием кислорода в его молекуле ( $C_o=31,0\%$ ).

Представленные данные соответствуют традиционной организации рабочего процесса дизеля – подаче эфиров и их смесей с дизельным топливом в КС дизеля штатной системой топливоподачи и воспламенение



**Рис. 6.** Зависимость количества выделившейся при сгорании энергии  $E$  (а), уровня шума (б), дымности ОГ  $K_x$  (в), удельных выбросов с ОГ оксидов азота  $NO_x$  (г), монооксида углерода  $e_{CO}$  (д) и несгоревших углеводородов  $e_{CH_x}$  (е) дизеля от содержания кислорода  $C_o$  в молекулах различных топлив:

- 1 – ДТ; 2 – дибутиловый эфир (DBE); 3 – этилгексилacetат (ЕНА); 4 – нормальный монобутиловый эфир этиленгликоля (ЕНВ); 5 – диметилловый эфир диэтиленгликоля (DGM); 6 – смесь ДТ и DBE; 7 – смесь ДТ и ЕНА; 8 – смесь ДТ и ЕНВ; 9 – смесь ДТ и DGM

топливо-воздушной смеси от теплоты сжатия. Но возможны и другие способы организации рабочего процесса дизеля при использовании указанных топлив.

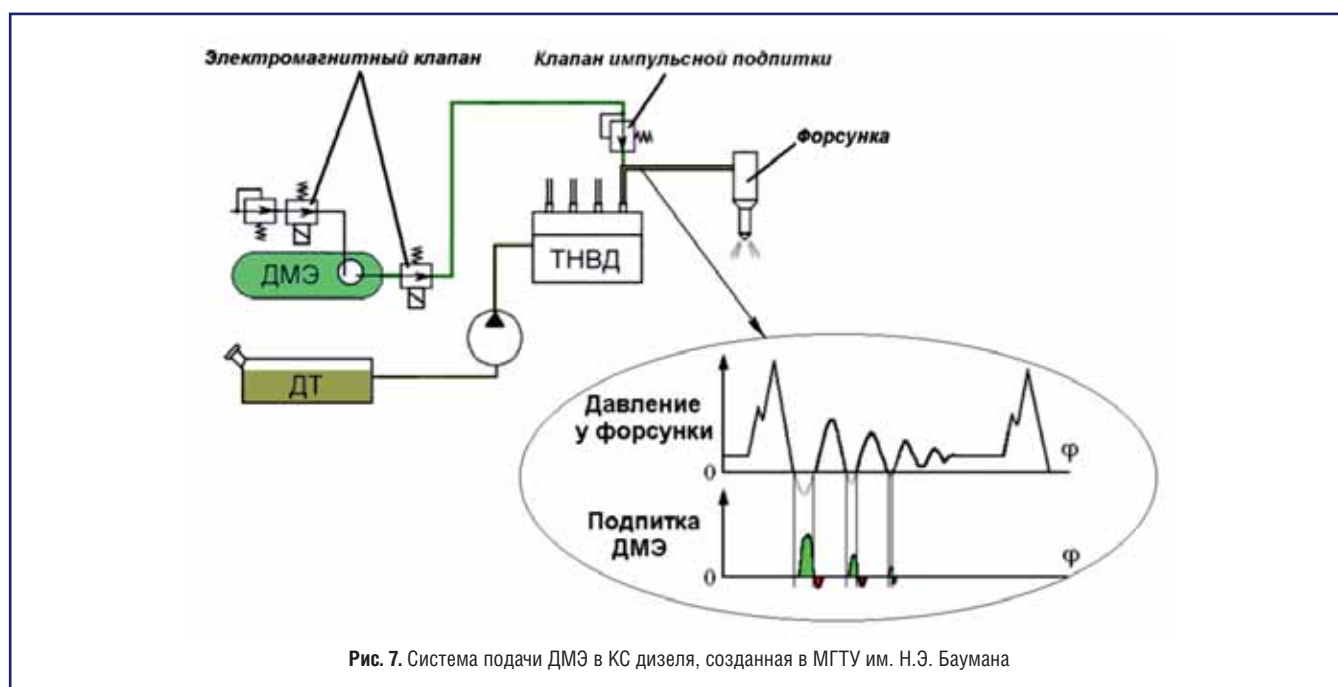
Поскольку многие эфиры обладают сравнительно высоким цетановым числом, они могут быть использованы в качестве запального топлива в двухтопливных двигателях, работающих на топливах с высокой температурой самовоспламенения (например, на спиртах). При этом возможна различная организация рабочего процесса дизеля. Опубликованы результаты исследований дизелей, работающих на природном газе, метаноле и других низкоцетановых топливах с подачей ДМЭ на впуске [1, 15].

Высокое цетановое число ДМЭ и его низкая вязкость позволяют использовать его в смесях с высоковязкими низкоцетановыми топливами, например, растительными маслами с целью улучшения их физико-химических свойств, актуальных для распыливания, воспламенения, горения и в отношении экологических показателей. Сравнение результатов испытаний дизеля 4 Ч10,8/11,5 при работе на ДТ, на топливе, полученном при этерификации растительного масла, смесях растительных масел с ДМЭ и чистом ДМЭ подтверждает возможность улучшения качества растительных и синтетических моторных топлив [1, 13]. Наличие и увеличение доли ДМЭ в смеси изменяет характеристики эмиссии вредных веществ – снижается дымность ОГ, есть возможность снизить выбросы  $\text{NO}_x$ , но растут выбросы  $\text{CH}_x$  и  $\text{CO}$ . Также несколько снижаются выбросы  $\text{CO}_2$ .

Другим вариантом организации рабочего процесса является смешивание эфиров с низкоцетановыми спиртовыми или газообразными топливами. Пример подобного применения эфиров описан в работе [8]. Исследован

дизель типа L60 (1 ЧН 7,5/6,2), работающий на смесях дизельного топлива и этанола, а в качестве добавки, улучшающей воспламенение смесевых топлив и сокращающей период задержки воспламенения, использован диизоамиловый эфир (DIAE, табл. 1 в первой части статьи в предыдущем номере) с температурой самовоспламенения  $t=250^\circ\text{C}$ . Исследуемый одноцилиндровый четырехтактный дизель с турбонаддувом и непосредственным впрыскиванием топлива имел степень сжатия  $\varepsilon=20$  и систему охлаждения наддувочного воздуха. Добавление DIAE в смесевые топлива приводило к их более мягкому сгоранию с приемлемыми показателями динамики процесса сгорания и топливной экономичности, а также к улучшенным показателями дымности и токсичности ОГ.

Пример подобного использования ДМЭ приведен в работе [1]. Исследована двойная система топливоподачи автомобильного дизеля ACME ADN-37 ( $\varepsilon=19$ ,  $V_h=0,337$  дм<sup>3</sup>,  $N_e=4$  кВт при  $n=3000$  мин<sup>-1</sup>), работающего на метаноле с подачей в КС запальной дозы ДМЭ. Причем, ДМЭ вырабатывается из метанола в небольшом реакторе, установленном непосредственно на автомобиле. При переводе дизеля на эфирметаноловую смесь резко снижается или вообще отсутствует эмиссия сажевых частиц. В то же время концентрация монооксида углерода в ОГ увеличивается в среднем на 30-40%. Выявлено и небольшое повышение эмиссии несгоревших углеводородов. Рост эмиссии  $\text{CH}_x$  и  $\text{CO}$  при работе дизеля на эфирметаноловой смеси обусловлен увеличением количества несгоревших паров горючей смеси, присутствующих в застойных зонах цилиндра. Но такое увеличение выбросов  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_x$  не является критическим, поскольку эти компоненты могут быть легко окислены с помощью каталитического нейтрализатора.



Высокое цетановое число ДМЭ позволяет использовать его в качестве запальной дозы для воспламенения низкоцетановых газообразных топлив в двухтопливных дизелях. В работах [1, 16] представлены результаты исследований дизелей, работающих на смесях ДМЭ с пропаном и дизельным топливом.

Кроме рассмотренных принципов организации рабочего процесса, возможна работа дизеля на гомогенной смеси природного газа и ДМЭ [1, 17]. В этом случае смешивание природного газа и ДМЭ в газовой фазе с воздухом происходит во впускном трубопроводе дизеля, а момент самовоспламенения рабочей смеси в цилиндрах дизеля регулируется путем обеспечения требуемых соотношений указанных компонентов в рабочей смеси. Благодаря высокому цетановому числу ДМЭ и хорошему качеству смесеобразования при работе дизеля на природном газе с добавками ДМЭ достигается не только более устойчивое воспламенение на режимах малых нагрузок и при пуске, но и работа с меньшей дозой запального топлива. Объединение двух высокоэкологических топлив – природного газа и ДМЭ – обеспечивает получение высоких экологических показателей дизелей.

Интенсивные исследовательские работы по использованию ДМЭ в качестве топлива для дизелей проведены в России [1]. Начиная с 2002 г. в соответствии с постановлением Правительства Москвы принят ряд целевых программ по переводу городского дизельного автотранспорта на ДМЭ. В рамках этих программ проведены работы по адаптации дизельных двигателей Д-245.12 (4 ЧН 11/12,5) малотоннажных грузовых автомобилей ЗиЛ-47303А «Бычок», двигателей типа КамАЗ-740 грузовых автомобилей, ряда других двигателей транспортных средств к работе

на ДМЭ. В соответствии с городской целевой программой «Диметилвый эфир – экологически чистое моторное топливо для дизельного транспорта Москвы на 2005-2007 гг.» и предшествующими ей программами предложены три схемы системы подачи ДМЭ в цилиндры дизеля. ФГУП «НАМИ» и ФГУП «НИИД» разработали системы топливоподачи «чистого» ДМЭ в цилиндры двигателя, а в МГТУ им. Н.Э. Баумана предложена схема подачи смесового топлива (смесь ДТ и ДМЭ). В качестве базового был использован штатный топливный насос высокого давления (ТНВД) типа УТНМ производства Ногинского завода топливной аппаратуры (НЗТА). Эти три различных схемы и технологии применения ДМЭ на автомобилях ЗиЛ-47303А «Бычок» с дизелями Д-245.12 прошли всесторонние испытания – на полигоне ГУП «НИЦИАМТ» (г. Дмитров) и в условиях реальной эксплуатации автомобиля.

В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработана схема системы подачи смеси дизельного топлива и ДМЭ в КС дизеля, представленная на рис. 7. Процесс подачи ДМЭ и образование смесового топлива осуществляются следующим образом. ДМЭ из бака подается к двигателю под давлением 1,0-1,5 МПа, создаваемым сжатым азотом. Наддув баллона с ДМЭ азотом позволяет сохранить избыточное давление приблизительно на одном уровне в процессе потребления ДМЭ, исключить вероятность образования паровых пробок и прекращения работы дизеля. Кроме этого, безнасосная схема подачи ДМЭ соответствует требованиям взрыво- и пожаробезопасности, так как при температуре ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  давление насыщенных паров эфира становится ниже атмосферного, что не исключает вероятность попадания атмосферного воздуха внутрь баллона. ДМЭ, пройдя через электромагнитный клапан отсечки подачи,

Таблица 5

### Показатели впрыскивания топлив в дизель Д-245.12С с ТНВД НЗТА

| Показатели впрыскивания                    | ДТ    | ДМЭ   | 90% ДТ+ 10% ДМЭ* |
|--|-------|-------|------------------|
| Цикловая подача $g_{ци}$ , мг              | 79    | 118   | 82,7             |
| Активный ход плунжера, мм                  | 2,15  | 6,56  | 2,56             |
| Величина подвпрыскивания, % от $g_{ци}$    | 0     | 1,2   | 0                |
| Максимальное давление перед форсункой, МПа | 55,09 | 38,38 | 55,08            |
| Продолжительность подачи, град. п.к.в.     | 21,4  | 43,5  | 22,4             |
| Запаздывание начала подачи, град. п.к.в.   | 11,20 | 23,4  | 12,50            |

Примечание. п.к.в. – поворот коленчатого вала; \* – указаны объемные доли ДТ и ДМЭ.

Таблица 6

### Параметры подачи ДМЭ с ТНВД НЗТА при различных условиях (опытная система топливоподачи дизеля Д-245.12С с КИП, $n=1200$ мин<sup>-1</sup>)

| Наименование                               | $P_{форс}^{max}$ , МПа | $P_{впр}^{max}$ , МПа | $G_{КИП}$ , % |
|--|------------------------|-----------------------|---------------|
| Штатная система                            | 55,09                  | 41,2                  | 0             |
| Подача смеси ДТ и ДМЭ через ТНВД (32% ДМЭ) | 43,23                  | 30,95                 | 0             |
| КИП у ТНВД                                 | 51,6                   | 36,56                 | 32            |
| КИП у ТНВД с $d_{тр}=1,5$ мм               | 48,26                  | 34,22                 | 67            |
| КИП у форсунки                             | 53,53                  | 38,07                 | 45            |



поступает к топливной рампе и к клапанам импульсной подпитки (КИП). Смешение ДМЭ с ДТ осуществляется в КИП, через которые происходит многократное всасывание ДМЭ в трубопроводы высокого давления после закрытия иглы форсунки в условиях затухающего волнового процесса изменения давления топлива в трубопроводе. Схема подачи ДМЭ в линию высокого давления с помощью КИП была предложена и апробирована для широкого круга задач (в том числе для подачи сжиженных газов) профессором Н.Н. Патрахальцевым. Именно с использованием клапанов импульсной подпитки в лабораториях РУДН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, АлтГТУ удавалось подавать в линию высокого давления различные топлива, включая сжиженный газ, вязкие суспензии, водород и т.д. Эта схема требует внесения изменений в конструкцию нагнетательного клапана, оптимизации расположения КИП, его параметров, а также параметров всей системы топливоподачи.

Следует отметить, что параметры топливоподачи ДМЭ существенно зависят от особенностей ее организации (табл. 5). Поскольку ДМЭ имеет большую сжимаемость, с точки зрения качества топливоподачи худший вариант – его подача в виде смеси с ДТ через линию низкого давления и ТНВД. По той же причине подача ДМЭ в смесь у ТНВД хуже, чем у форсунки (табл. 6). Используя малообъемный нагнетательный трубопровод, удалось получить максимальную долю ДМЭ в смеси, в минимальной степени снизив давление впрыскивания. Из-за трудности установки на большое число автомобилей трубопроводов с уменьшенным внутренним диаметром ( $d_{тр} = 1,5$  мм) клапаны импульсной подпитки были размещены у форсунок.

Следует отметить, что если для сохранения мощности дизеля требуются в 1,85 раза большие объемные цикловые подачи ДМЭ, то для сохранения приемлемых давлений впрыскивания в силу большей сжимаемости ДМЭ необходимо закладывать запас по объемной производительности уже в 2,4-2,7 раза больший. Это учтено в табл. 5, где приведено сравнение параметров подачи для дизеля Д-245.12С, работающего на различных топливах. В дизеле без управления углом опережения впрыскивания (УОВТ) запаздывание подачи из-за повышенной сжимаемости ДМЭ становится значительным. Поэтому в дизелях с автоматической муфтой опережения или электронным управлением началом подачи характеристики



**Рис. 8.** Размещение топливной системы МГТУ им. Н.Э. Баумана в подкапотном пространстве автомобиля ЗИЛ-47303А «Бычок» (а); приборы контроля потока и давления ДМЭ под капотом (б)

регулирования УОВТ при переходе на ДМЭ должны быть изменены.

Другой особенностью использования ДМЭ в качестве моторного топлива является значительное снижение давления впрыскивания. Этому не препятствует даже увеличение цикловой подачи топлива. Однако это не является



**Рис. 9.** Опытный автомобиль МГТУ им. Н.Э.Баумана с моторной и холодильной установками, работающими с ДМЭ (эксплуатируется с 2002 г.)

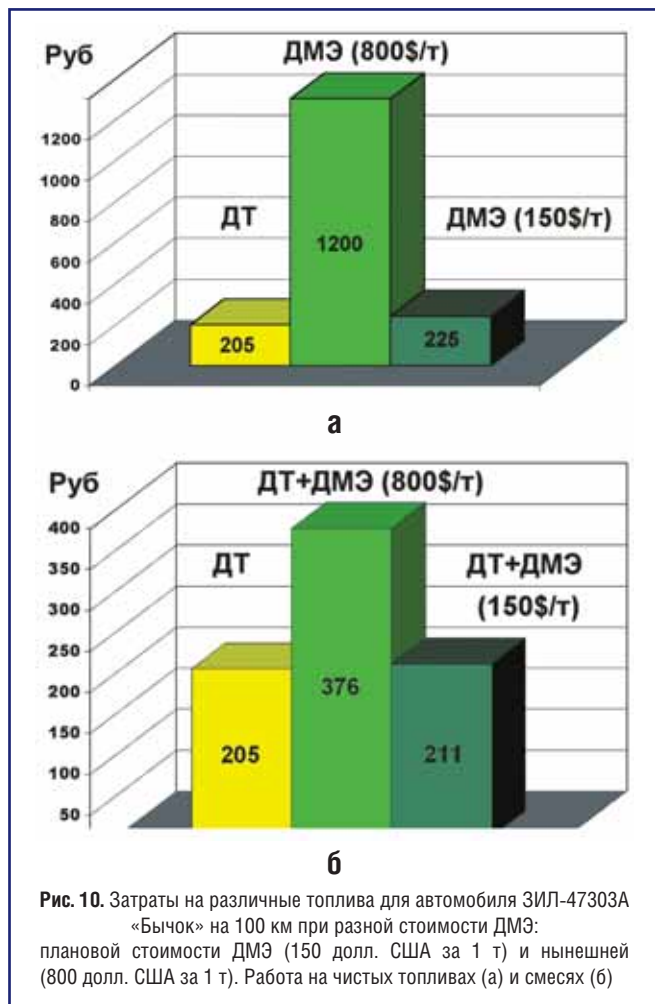
лимитирующим фактором, так как за счет меньшего поверхностного натяжения и вязкости ДМЭ легче обеспечивается его распыливание, а за счет высокого давления насыщенных паров эфир испаряется без видимой задержки. Важнее то, что возрастает продолжительность впрыскивания на номинальном режиме. Если за счет особых качеств ДМЭ удастся избежать дымности ОГ, то затягивание впрыскивания ухудшает экономичность дизеля, а также не позволяет

Таблица 7

**Параметры топливоподачи ТНВД различной размерности**

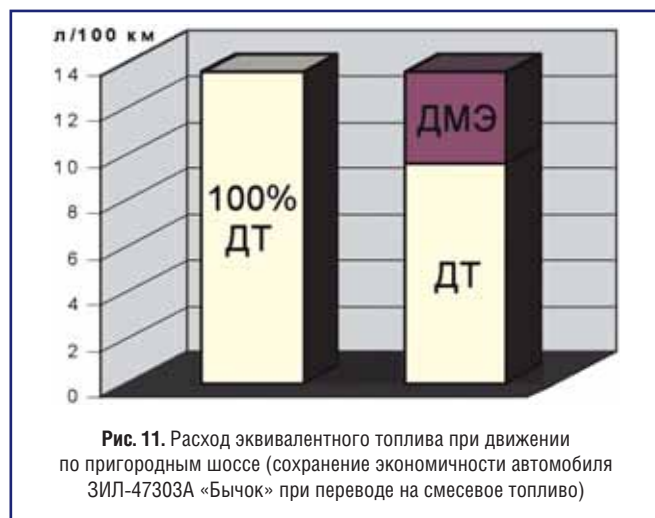
| Размерность ТНВД                         | 10/10, НЗТА |      | 10/14, РАЗЗ |      |
|--|-------------|------|-------------|------|
|  | ДТ          | ДМЭ* | ДТ          | ДМЭ  |
| Топливо                                  | ДТ          | ДМЭ* | ДТ          | ДМЭ  |
| Максимальное давление впрыскивания, МПа  | 41,2        | 26,2 | 53          | 35   |
| Продолжительность подачи, град. п.к.в.   | 21,4        | 43,6 | 18,5        | 32,8 |
| Запаздывание начала подачи, град. п.к.в. | 11,2        | 23,4 | 5,24        | 20   |

**Примечание.** \* В целях обеспечения мощности дизеля и его пуска давление начала впрыскивания снижено с 22 до 12 МПа.



бороться с присущей сгоранию ДМЭ высокой эмиссией CO и CH<sub>x</sub>. Предлагаемые выходы из этого положения – увеличение сечения сопел распылителя или снижение давления впрыскивания – не соответствуют потребностям универсального двухтопливного дизеля.

Некоторый компромисс был найден при переходе на ТНВД большей размерности, который позволяет улучшить параметры подачи для обоих топлив. Так, при



использовании нового ТНВД производства Рославльского автоагрегатного завода (РААЗ) с увеличенным ходом плунжера  $h_{пл} = 14$  мм (размерностью 10/14 мм вместо 10/10) удалось сократить продолжительность подачи до приемлемого для обоих топлив уровня (табл. 7).

В соответствии со схемой подачи смесей ДТ и ДМЭ, реализованной в МГТУ им. Баумана, указанные проблемы топливоподачи не являются критическими. Более того, в выбранной схеме подачи при содержании ДМЭ в смеси до 15-30% потребовались минимальные подстройки автоматического регулятора, что позволяло регулировать ТНВД, как и при работе на дизельном топливе. Наладка и регулировка системы топливоподачи с КИП производилась на безмоторных топливных стендах на чистом ДТ. Это оказалось возможным, поскольку как при работе на ДТ, так и с подпиткой нагнетательного топливопровода ДМЭ эквивалентные по тепловым единицам подачи топлива отличаются мало, и сохраняется внешняя скоростная характеристика. Подача ДМЭ производилась с помощью 10-литрового баллона со сжатым азотом. Рампа, электроклапаны, КИП размещались в моторном отсеке (рис. 8), баллон с азотом, баллон с ДМЭ с мультиклапаном, заправочной горловиной, ультразвуковым бесконтактным датчиком уровня ДМЭ устанавливались на раме.

Для исследования предложенной системы топливоподачи был переоборудован собственный автомобиль-рефрижератор Зил-47303А, причем ДМЭ применялся как для питания дизеля, так и в качестве хладагента в холодильной установке (рис. 9). Работа проведена группой специалистов кафедр «Поршневые двигатели» и «Холодильная техника» МГТУ им. Н.Э. Баумана. При переходе с ДТ на ДМЭ отмечено сохранение мощности дизеля, практически эквивалентный (с учетом разности теплоты сгорания ДМЭ и ДТ) расход топлива и неизменность динамических качеств автомобиля, снижение вредных веществ в кабине автомобиля и на выпуске в атмосферу.

Пробег экспериментального автомобиля МГТУ им. Н.Э. Баумана составил более 160 тыс. км, из них около 50% автомобиль передвигался по улицам города. Средняя скорость автомобиля при движении за городом составила 70 км/ч, а при движении по улицам города – приблизительно 15 км/ч. С учетом необходимости обеспечения требуемых экологических показателей, стоимости эксплуатации (рис. 10) и ряда других факторов оптимальной долей ДМЭ признаны 25-35% по объему. Путь расход ДТ экспериментальным автомобилем при движении в городе составил 17 л/100 км, при движении за городом – около 13 л/100 км. При использовании смешанного топлива путь расход ДМЭ при движении за городом составил примерно 7,4 л/100 км, что с учетом более низкой плотности и теплотворной способности ДМЭ в сравнении с ДТ эквивалентно 4 л/100 км ДТ. При этом

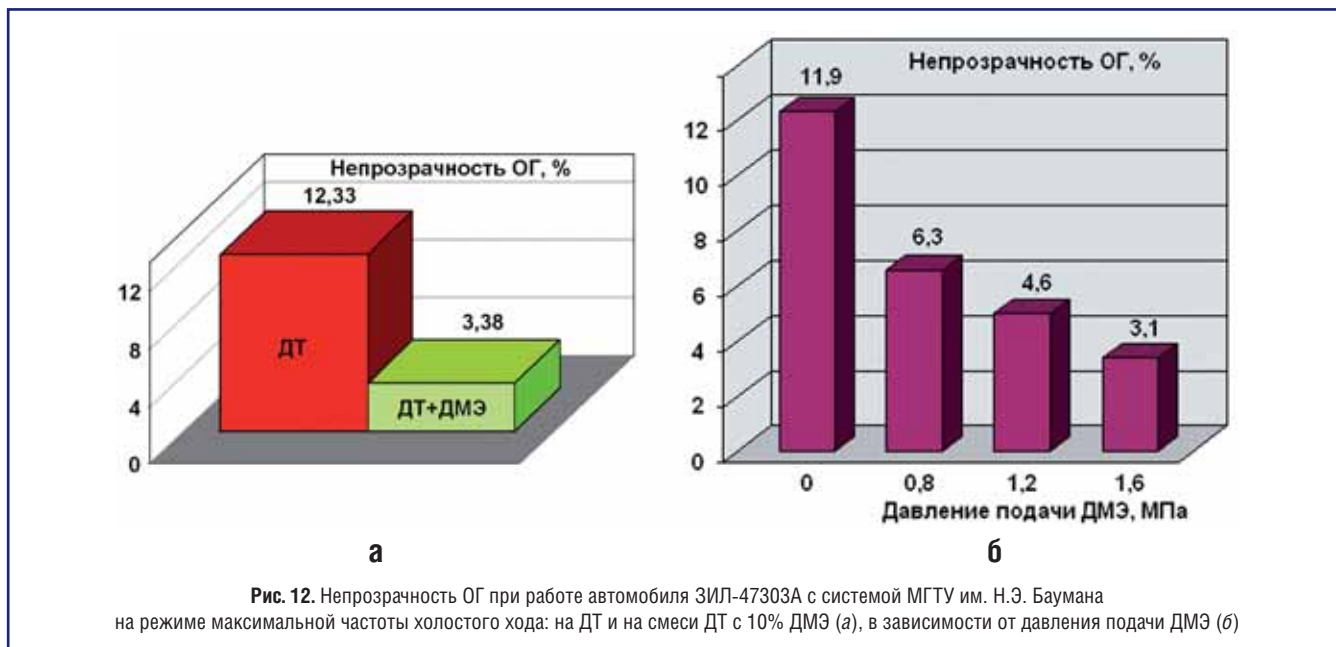


Рис. 12. Непрозрачность ОГ при работе автомобиля ЗИЛ-47303А с системой МГТУ им. Н.Э. Баумана на режиме максимальной частоты холостого хода: на ДТ и на смеси ДТ с 10% ДМЭ (а), в зависимости от давления подачи ДМЭ (б)

путевой расход ДТ составил около 9 л/100 км. Таким образом, приведенный с учетом более низкой плотности и теплотворной способности ДМЭ суммарный расход смешанного топлива составил приблизительно те же 13 л/100 км (рис. 11). Приведенные цифры укладываются в «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» для автомобиля ЗИЛ-47303А.

На протяжении всего срока эксплуатации экспериментального автомобиля периодически брались пробы ОГ дизеля для определения содержания вредных веществ. Даже при самых малых добавках ДМЭ (10%) выявлено снижение дымности (непрозрачности) ОГ в 3-4 раза при свободном ускорении и более чем в 3 раза – на режиме максимальной частоты холостого хода (рис. 12). Чем больше доля ДМЭ, тем ниже дымность ОГ, причем эффект снижения дымности ОГ наиболее заметен при малых содержаниях ДМЭ в смешанном топливе.

Необходимо еще раз отметить причины, позволяющие значительно снизить дымность ОГ при использовании ДМЭ в качестве моторного топлива. Наличие кислорода в молекуле ДМЭ улучшает сгорание в условиях дефицита воздуха – в первую очередь на режимах максимальной нагрузки. Немаловажную роль в снижении дымности играет повышенная испаряемость ДМЭ. Под действием высоких температур легкокипящая фракция ДМЭ способствует разрушению капель смешанного топлива, улучшая однородность смеси, увеличивая полноту сгорания и снижая дымность ОГ.

Автомобиль-рефрижератор ЗИЛ-47303А «Бычок», снабженный системой подачи смешанных топлив МГТУ им. Н.Э. Баумана, был испытан ГУП «НИЦИАМТ» по типовым методикам. Контролю подвергались следующие параметры: содержание вредных веществ в кабине автомобиля, расход

топлива, скоростные и динамические качества автомобиля, содержание вредных веществ в ОГ. Содержание вредных веществ в кабине автомобиля не превышало нормативы ГОСТ Р 51206 на содержание оксида углерода, суммарного количества углеводородов, оксидов азота и акролеина. Выявлено сохранение или улучшение экономических показателей автомобиля, работающего на смешанном топливе. При этом было обнаружено примерное сохранение мощности и максимальной скорости автомобиля, снижение эмиссии вредных веществ.

Питание дизеля смешанным топливом позволило не только снизить токсичность ОГ и улучшить экономические показатели, но и уменьшить шумность работы дизеля ввиду большего цетанового числа ДМЭ. За счет подачи ДТ, как основного компонента смешанного топлива, удалось сохранить высокое давление и малую продолжительность впрыскивания, оставить без изменения базовую топливную аппаратуру, обеспечить практическую простоту перехода на чистое ДТ, а также увеличить суммарный пробег автомобиля без заправки.

Позднее этой системой топливоподачи были оборудованы 10 автомобилей-рефрижераторов ГУП «Мосавтохолод». За год эксплуатации были выявлены и устранены недостаточно надежные технические решения (крепление рампы, трубки подачи от баллона, сварное соединение в КИП). В целом были подтверждены целесообразность, эффективность, живучесть переоборудованных автомобилей, их пригодность для работы в обычном для средней полосы диапазоне температур, включая температуры ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ . Представленная концепция системы топливоподачи МГТУ им. Н.Э. Баумана, заключающаяся в питании дизеля смесью ДТ и ДМЭ, имеет следующие преимущества:



■ Экономия эксплуатационных затрат на топливо (при доле ДМЭ 28% по объему или 22% по массе в ценах 2004 г. – в 3,7 раза).

■ Применение чистого ДМЭ не оправдано действующими экологическими нормативами.

■ С точки зрения снижения дымности ОГ наибольшая относительная эффективность использования ДМЭ наблюдается при его малом содержании в смеси.

■ Лучшие показатели по выбросам несгоревших углеводородов  $CH_x$  и тот же уровень выбросов оксидов азота  $NO_x$ .

■ Отсутствие потребности в дорогих импортных антиизносных присадках.

■ Простота переоборудования находящихся в эксплуатации автомобилей (использование базовых ТНВД и форсунок и даже сохранение регулировок автоматического регулятора).

■ Простота обслуживания и ремонта топливной аппаратуры в условиях предприятия.

■ Сохранение ресурса топливной аппаратуры и двигателя.

■ Отсутствие проблемы остановки и запуска двигателя.

■ Ненужность вентиляции картера ТНВД.

■ Увеличенный запас хода.

■ Сохранение живучести автомобиля при отсутствии ДМЭ или неисправностях в системе его подачи.

Вместе с тем, работы специалистов МГТУ им. Н.Э. Баумана показали, что наиболее перспективным подходом к задаче расширения использования ДМЭ является создание нового поколения дизелей, использующих компримисные технические решения, касающиеся механических элементов двигателя и системы электронного управления, а также оптимизация рабочего процесса. В отношении системы топливоподачи, требующей наибольших изменений в соответствии с новыми условиями работы, на перспективу наиболее целесообразна система типа Common-Rail.

## Литература

1. **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.
2. **Zhou Longbao, Wang Hewu, Jiang Deming et al.** Study of Performance and Combustion Characteristics of a DME-Fueled Light-Duty Direct-Injection Diesel Engine. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-3669. – P. 1-7.
3. **Sato Y., Noda A., Sakamoto T. et al.** Performance and Emission Characteristics of a DI Diesel Engine Operated on Dimethyl Ether Applying EGR with Supercharging. – SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-1809. – P. 1-8.
4. **Bailey B., Goguen J.E.S., Erwin J.** Diethyl Ether (DEE) as a Renewable Diesel Fuel. – SAE Technical Paper Series. 1997. № 972978. – P. 1-10.
5. **Curran H.J., Fisher E.M., Glaude P.A. et al.** Detailed Chemical Kinetic Modeling of Diesel Combustion with Oxygenated Fuels. – SAE Technical Paper Series. 2001. № 2001-01-0653. – P. 1-8.
6. **Miyamoto N., Ogawa H., Nurun N.M. et al.** Smokeless, Low  $NO_x$ , High Thermal Efficiency and Low Noise Diesel Combustion with Oxygenated Agents as Main Fuel. – SAE Technical Paper Series. 1998. № 980506. – P. 1-7.
7. **Yamamoto T., Matsumoto I.** Fuel Performance of Gas Oil Containing Alcohols and Ethers. – Nenryo Kyokai-Shi = Journal of the Fuel Society of Japan. 1983. Vol. 62. № 1. – P. 32-42.
8. **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.
9. **Edgar B.L., Dibble R.W., Naegeli D.W.** Autoignition of Dimethyl Ether and Dimethoxy Methane Sprays at High Pressures. – SAE Technical Paper Series. 1997. № 971677. – P. 1-10.
10. **Ogawa H., Nabi M.N., Minami M. et al.** Ultra Low Emissions and High Performance Diesel Combustion with a Combination of High EGR, Three-Way Catalyst, and a Highly Oxygenated Fuel, Dimethoxy Methane (DMM). – SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-1819. – P. 1-7.
11. **Vertin K.D., Ohi J.M., Naegeli D.W. et al.** Methylal and Methylal-Diesel Blended Fuels for Use in Compression-Ignition Engines. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-1508. – P. 1-8.
12. **Tamanouchi M., Akimoto T., Aihara S. et al.** Effects of DGM and Oxidation Catalyst on Diesel Exhaust Emissions. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-1137. – P. 1-14.
13. **Hyun G., Oguma M., Goto S.** Spray and Exhaust Emission Characteristics of a Biodiesel Engine Operating with the Blend of Plant Oil and DME. – SAE Technical Paper Series. 2002. № 2002-01-0864. – P. 1-9.
14. **Uchida M., Akasaka Y.** A Comparison of Emissions from Clean Diesel Fuels. – SAE Technical Paper Series. 1999. № 1999-01-1121. – P. 1-6.
15. **Murayama T., Chikahisa T., Guo J.** A Study of a Compression Ignition Methanol Engine with Converted Dimethyl Ether as an Ignition Improver. – SAE Technical Paper Series. 1992. № 922212. – P. 1-7.
16. **Kajitani S., Chen Z.L., Oguma M. et al.** Direct Injection Diesel Engine Operated with Propane-DME Blend Fuel. – SAE Technical Paper Series. 1998. № 982536. – P. 1-9.
17. **Chen Z., Konno M., Oguma M. et al.** Experimental Study of CI Natural-Gas. – DME Homogeneous Charge Engine. – SAE Technical Paper Series. 2000. № 2000-01-0329. – P. 1-10.

## Авторы статей в журнале № 4 (16) 2010 г.

### Аверков Владимир Семенович,

начальник производственного отдела по эксплуатации автомобильных газонаполнительных компрессорных станций ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», тел. (343) 2361881

### Банкет Михаил Васильевич,

аспирант Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), 8 904 581-43-93

### Барabanov Андрей Александрович,

директор производства оборудования для сжиженных газов ОАО «Промприбор», т. (48677) 3-15-07

### Бибиков Михаил Никандрович,

доцент Чайковского технологического института (филиал) ИжГТУ, к.т.н., тел./факс 8-34241-2-96-58, 8-34241-2-97-87, E-mail: chti@chti.ru, www.chti.ru

### Грехов Леонид Вадимович,

доктор технических наук, профессор кафедры «Поршневые двигатели» Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), 8 916-237-89-40, 8 (499) 265-78-92, 263-68-41

### Григорьев Сергей Александрович,

начальник лаборатории Института водородной энергетики и плазменных технологий ФГУ Российский Научный Центр «Курчатовский институт», 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1, тел.: 8 499 196 94 44, 8 905 736-56-20, e-mail: grig@hepti.kiae.ru или sergei\_grigoriev@yahoo.com

### Гурдин Виктор Иванович,

профессор Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), д.т.н., м.т. 8 913 640-21-70

### Евдокимов Ярослав Андреевич,

ведущий специалист «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА», (812) 350-19-67, доб. 133

### Казанин Алексей Геннадьевич,

первый заместитель руководителя Департамента транспорта и связи г. Москва, тел. 957 05 22

### Клементьев Александр Сергеевич,

магистр техники и технологии, магистрант кафедры «Автомобильный транспорт» Чайковского технологического института, филиала Ижевского государственного технического университета (ЧТИ ИжГТУ), 902 790-64-79, 8 (922) 306-50-56, e-mail: aleksandr\_klemen@mail.ru

### Маленкина Ирина Федоровна,

начальник лаборатории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», р. т. 355-97-58, м. т. 8 916 593-94-78

### Марков Владимир Анатольевич,

профессор Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н., тел. моб. 8 917 584-49-54

### Меркушев Андрей Владимирович,

начальник АГНКС, Управление аварийно-восстановительных работ 1 ООО «Газпром трансгаз Чайковский», тел. 8 922 305-24-93, e-mail: merkusav@uavr.ptg.gazprom.ru

### Мишин Олег Леонидович,

начальник конструкторского отдела Управления «Энергогазремонт» ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», тел. (343) 2174921

### Певнев Николай Гаврилович,

зав. кафедрой, профессор Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ), д.т.н., 8 (3812) 65-15-54, м.т. 8 913-970-47-79

### Пономарева Анастасия Алексеевна,

младший научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ», e-mail: A\_Ponomareva@vniigaz.gazprom.ru

### Попов Александр Валерьевич,

специалист 1-й категории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», e-mail: AVPopov@vniigaz.gazprom.ru

### Раенбагина Эльмира Рашидовна,

аспирантка СибАДИ, м.т. 8 909 537 62 32

### Соконов Петр Михайлович,

главный инженер – первый заместитель генерального директора ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург», тел. (343) 3597082, 3597502

### Филькин Николай Михайлович,

профессор Ижевского государственного технического университета, д.т.н., тел. 8-912-448-17-01, факс 8-3412-59-38-26, e-mail: fnm@istu.ru

### Фокин Юрий Иосифович,

к.т.н., декан, профессор Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Брянский государственный технический университет», 241035, Брянск, бул. 50-летия Октября, 7, (4832) 51-25-07

### Черных Виталий Васильевич,

зам. директора по инновационным продуктам ОАО «ТФК «КАМАЗ», тел. (8552) 38-79-08, e-mail: gtp@kamaztrade.ru

### Шишкина Екатерина Евгеньевна,

инженер 2-й категории ООО «Газпром ВНИИГАЗ», e-mail: E\_Shishkina@vniigaz.gazprom.ru

### Шишков Владимир Александрович,

начальник технического отдела ООО «Рекар», доцент Самарского Государственного Аэрокосмического Университета им. С.П. Королева, к.т.н., тел. +7 (8482) 35-29-07, +7 927 784-71-57, e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

### Яковлев Александр Владимирович,

генеральный директор «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА», (812) 350-19-67

### Янченко Виктор Степанович,

доцент Брянской государственной инженерно-технологической академии, к.т.н., 241037, Брянск, пр. Станке-Димитрова, 3, тел.: 8 (4832) 74 05 13, e-mail: vsy50@mail.ru

## Contributors to journal issue No. 4 (16) 2010

### Averkov Vladimir S.,

chief of an Industrial department on operation CNG filling station, GAZPROM TRANSGAZ EKATERINBURG Limited Liability Company, ph (343) 2361881

### Banquet Michail V.,

Siberian automobile and Highway academy, phone: 8 904 581-43-93

### Barabanov Andrey A.,

Director of LPG equipment production JSC «Prompribor» t. +7 910 300 61 09, e-mail: a.barabanov@prompribor.ru

### Bibikov Michail N.,

candidate of technical science, assistant professor Chaykovsky technological institute, phone: 8-34241-2-96-58, 8-34241-2-97-87, e-mail: chti@chti.ru, www.chti.ru

### Chernyh Vitaliy V.,

Trade and Finance Company of KAMAZ Inc., OJSC Deputy Director on Innovation Products, +7 (8552) 38-79-08, e-mail: gtp@kamaztrade.ru

### Evdokimov Yaroslav A.,

the key specialist, evdokimov@lenprom.spb.ru, phone: (812) 336-20-01

### Fil'kin Nikolay M.,

PhD, Engng, professor Izhevsky state technical university, phone: 8-912-448-17-01, fax 8-3412-59-38-26, e-mail: fnm@istu.ru

### Fokin Yuri I.,

professor, State Educational Institution of High Professional Education «Bryansk State Technical University», decane of faculty, +7 (4832) 51-25-07

### Grerkhov Leonid V.,

PhD, Engng, professor of «Piston Engines» department of the Bauman Moscow State Technical University, phone: 8 916-237-89-40, 8 (499) 265-78-92, 263-68-41

### Grigoriev Sergey A.,

PhD, Hydrogen Energy and Plasma Technology Institute, Federal State Institution Russian Research Center «Kurchatov Institute», Associate Professor, phone: 8 499 196 94 44, e-mail: grig@hepti.kiae.ru, sergei\_grigoriev@yahoo.com

### Gurdin Viktor I.,

PhD, Engng, professor of Siberian automobile and Highway academy, m. phone: 8 913 640-21-70

### Kazanin Alexey G.,

Government of Moscow, Department of Transportation and Communications, Acting Director, phone: 957 05 22

### Klementyev Alexander S.,

a master of the technology and technologies, phone: 902 790-64-79, 8 (922) 306-50-56, e-mail: aleksandr\_klemen@mail.ru

### Malenkina Irina F.,

Head of the laboratory of forecasting gas motor fuel use and economics, Gazprom VNIIGAZ, office phone: 355-97-58, mobile phone: 8 916 593-94-78, I.Malenkina@vniigaz.gazprom.ru

### Markov Vladimir A.,

PhD, Engng, professor of «Heat Physics» department of the Bauman Moscow State Technical University, phone: 8 917 584-49-54

### Merkushev Andrey V.,

a chief AGNKS UAVR 1 LLC «Gazprom Chaykovskiy», phone: 8 922 305-24-93, e-mail: merkusav@uavr.ptg.gazprom.ru

### Mishin Oleg L.,

chief of design department, ENERGOGAZ Administration – branch of GAZPROM TRANSGAZ EKATERINBURG Limited Liability Company, ph (343) 2174921

### Pevnev Nikolay G.,

PhD, Engng, professor, head of the chair Siberian automobile and Highway academy, Omsk, phone: 8 913 970-47-79

### Ponomareva Anastasia A.,

Junior research associate, LLC «Gazprom VNIIGAZ», e-mail: A\_Ponomareva@vniigaz.gazprom.ru

### Popov Alexander V.,

Specialist of the first category, LLC «Gazprom VNIIGAZ», e-mail: AVPopov@vniigaz.gazprom.ru

### Raenbagina Elmira R.,

Siberian automobile and Highway academy, phone: 8 909 537 62 32

### Shishkina Ekaterina E.,

Engineer of the second category, LLC «Gazprom VNIIGAZ», e-mail: E\_Shishkina@vniigaz.gazprom.ru

### Shishkov Vladimir A.,

of department of Limited Liability Company «Recar», candidate of technical science, the senior lecturer of Korolev S.P. Samara State Space University. The Russian Federation, Samara region, Tolyatti, Stepana Razina street, 58-43, phone: +7 (8482) 35-29-07, +79277847157, e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

### Sozonov Petr M.,

chief engineer - first deputy of director-general, GAZPROM TRANSGAZ EKATERINBURG Limited Liability Company, ph (343) 3597082, 3597502

### Yakovlev A.V.,

the general director, e-mail: yakovlev@lenprom.spb.ru, (812) 350-19-67

### Yanchenko Viktor S.,

PhD, Associate Professor, Bryansk state engineering-technological academy, phone: +7 (4832) 74 05 13, e-mail: vsy50@mail.ru

# 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.1@ngvrus.ru, transport.2@ngvrus.ru • www.ngvrus.ru

**Уважаемые читатели!**  
**Продолжается подписка на 2010 г.**

| Расценки на подписку на 2010 г.<br>(с учетом почтовых расходов)   | Годовая,<br>6 номеров                       | Полугодовая,<br>3 номера                   |
|---|---|--|
| Россия  | 2970 руб.<br>(2700 руб. + 10% НДС)          | 1485 руб.<br>(1350 + 10% НДС)              |
| Страны СНГ:<br>Азербайджан, Армения, Белоруссия, Казахстан,<br>Киргизия, Молдавия, Таджикистан, Туркмения,<br>Узбекистан, Украина | 2970 руб.<br>(120 долл. США<br>или 80 евро) | 1485 руб.<br>(60 долл. США<br>или 40 евро) |
| Страны Европы   | 170 евро                                    | 100 евро                                   |
| Австралия и Океания, Азия, Африка, Северная и<br>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)           | 18 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)         | 18 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.

