



ТРАНСПОРТ НА АЛЬТЕРНАТИВНОМ ТОПЛИВЕ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ № 1 (19) 2011

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

НАЦИОНАЛЬНАЯ ГАЗОМОТОРНАЯ АССОЦИАЦИЯ



АФФИЛИРОВАНА
С МЕЖДУНАРОДНЫМ ГАЗОВЫМ
СОЮЗОМ



Обновленная АГЭС

в г. Тамбов, ул. Урожайная 2М

Собственник – ОАО «Газпром газэнергосеть»

Эксплуатирующая организация –

ООО «Тамбовгазэнергосеть»



РЕКЛАМА

Автомобильный метан на мировом газомоторном рынке

Газотопливные технологии в авиации

Стратегия развития региональных газомоторных рынков

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
Б.В. Будзуляк
председатель Комиссии по использованию при-
родного и сжиженного нефтяного газа в качестве
моторного топлива, д.т.н.
В.И. Ерохов
профессор «МАМИ», д.т.н.
Н.Е. Игнатьева
заместитель главного редактора
А.А. Ипатов
генеральный директор ФГУП «НАМИ», д.э.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 использова-
нию 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. Стативко
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. Лужанская, 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 ООО «Принт-Лидер»,
117186, Москва, ул. Нагорная, д. 15, корп. 8
Номер заказа
Сдано на верстку 01.12.2010 г.
Подписано в печать 18.01.2011 г.
Формат 60x90 1/8. Тираж 3000 экз. Бумага мелованная.
Печать офсетная, печ. л. 10,5

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

Редакция не несет ответственности за достоверность информации, опубли-
кованной в рекламных материалах.

На обложке: Обновленная АГЭС
ОАО «Газпром газэнергосеть» в г. Тамбов

В НОМЕРЕ:

Научно-технический совет ОАО «Газпром» в Екатеринбурге.....	3
Е.Н. Пронин, Д. Матич, М. Лахе Автомобильный метан прорвался на мировой рынок.....	4
Статистика мирового газомоторного рынка по состоянию на декабрь 2010 г.	8
Новости из-за рубежа.....	10
«Автокомплекс–2010»: деловой настрой и оптимизм.....	12
А.И. Гайворонский, А.М. Савенков, В.А. Марков Газодизель, работающий на природном газе с запальной дозой ДМЭ.....	14
П.Г. Теремьякин Определение циклового наполнения воздухом цилиндров газового двигателя	19
Н.А. Кисленко, М.А. Ушаков, М.В. Ширяев Региональная многофакторная модель прогноза спроса на КПП в Калининградской области.....	22
И.Г. Ткаченко «Газпром трансгаз Ставрополь»: опыт использования КПП	27
И.Ф. Малёнкина, В.В. Тимофеев, И.М. Коклин Технико-экономическое обоснование создания испытательного полигона для сельскохозяйственной техники, работающей на природном газе	30
Я.С. Мкртычан Пути дальнейшего расширения использования природного газа в качестве моторного топлива.....	34
А.А. Ким, М.В. Коротков ОАО «Газпром газэнергосеть»: стратегия развития региональных газомоторных рынков	40
В.Н. Титов, А.В. Соколов Мобильные комплексы для дегазации вагонов-цистерн, перевозящих СУГ	44
В.И. Ерохов, А.М. Ревонченков Эффективность применения газового конденсата в дизельных двигателях	48
Поздравляем с юбилеем!.....	51
Д.Х. Валеев, Н.А. Гатауллин, А.Г. Малюга, В.В. Фурзиков Влияние конструктивных факторов на образование вредных веществ в газовом двигателе КАМАЗ	52
Р.З. Кавтарадзе Влияние вида газообразного топлива на экологические показатели дизеля, конвертированного в двухтопливный двигатель.....	57
В.А. Шишков Калибровка электронной системы управления двигателем с искровым зажиганием, работающим на газовом топливе	63
И.Е. Ковалев, В.И. Маврицкий, В.П. Зайцев Внедрение газотопливной технологии в авиацию.....	69
О.И. Ямпольская Комплексы для периодического освидетельствования баллонов для сжиженного газа	76
Авторы статей в журнале № 1 (19) 2011 г.....	79

'Alternative Fuel Transport' international science and technology journal, No. 1 (19) 2011

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

Tsybul'sky, P.G.

Director General of Gazprom VNIIGAZ, PhD

Editorial board members

Budzulyak, B.V.

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

Erokhov, V.I.

MAMI Professor, Doctor of Engineering

Ignat'eva, N.E.

Deputy Editor-in-Chief

Ipatov, A.A.

Director General of FGUP 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

Order number

Passed for press on 01.12.2010

Endorsed to be printed on 18.01.2011

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

Offset printing, 10,5 conditional printed sheets

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

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

On the cover page: Gas-filling station of JSC «Gazprom gazenergoset» in Tambov

CONTENTS

E.N. Pronin, D. Matic, M. Lage The Breakthrough Decade for NGVs.....	4
News from abroad.....	10
A.I. Gajvoronsky, A.M. Savenkov, V.A. Markov Experimental Research on a Diesel Engine Using Natural Gas with Diesel Fuel and Dimethyl Ether as Pilot Fuels	14
P.G. Teremyakin On the determination of the cycle air filling of the gas fueled engine	19
N.A. Kislenko, M.A. Ushakov, M.V. Shiryaev Regional multifactor model forecast demand for compressed natural gas in the Kaliningrad region.....	22
I.G. Tkachenko «Gazprom transgaz Stavropol»: Experience of use of CNG.....	27
I.F. Malenkina, V.V. Timofeev, I.M. Koklin Technical and economic reasons for creating test site for gas-powered agricultural vehicles	30
J.S. Mkrtychian Further ways of expanding the use of natural gas as motor fuel	34
A.A. Kim, M.V. Maxim JSC «Gazprom gazenergoset»: the development strategy of national gas engine markets.....	40
V.N. Titov, A.V. Sokolov Mobile system for the degassing of tank-wagons with LPG	44
V.I. Erokhov, A.M. Revonchenkov Efficacy application of gas condensate in diesel engines	48
D.H. Valeev, N.A. Gataullin, A.G. Maljuga, V.V. Furzikov Influence of structural factors on the formation of harmful substances in a gas engine KAMAZ	52
R.Z. Kavtaradze The influence of gas fuel type and intake charge temperature on the ecological parameters of diesel engine converted in the dual fuel engine.....	57
V.A. Shishkov Calibration of an electronic control system of the engine with spark ignition, working on gas fuel	63
I.E. Kovalev, V.I. Mavritsky, V.P. Zaitsev Introduction of Gas Fuel Technology into Aviation	69
O.I. Yampolskaya Complexes for periodic inspection of cylinders for liquified gases	76
Contributors to journal issue No. 1 (19) 2011.....	79



Научно-технический совет ОАО «Газпром» в Екатеринбурге

7 декабря 2010 г. на базе ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург» состоялось заседание секции Научно-технического совета (НТС) ОАО «Газпром» «Рациональное распределение и использование газа и других энергоресурсов» по теме «Развитие нормативно-правовой базы в области малотоннажного производства, хранения, транспортировки и использования сжиженного природного газа». Председательствовал на заседании член правления ОАО «Газпром», начальник Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа, д.т.н. О.Е. Аксютин. В работе заседания приняли участие более 60 специалистов из 30 российских предприятий и организаций. Наиболее представительно выглядела делегация Газпрома, который имеет многолетний опыт строительства и эксплуатации технологических комплексов по сжижению природного газа, хранению, транспортировке, регазификации и использованию СПГ.



Участников НТС приветствует О.Е. Аксютин

С докладами выступили Д.Д. Гайдт (ООО «Газпром трансгаз Екатеринбург»), В.Н. Матюшечкин (ОАО «Газпром»), С.П. Горбачев (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»), Т.Б. Белозерова («Газпром Промгаз»), П.В. Кузнецов («Уралавтогаз»), В.Л. Карпов (ФГУ «ВНИИПО»), А.Б. Ганбаров (ДАОА «Газпроект инжиниринг»), О.Я. Черемных (ОАО «Уралкриомаш»), Б.А. Соболев (ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс»). Участники заседания практически единодушно сошлись во мнении, что российская нормативно-правовая основа в области малотоннажного производства и использования СПГ развита слабо. Недостаточное

правовое обеспечение крайне осложняет, например, проектирование и эксплуатацию комплексов СПГ, заправочных объектов, транспортных средств. Малотоннажный СПГ является самостоятельным коммерческим продуктом со своими собственными физико-химическими свойствами, что в определенных случаях не позволяет применять к нему общепринятые для СПГ правила и нормы.

По оценке Промгаза, суммарный потенциал производства СПГ только на автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС) и газораспределительных станциях (ГРС) Газпрома может составлять до



Новая ГРС открыта

14 млн. т/год, включая 11-12 млн. т/год на ГРС с учетом фактической загрузки газопроводов-отводов.

Достаточно оптимистично прозвучали выводы ВНИИПО, сделанные на основе многолетних теоретических и экспериментальных расчетов, о чем и рассказал В.Л. Карпов, д.т.н., главный научный сотрудник ФГУ «ВНИИПО» МЧС России. Среди основных направлений исследований по разработке технических решений, направленных на повышение пожаробезопасности объектов малотоннажного производства и применения СПГ, можно выделить следующие:

- защитные устройства с использованием материалов с размером пор меньше максимального безопасного экспериментального (огнегасящего) зазора;
- защитные устройства с использованием эффектов самотушения пламени;
- теплозащитные экраны нового поколения;
- определение пожаробезопасных режимов сброса газа и разработка предложений по повышению безопасности дренажных систем.

В тот же день участники заседания посетили торжественную церемонию ввода в опытно-промышленную эксплуатацию комплекса по производству СПГ на ГРС-4 г. Екатеринбург.

МЕТАИнфо

Автомобильный метан прорвался на мировой рынок

Е.Н. Пронин,

заместитель начальника Управления – начальник отдела использования газа в качестве моторного топлива ОАО «Газпром», руководитель исследовательской группы 5.3 Международного газового союза, Президент НГА,

Д. Матич,

OMV Gas Adria d.o.o, заместитель руководителя исследовательской группы 5.3 Международного газового союза,

М. Лахе,

генеральный директор Европейской газомоторной ассоциации

Можно с уверенностью утверждать, что для мировой газомоторной отрасли начало XXI в. было абсолютно удачным. Именно за эти прошедшие десять лет изолированные национальные рынки сформировались в единый глобальный газомоторный рынок, объединяющий политиков, чиновников, газовиков, автопроизводителей, транспортников, изготовителей газобаллонного оборудования, криогенщиков и многих других игроков рынка. Все, что было сделано за последнее десятилетие, не оставляет места для сомнений: заложен солидный фундамент для глобального газомоторного бизнеса. Во время второго десятилетия XXI в. необходимо довести численность парка метановых автомобилей до 50 млн ед. А мировая газовая промышленность должна сохранить за собой лидерство в этих процессах.

Ключевые слова: природный газ, КПГ, СПГ, газобаллонный автомобиль, АГНКС.

The Breakthrough Decade for NGVs

E.N. Pronin, D. Matic, M. Lage

One has all the reasons to say that for the world NGV industry the beginning of the 21st century was extremely successful. It is during this recent ten years isolated national markets matured into a global business community that associated politicians, gas industry, auto manufacturers, passenger and goods transportation companies, producers of cylinders and other on-board equipment, cryogenic business and many other stake holders. Everything that has been done during the past decade and the returns of that job leave no space for doubt: the very solid foundation for the global NGV business has been laid down. The second decade of the 21st century is the time for really big projects all over the world to make at least 50 million NGVs a reality.

Keywords: natural gas, CNG, LNG, NGV, filling station.

Закончилось первое десятилетие нового века и нового тысячелетия. Это хороший повод для подведения итогов, оценки достижений, анализа неудач, определения планов на будущее.

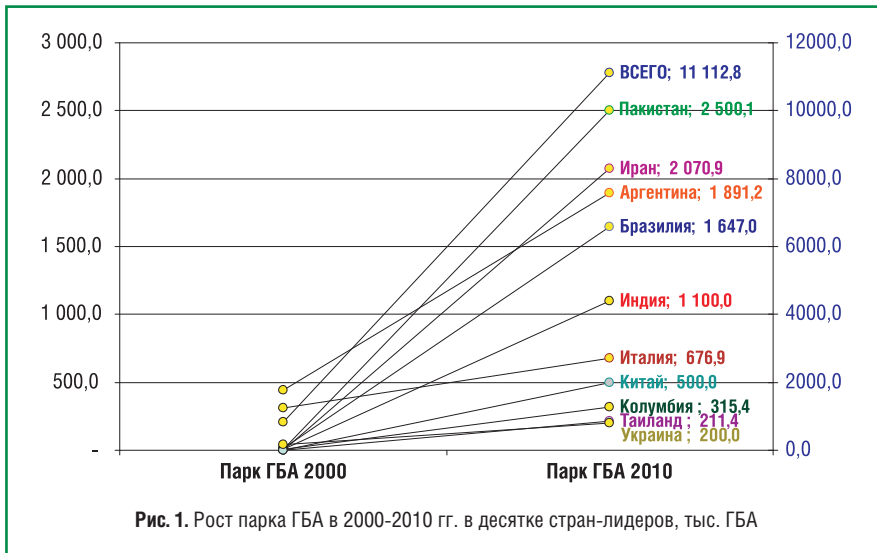
Можно с уверенностью утверждать, что для мировой газомоторной отрасли начало XXI в. было абсолютно удачным. Именно за эти прошедшие десять лет изолированные национальные рынки сформировались в единый глобальный газомоторный рынок, объединяющий политиков, чиновников, газовиков, автопроизводителей, транспортников, изготовителей газобаллонного оборудования, криогенщиков и многих других игроков рынка.

Голос мировой газомоторной отрасли, годовой оборот газа в которой вырос за последние десять лет с 2,4 млрд м³ в 2000 г. до примерно 30 млрд м³ в 2010 г. (это равно годовому объему потребления газа, например, в Австралии, Пакистане, Египте), а суммарная установленная производительность АГНКС – до 40 млрд м³ в год, игнорировать нельзя.¹

Статистические данные из различных источников могут отличаться, однако, общую тенденцию они отражают правильно: рынок метана для транспорта растет. В 2000 г. в мире работало 3,5 тыс. АГНКС, в настоящее время их 18,3 тыс. Мировой парк автомобилей на природном газе за последнее десятилетие увеличился в 12 раз: с 1 млн до 12 млн.

Десять лет назад природный газ на транспорте использовали или изучали в 40 странах мира. А сегодня более 80 стран являются членами мирового газомоторного клуба. Интересен тот факт, что эпицентр развития газомоторного рынка переместился из Южной Америки в Южную Азию. Пакистан (парк газобаллонных автомобилей в 2,5 млн ед.),

¹ Использованы статистические данные Международной и Европейской газомоторных ассоциаций, НГА, МГС, ЕЭК ООН и др. организаций.



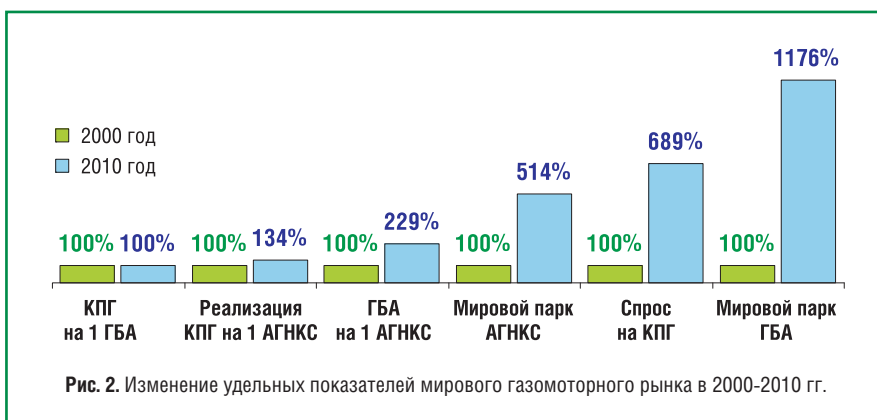
Иран (2 млн), Индия (0,7 млн) входят в пятерку мировых лидеров использования природного газа в качестве моторного топлива. А если добавить еще и Китай с его 0,5 млн метановых машин, то только парки этих стран Азии составят 50 % мирового парка.

Еще одним примечательным фактом является изменение состава лучшей десятки стран – лидеров газомоторного рынка (рис. 1). Отмечен колоссальный рост численности метановых машин в Пакистане, Иране, Бразилии, пятикратное увеличение парка газобаллонных автомобилей (ГБА) на Украине, четырехкратное в Аргентине и весьма скромное двукратное в Италии. Правда, нужно подчеркнуть, что при этом Италия сохраняет за собой позиции европейского лидера газомоторного рынка – в стране на метане работают 680 тыс. машин.

Аргентина, Бразилия, Индия, Италия и Таиланд остались в десятке. А США, Россия, Новая Зеландия, Канада и Египет из нее выбыли, уступив место в клубе чемпионов Пакистану, Ирану, Китаю, Колумбии и Украине. В десятке лидеров на природном газе работают 10,8 млн ГБА, что составляет 91 % мирового парка.

Если посмотреть на развитие мирового рынка в целом, то особенно интересно отметить, что в 2001-2008 гг. среднегодовой темп роста парка ГБА составлял 26 %. В 2010 г. прогнозируемая численность парка была достигнута, но темп его роста на ближайшие годы составит более консервативные 18 %. Тогда к 2020 г. мировой парк автомобилей на метане будет насчитывать 65 млн!

Какие еще изменения произошли на мировом рынке производства и использования природного газа в качестве моторного топлива.



Хотя усредненные показатели не всегда отражают истинное положение вещей, они помогают увидеть общие тенденции и могут применяться при принятии решений.

Среднее число газобаллонных автомобилей, обслуживаемых одной АГНКС, выросло с 287 машин в 2000 г. до 679 в 2010 г. Неоднократно отмечалось, что наилучшие экономические показатели на АГНКС можно получить при заправке 1000 газобаллонных автомобилей в год.

Средний годовой объем потребления природного газа на один автомобиль с 2000 по 2010 г. практически не изменился и остался на уровне 2,3 тыс. м³. В мировом парке метановых машин преобладают легковые автомобили. Автомобили средней и большой грузоподъемности или пассажиремкости составляют всего 5,8 %. Однако в Китае, Франции, Испании, Южной Корее среднегодовое потребление может достигать 11; 20 и даже 30 тыс. м³ на один газобаллонный автомобиль. Чем больше доля грузовиков и автобусов в национальном парке ГБА, тем больше среднее потребление (рис. 2).

Еще одним показателем успеха газомоторного рынка в прошедшем десятилетии стал удельный годовой рост реализации КПГ на одну АГНКС. В 2000 г. он составлял чуть менее 700 тыс. м³/АГНКС, а в 2010 г. он достиг уровня 900 тыс. м³/АГНКС. И это без учета ряда стран, не предоставляющих такую информацию. А среди них мировой лидер Пакистан с парком ГБА в 2,5 млн ед. По экспертным оценкам, суммарное годовое потребление компримированного природного газа (КПГ) в Пакистане может составлять примерно 3 млрд м³. Удельная реализация КПГ на одну АГНКС в этой стране несколько ниже среднемировой и составляет примерно 850 тыс. м³/год. Объяснение простое: на долю автобусов и грузовиков среднего и тяжелого классов приходится всего 4 % от общего национального

парка ГБА. А в классе легковых автомобилей находится огромное число моторикш.

Другое дело – Китай. Общий национальный парк метановых машин насчитывает 500 тыс. ед. При этом сектор автомобилей среднего и тяжелого класса занимает 36 %. И это в основном автобусы – 150 тыс., грузовиков этих классов в пять раз меньше – 30 тыс. По экспертной оценке, суммарное потребление КПГ в Китае может составлять до 6 млрд м³, а удельная реализация на одну АГНКС – около 3,5 млн м³.

Для сравнения в России этот показатель превышает среднемировой и составляет 1,3 млн м³/АГНКС. При этом на долю автобусов и грузовиков приходится 23,3 и 50,5 % соответственно. Структура парка ГБА отражается также и в удельном расходе КПГ/ГБА. В России он почти в три раза выше, чем в Пакистане, и составляет 3,3 тыс. м³/ГБА.

Вид техники непосредственно влияет на удельные показатели. Так, объем одной заправки трактора К-701 равен объему газа, заправляемого 38 моторикшами в Исламабаде, Бангкоке или Куала-Лумпуре.

Одни только количественные показатели не могут отразить ситуацию

во всей ее полноте. На мировом газомоторном рынке произошли важные идеологические, политические и технологические сдвиги.

Самым значимым достижением можно считать то, что во многих странах газовые (нефтегазовые, энергетические) компании – большие и малые, государственные и частные – решительно сказали газомоторному рынку «Да». Сейчас они лоббируют тему, инвестируют средства, пропагандируют и поддерживают использование газа в качестве моторного топлива.

Политики и чиновники во многих странах осознали, что уникальная комбинация экологических, экономических и социальных аспектов использования природного газа делает его самым экоэффективным моторным топливом. Именно по этой причине федеральные и муниципальные власти во многих странах мира предоставляют всем участникам газомоторного рынка финансовые льготы и оказывают административную поддержку.

Основным источником роста числа газобаллонных автомобилей в мире по-прежнему остается переоборудование транспортных средств для работы на природном

газе в процессе эксплуатации. В то же время на рынок поступает все больше и больше ГБА заводского изготовления. Практически все крупные автомобильные компании выпускают более 80 моделей. В следующем десятилетии не менее 60 % новых ГБА будут выпускаться в заводских условиях.

Газомоторные технологии разработаны и испытаны практически для всех видов транспортной техники. Сегодня уже никого не удивить газовым автобусом или грузовиком. Применение природного газа на морских пароммах и самолетах, железнодорожных локомотивах и моторикшах, аэродромной технике и рыболовецких судах, вилочных автопогрузчиках на складах и ратраках на горнолыжных курортах доказало безопасность, чистоту и дешевизну метана.

Несправедливо забытый на какое-то время газодизельный цикл для тяжелой техники возвращается на рынок. На рынок выходят технологии радиочастотной идентификации, которые позволяют повысить безопасность эксплуатации сосудов высокого давления. Недавно появилось оборудование нового поколения: ионные компрессоры. Данная



Автопробег «Голубой коридор – 2010»

технология позволяет исключить попадание масла в природный газ, что происходит в компрессорах, созданных по традиционной технологии.

Биотопливное сообщество, наконец, нашло способ не приносить в жертву землю и другие ресурсы, чтобы получать топливо для транспорта. Биометан второго поколения, генерируемый при переработке органических отходов, вероятно, представляет собой лучшее с моральной стороны моторное топливо. Кроме того, биометан, доведенный до качества трубного природного газа, не требует каких-либо новых технологий при транспортировке и распределении. Вся инфраструктура для конечных потребителей всех категорий уже построена. Однако не следует забывать, что биометан будет всегда дороже природного газа.

Во многих странах создается все новое и новое оборудование для КПП и СПГ. В ближайшем будущем наступит время для техники, заправляющейся регазифицированным СПГ.

Метано-водородные смеси показали свою экономическую и экологическую эффективность. Такие смеси можно получать либо на АГНКС, либо на борту транспортного средства.

Несмотря на НИОКР, проводимые в ряде стран, никакого коммерческого успеха в области адсорбированного природного газа в прошлом десятилетии так и не получено. Вполне реалистично ожидать ощутимого прогресса в предстоящие десять лет.

Получение синтетического жидкого топлива из природного газа продолжает оставаться перспективным, но практическое применение этой технологии существенно отстает от первоначальных ожиданий.

Совершенствуются не только газомоторные технологии, совершенствуется вся система международных отношений. Развиваются взаимоотношения между Международным газовым союзом (МГС), Европейской экономической комиссией (ЕЭК) ООН, ведущими газомоторными ас-

социациями мира. Проект «Голубой коридор», совместное исследование газомоторного рынка МГС и ЕЭК ООН, метановые автопробеги, крупные международные конференции и выставки – вот только несколько примеров сотрудничества.

Ближайшая задача заключается в том, чтобы гармонизировать противоречащие национальные нормативные акты, которые сдерживают свободное движение метановых автомобилей между странами.

Среднесрочный прогноз развития газомоторных технологий показывает, что все больше техники будет создаваться в основном по следующим пяти направлениям:

- гибридные силовые агрегаты на КПП для городских пассажирских автобусов;

- двухтопливные (газодизельные) силовые агрегаты для тяжелых грузовых автомобилей;

- использование чистого биометана или его смесей с природным газом в различных пропорциях, что позволит существенно сократить выбросы CO₂ по всему циклу топлива – от скважины до выхлопной трубы;

- использование СПГ для грузовиков и автобусов средней и большой дальности пробега;

- использование метано-водородных смесей как переходного топлива на пути к водородному транспорту.

Все, что было сделано за последнее десятилетие, не оставляет места для сомнений: заложен солидный фундамент для глобального газомоторного бизнеса. Во время второго десятилетия XXI в. необходимо довести численность парка метановых автомобилей до 50 млн ед.

Для достижения этой цели представляется целесообразным:

- развивать, модернизировать и гармонизировать недостающие, устаревшие и противоречащие национальные и региональные нормативные акты, регламентирующие

строительство и эксплуатацию газозаправочных станций и газобаллонных автомобилей;

- ликвидировать барьеры, мешающие комфортному проезду метановых автомобилей по странам и континентам;

- укреплять сотрудничество международных организаций ЕЭК ООН, МГС, ИСО, ЕДК с крупнейшими газомоторными ассоциациями – азиатско-тихоокеанской (ANGVA), европейской (NGVA Europe), латиноамериканской (ALGNV), международной (IANGV), российской (NGVRUS), североамериканской (NGV America);

- привлекать государственные организации и частный бизнес к реализации масштабных газомоторных проектов;

- наращивать разнообразие газобаллонной техники, создавая новые марки и модели газобаллонных автомобилей, и прежде всего тяжелых с мощностью двигателя более 309 кВт;

- расширять спектр техники и сосредоточиться на железнодорожных локомотивах и водных судах с большим потреблением топлива;

- увеличить использование сжиженного природного газа и сжиженного биометана там, где логистически и экономически приемлемо;

- продолжать НИОКР в области водорода, жидкого синтетического топлива, гибридных технологий для транспорта;

- внедрять перспективные технологии повышения безопасности газобаллонной техники (например, технологии радиочастотной идентификации);

- информировать политиков, менеджеров и общественность о преимуществах природного газа;

- организовывать мероприятия по продвижению природного газа (автопробеги, выставки, конференции).

А мировая газовая промышленность должна сохранить за собой лидерство в этих процессах.

Статистика мирового газомоторного рынка по состоянию на декабрь 2010 г.

Страна	ГБА	АГНКС	Спрос на КПГ, м³/год	ГБА/АГНКС	КПГ/ГБА, м³/год	КПГ/АГНКС, м³/год
Пакистан	2 500 100	3 300	–	758	–	–
Иран	2 070 930	1 490	3 960 000 000	1 390	1 912	2 657 718
Аргентина	1 891 186	1 783	2 631 960 000	1 061	1 392	1 476 141
Бразилия	1 646 955	1 783	1 909 980 000	924	1 160	1 071 217
Индия	1 100 000	596	1 958 542 800	1 846	1 780	3 286 146
Италия	676 850	770	744 360 000	879	1 100	966 701
Китай	500 000	1 652	–	303	–	–
Колумбия	315 405	614	540 000 000	514	1 712	879 479
Таиланд	211 402	423	1 147 200 000	500	5 427	2 712 057
Украина	200 019	283	996 000 000	707	4 980	3 519 435
Бангладеш	200 000	500	1 098 600 000	400	5 493	2 197 200
Боливия	140 400	156	315 337 620	900	2 246	2 021 395
Египет	139 804	129	456 000 000	1 084	3 262	3 534 884
США	110 000	1 100	1 260 000 000	100	11 455	1 145 455
Армения	101 352	303	303 000 000	334	2 990	1 000 000
Россия	100 052	249	332 460 000	402	3 323	1 335 181
Перу	95 242	127	135 480 000	750	1 422	1 066 772
Германия	85 000	863	175 200 000	98	2 061	203 013
Болгария	60 236	81	156 000 000	744	2 590	1 925 926
Узбекистан	47 000	63	105 900 000	746	2 253	1 680 952
Венесуэла	43 000	150	97 800 000	287	2 274	652 000
Малайзия	44 635	148	–	302	–	–
Япония	39 623	342	–	116	–	–
Корея	28 324	166	980 160 000	171	34 605	5 904 578
Мьянма	22 821	37	–	617	–	–
Швеция	23 125	134	81 192 000	173	3 511	605 910
Франция	12 450	125	–	100	–	–
Канада	12 140	96	–	126	–	–
Таджикистан	10 600	53	49 560 000	200	4 675	935 094
Чили	8 064	15	38 400 000	538	4 762	2 560 000
Швейцария	9 279	123	15 780 000	75	1 701	128 293
Киргизия	6 000	6	7 200 000	1 000	1 200	1 200 000
Белоруссия	5 500	25	36 000 000	220	6 545	1 440 000
Молдавия	5 000	14	12 000 000	357	2 400	857 143
Австрия	5 325	221	6 000 000	24	1 127	27 149
Сингапур	4 896	5	–	979	–	–
Тринидад и Тобаго	3 500	13	9 600 000	269	2 743	738 462
Турция	3 339	14	4 800 000	239	1 438	342 857
Мексика	3 037	8	240 000	380	79	30 000
Грузия	3 000	42	–	71	–	–
Индонезия	2 550	9	–	283	–	–
Австралия	2 825	47	–	60	–	–

Страна	ГБА	АГНКС	Спрос на КПГ, м³/год	ГБА/АГНКС	КПГ/ГБА, м³/год	КПГ/АГНКС, м³/год
Нидерланды	2 802	68	–	41	–	–
Испания	2 539	44	52 560 000	58	20 701	1 194 545
Чешская Республика	2 478	45	8 160 000	55	3 293	181 333
Польша	2 106	33	–	64	–	–
Вьетнам	1 002	12	–	84	–	–
Финляндия	817	18	5 400 000	45	6 610	300 000
Словакия	622	8	10 908 000	78	17 537	1 363 500
Латвия	500	4	–	125	–	–
Греция	600	3	–	200	–	–
Португалия	504	5	13 337 838	101	26 464	2 667 568
Сербия	326	5	180 000	65	552	36 000
ОАЭ	350	2	–	175	–	–
Великобритания	294	33	4 800 000	9	16 327	145 455
Новая Зеландия	283	14	–	20	–	–
Норвегия	376	10	54 600 000	38	145 213	5 460 000
Люксембург	220	6	665 400	37	3 025	110 900
Мозамбик	253	2	–	127	–	–
Бельгия	143	9	–	16	–	–
Литва	150	3	3 000 000	50	20 000	1 000 000
Хорватия	130	1	156 000	130	1 200	156 000
Алжир	125	3	–	42	–	–
Исландия	120	2	468 000	60	3 900	234 000
Лихтенштейн	104	3	–	35	–	–
Венгрия	123	10	1 500 000	12	12 195	150 000
Нигерия	60	4	–	15	–	–
Македония	50	1	240 000	50	4 800	240 000
Филиппины	36	3	–	12	–	–
Тунис	34	1	–	34	–	–
Эквадор	40	1	–	40	–	–
Танзания	31	1	–	31	–	–
ЮАР	24	2	–	12	–	–
Панама	15	–	–	–	–	–
Босния и Герцеговина	21	1	–	21	–	–
Черногория	–	1	–	–	–	–
Эстония	4	1	–	4	–	–
Ирландия	2	1	–	2	–	–
Казахстан	–	10	–	–	–	–
Доминиканская Республика	1	2	–	1	–	–
Словения	21	–	–	–	–	–
Туркменистан	–	1	–	–	–	–
Итого	12 508 272	18 431	17 762 184 858	679	1 420	963 712

Новости из-за рубежа News from abroad

Мексика: полмиллиона ГБА к 2014 году

Представитель компании Gas Natural Fenosa в Мексике Анхель Паласиос Ларрага сообщил, что руководство его компании приняло решение об инвестировании в развитие газобаллонного транспорта в округе Монтерей. До 2014 г. компания планирует профинансировать переоборудование 500 тыс. автомобилей. Переоборудованию подлежат легковые автомобили, такси и личные машины. Стоимость газобаллонного оборудования и его монтажа на автомобиль составляет примерно 1200 долл. США.

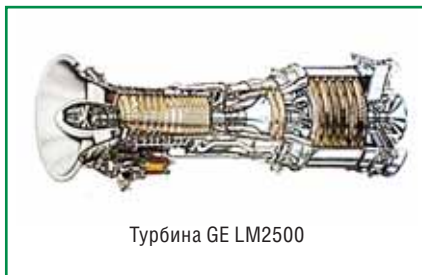


Анхель Паласиос Ларрага

Планы компании Gas Natural Fenosa выглядят весьма амбициозно. Особенно на фоне того, что в стране на метане работают чуть больше 2 тыс. автомобилей из общего парка в 27 млн и восемь АГНКС. Вероятно, это стало одной из причин решения компанией Gazel инвестировать еще 50 млн долл. США в строительство 40 АГНКС. Экономическим стимулом для перехода на метан может стать то, что в Мексике он стоит на 30 % дешевле бензина. Известно также о планах компании Dina Group организовать заводское переоборудование и сборку легковых метановых автомобилей. Непосредственно в Мехико компания планирует перевести на компримированный природный газ (КПГ) 20 тыс. микроавтобусов.

Австралия: первый катамаран на СПГ

Австралийская судостроительная компания Incat получила контракт на



Турбина GE LM2500

строительство первого в мире высокоскоростного паром-катамарана на сжиженном природном газе (СПГ). Паром рассчитан на 1000 пассажиров и 153 автомобиля. 99-метровый катамаран будет сдан заказчику в 2012 г. Корабль строят на верфи в Тасмании. В каждом корпусе катамарана будет установлена газовая турбина компании «Дженерал Электрик» GE Energy LM2500, которая будет служить приводом для водометного двигателя Wartsila L1X 1720. Турбины LM2500 установлены на эсминцах многих флотов мира. Однако в данном варианте она будет модифицирована, чтобы использовать либо природный газ, либо нефтяное топливо.

Председатель совета директоров компании Incat Роберт Клиффорд заявил, что строительство газового катамарана – значительный шаг вперед, поскольку «газовые суда должны заменить те, двигатели которых менее экологичны».

Австралийский штат Тасмания не только станет родиной первого метанового катамарана, но и перспективным рынком использования природного газа в качестве моторного топлива. В столице штата г. Хобарт введена в эксплуатацию первая метановая заправка. Местная газораспределительная компания Tas Gas не только построила станцию, но и перевела на газ несколько своих автомобилей и вилочный автопогрузчик. Газовую топливную аппаратуру на автомобили Тойота поставила компания Advanced Fuels Technology (AFT). Для демонстрационного проекта используется компрессор малой производительности. Tas Gas намерена перевести еще несколько своих автомобилей на метан, а на втором этапе оборудовать одну из АЗС

компрессорно-раздаточным оборудованием для быстрой заправки автомобилей метаном. Литр дизельного топлива в Хобарте стоит 1,3 долл. США, а 1 м³ КПГ будет продаваться менее чем за доллар.

Правительство штата Тасмания не остается в стороне от процесса и разрабатывает планы перевода на природный газ автомобилей бюджетной сферы в Хобарте, Лонсестоне, Девенпорте, Берни. Существует также план перевода на СПГ тяжелой автомобильной техники.

Запасы природного газа в Австралии оцениваются в 3,115 трлн м³, добыча составляет 42 млрд м³. Газовые месторождения находятся как на материковой части, так и на шельфе. В 2009 г. Австралия экспортировала 24 млрд м³ природного газа в виде СПГ. Основным покупателем является Япония (65 % экспорта). Существенные доли приходятся на Китай (20 %), Южную Корею (7 %), Индию (5 %). Газомоторный рынок Австралии можно охарактеризовать как развивающийся. В стране работают 47 станций, которые обеспечивают КПГ и СПГ 2825 газобаллонных автомобилей.

МЕТАИнфо

Мир: мобильные технологии заправки газом

Передвижные средства доставки природного газа потребителям получают дальнейшее развитие. В апреле 2011 г. компания **Peruana de Gas Natural (PGN)** планирует вести в провинции Puente Piedra (Перу) сеть из пяти спутниковых газовых станций в городах Callao, La Victoria, San Juan de Lurigancho, Villa El Salvador y Puente Piedra. Эти станции будут обслуживаться автомобильными метановозами, доставляющими КПГ с АГНКС в районе Lurin. Метановозы поставляет перуанский филиал компании NEOgas. Кстати, с конца 90-х гг. прошлого века именно эта компания вместе с московским ОАО



Метановоз Neogas (США)

«Автогаз» провела удачный эксперимент по использованию мобильного заправочного комплекса для обеспечения КПП корпоративного клиента. Газораспределительная сеть Перу недостаточно развита. Из-за этого даже районы, непосредственно прилегающие к столице, не газифицированы. В этих условиях мобильные технологии способствуют ликвидации тотальной зависимости от нефти. Общая стоимость проекта превышает 4 млн. долл. США.

Оборудование компании NEOgas с января 2011 г. будет применяться для доставки КПП на новую автономную АГНКС в бразильском муниципалитете Ангра-душ-Рейш на юге штата Рио-де-Жанейро. АГНКС будет оснащена четырьмя компрессорами, обеспечивающими одновременную заправку восьми автомобилей. Общая стоимость комплекса составляет 2,7 млн долл. США. Чтобы содействовать строительству комплекса, местные власти согласовали сокращение минимального расстояния до жилых и общественных зданий с 250 до 100 м. Кроме того, с целью стимулирования перехода на метан муниципалитет принял решение на 75 % сократить размер налога на транспортные средства для автомобилей, работающих на КПП. Строительство нового комплекса и введение новых мер стимулирования позволят на 50 % увеличить местный парк метановых машин, который сегодня составляет уже 2 тыс. ед.

Мобильные средства уже давно и успешно применяются для доставки потребителям СПГ. Шведская компания **Fordons Gas Sverige AB** ввела в эксплуатацию в Гетеборге первую криозаправку СПГ общего доступа. До сих пор сжиженным природным газом заправлялись только на гаражных (корпоративных) станциях. На первом этапе СПГ будут привозить из Норвегии, а в течение 2011 г. будет организована доставка сжиженного биометана из Линчопинга. Аналогичная схема заправки автобусов регазифицированным КПП уже в течение нескольких лет отработывается в **11-м автобусном парке ГУП «Мосгортранс»**. СПГ доставляется в криоцистерне с АГНКС п. Развилка (с комплекса сжижения СПГ компании «Экип») в автобусный парк. Через регазификатор высокого давления метан заправляют в автобусы до рабочего давления 20 МПа.

Известны еще два проекта организации газоснабжения транспорта с



Виртуальная труба Overgas (Болгария)

использованием автомобильных метановозов. Они имеют одинаковое название – Виртуальный газопровод, – но осуществляются разными компаниями: **Galileo в Аргентине и Overgas в Болгарии**. Различаются они тем, что в аргентинском проекте применяются съемные баллонные кассеты с КПП для автономного использования, а в болгарском – секции кассет несъемные.



Виртуальная труба Galileo (Аргентина)

Наиболее интересной **российской разработкой** последних лет является автомобильная АГНКС, смонтированная на шасси автомобиля ЗИЛ. Эта АГНКС на колесах, разработанная ООО «Сургутгазпром» и ОАО «Тюменские моторостроители», может быть подключена



Мобильная АГНКС MB3-AT (Россия)

непосредственно к газопроводу в том месте, где это наиболее экономически интересно для потребителя. Главным преимуществом данной технологии является то, что при выходе на новые, еще не сформировавшиеся рынки газомоторного топлива мобильные АГНКС в сравнении со стационарными существенно снижают финансовые риски.

Е. Пронин. По материалам СМИ.

В Узбекистане 8 % автомобилей используют КПП

В Ташкенте состоялся узбекско-корейский бизнес-форум по переводу автомобильного транспорта на КПП, организованный Министерством окружающей среды Республики Корея и Корейской газомоторной ассоциацией, при поддержке НХК «Узбекнефтегаз» и АК «Узавтосаноат». Корейскую сторону представляли специалисты Национального Университета Кангвон, компании Kogas, а также ряда других, имеющих опыт строительства АГНКС и производства оборудования для работы с КПП.

В рамках форума докладчики из Южной Кореи ознакомили с политикой этой страны по переводу автотранспорта на КПП. Корейской стороной презентованы также технологии перевода автотранспорта на КПП, вопросы безопасного использования автомобильных газовых баллонов, современные методы строительства и эксплуатации АГНКС. И со стороны Узбекистана был представлен опыт в этой сфере и основные результаты реализуемой в республике программы по переводу транспорта на КПП.

Также были выставлены образцы автотранспорта, на котором используется природный газ, газобаллонное оборудование, технологии по переводу на метан дизельных двигателей, которые будут внедряться в Узбекистане впервые.

Участниками особо отмечен экологический аспект использования КПП в качестве автомобильного топлива. Это, в частности, сокращение вредных выбросов в атмосферу, что говорит в пользу расширения его применения.

В рамках программы визита представители корейской делегации посетили ряд предприятий по переводу автотранспортных средств на КПП и АГНКС, эксплуатируемые в Узбекистане.

Общее количество автотранспорта в Узбекистане на 1 января 2010 г. составляло 1634,6 тыс. ед. Из них используют сжиженный газ 7 % (114,1 тыс. ед.), сжатый – 8 % (129,2 тыс. ед.). К 2016 г. планируется довести число автомобилей, использующих КПП, до 29 % и открыть 352 АГНКС.

В настоящее время НХК «Узбекнефтегаз» ведет совместную работу с южнокорейскими компаниями Kogas и Kolon над проектами по производству автомобильных газовых баллонов на территории СИЭЗ «Навои» и строительству сети АГНКС в Узбекистане.

<http://www.anons.uz/article/society/3350/>

«Автокомплекс – 2010»: деловой настрой и оптимизм

В конце октября этого года в Москве («Экспоцентр») прошла 17-я Московская международная выставка «Автокомплекс – 2010» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг), ставшая традиционной. Организатор – ООО «АЗС-ЭКСПО» при поддержке правительства Москвы и содействии ЗАО «Экспоцентр». 125 фирм из 12 стран представили самые современные оборудование и услуги.



Продажи новых автомобилей в России за январь – октябрь в сравнении с прошлым годом выросли на 22 %, значительно опередив ожидания автоконцернов. Устойчивый характер роста авторыннка, оживление деловой активности и огромный потенциал расширения сферы послепродажных услуг для автовладельцев на всем постсоветском пространстве стали хорошим стимулом для авторитетных российских и зарубежных производителей соответствующего оборудования. Их ожидания оправдались – на выставке царил атмосфера высокой деловой активности. Выставку посетили свыше 6500 специалистов, инвесторов, владельцев АЗС, станций технического обслуживания, гаражей и паркингов.

Из иностранных экспонентов следует отметить следующие компании: Gilbarco Veeder-Root, Scheidt und Bachmann (Германия), Dresser Wayne (Швеция), OPW (Чехия), Broen Zawgaz (Польша), Corken

Liquid Controls Group (США), Beijing Sanki Petroleum (Китай), Mersan (Турция), которые накопили большой опыт работы на российском рынке.

Из российских экспонентов настойчиво совершенствуют свою продукцию СП «Татсуно С-Бенч» (г. Рязань), ОАО «Промприбор» (г. Ливны), ООО «Нева-Сервис» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «НАРА» (г. Серпухов), ООО «Топаз-сервис» (г. Волгодонск), ЗАО «Пензаспецавтомаш». В отличие от прошлых лет было больше представлено оборудования и технологий для нефтебаз и газовых терминалов: ООО «Деловой Союз 2000» (Московская обл.), ЗАО «Аргоси» (г. Москва), АЗТ «Славутич» (Украина), ООО «Камышинский опытный завод» (Волгоградская обл.).

Защита окружающей среды и экологически чистые технологии также нашли должное отражение в экспозиции. Вопрос ускорения перехода на топливо стандарта «Евро-4» не терпит дальнейшего отлагательства. Все звенья системы

нефтепродуктообеспечения серьезно готовятся к этому этапному мероприятию.

Тема расширения масштабов использования газа в качестве моторного топлива была представлена на выставке очень обстоятельно, благодаря компаниям ЗАО «Сибур-газсервис» (г. Москва), GT7 (г. Москва), FAS Flussiggas-Anlagen GmbH (Германия), ООО «Митекс» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «ЕвроПамп Рус» (г. Москва), ООО «Аннекс ЛПГ» (г. Красногорск), ООО НПО «Ротор» (г. Люберцы), ООО «Нефтегазресурс-Центр» (г. Краснодар).

Системы управления и безналичных расчетов представили следующие фирмы: НКТ (г. Москва), АйТи (г. Москва), СП «Татсуно С-Бенч» (г. Рязань), ООО «АВТОМАТИКА плюс» (г. Пенза), Expertek, IBS (г. Москва), Информационные бизнес-технологии (г. Москва), ПК-Электроник (г. Новосибирск), КПЦ «Электронные системы» (г. Калуга).

В павильоне и на открытых площадках лучшие образцы техники для транспортировки и хранения нефтепродуктов и газа продемонстрировали ОАО «Алексеевка ХИММАШ» (г. Воронеж), ТД «Спецтехника ГраЗ» (г. Нижний Новгород), ОАО «Рузхиммаш» (г. Рузаевка), «Русбизнесавто» (г. Москва) и др.

Полный комплекс работ по проектированию, строительству и техническому оснащению АЗС и АГНС предложили ООО «Паритет-строй» (г. Пермь), ООО «Стройинвестсервис» (г. Москва), ЗАО «СКОН» (г. Екатеринбург), ООО «Стройремкомплекс АЗС». Автосервисное и автомоечное оборудование представили «ИНЖТЕХсервис» (г. Москва), Группа компаний «Три-Е» (г. Санкт-Петербург), ООО «Лигир» (г. Москва) и др.

Организация движения в Москве, дефицит гаражей и стоянок стали уже предметом постоянной озабоченности для населения и властных структур всех уровней. Участники выставки «Автокомплекс-2010» представили отличное оборудование и технологии для развития парковочного оборудования мегаполиса. Среди них: Группа компаний «Эликс» (г. Москва), Scheidt & Bachmann GmbH (Германия), «КомплексПаркинг» (г. Москва), ООО «Стройпроммет» (г. Сходня), Группа компаний «Двигательмонтаж» (г. Москва), CNBM (Китайская национальная корпорация строительных материалов), Hectronic GmbH (Германия), ООО «Разработка информационных систем» (г. Москва), ЗАО «Сигнал Телеком» (г. Москва).



Особо следует отметить высокий уровень дизайна и функциональной оптимальности многих стендов. В сочетании с продуманными информационно-маркетинговыми мероприятиями это обеспечивало большую посещаемость стендов компаний Gilbarco Veeder-Root, «Три-Е», НКТ, Scheidt und Bachmann, ТД «Все для АЗС» и др. Подобная активная позиция экспонентов требует серьезной «домашней» подготовки, но она должна стать примером для тех, кто продолжает работать в режиме «посиделок».

Одновременно с выставкой в течение трех дней в «Экспоцентре» работал

Международный нефтепродуктовый конгресс, который вызвал большой интерес специалистов отрасли. Он состоял из трех форумов по прогнозам развития спроса на топливо, учету нефтепродуктов и «Нефтебаза-2010». Организаторами выступили ИД «ИнфоТЭК» и Подкомиссия по развитию нефтегазовой отрасли Совета Федерации Федерального Собрания РФ.

Информационную поддержку выставке оказывали более 20 ведущих отраслевых изданий, таких как «Нефтегазовая вертикаль», «Нефть и Капитал», «Нефть России», «Современная АЗС»,

«АГЗК+АТ», «Топливный рынок», «Транспорт на альтернативном топливе», «АвтоОпыт», «КУЗОВ» и другие.

Действенная помощь в подготовке выставки была предоставлена Департаментом транспорта и связи г. Москвы, Российским топливным союзом и ЗАО «Экспоцентр».

Есть все основания утверждать, что прошедшая выставка показала оптимистичный настрой на перспективу как производителей и поставщиков техники, технологий и услуг, так и потребителей – инвесторов, владельцев, специалистов.

Несмотря на то, что авторынок России и СНГ стабильно наращивает темпы продаж, следует особо отметить, что отставание инфраструктуры дорожного сервиса, послепродажных услуг для автовладельцев из технической проблемы перерастает в социальную и требует самого пристального внимания. Все это говорит о востребованности тематических направлений прошедшей выставки. Она призвана внести свой вклад в решение назревших проблем, и большинство участников выставки хорошо это понимают.

Наглядным подтверждением этому может служить то, что многие фирмы уже выразили готовность принять участие в выставке следующего года. Заявки подали: Gilbarco Veeder Root, СП «Татсуно С-Бенч», Dresser Wayne, ЗАО «АйТи», АЗТ «Славутич», ТД НКТ, ЗАО «Аргоси», ООО «Инжтехсервис», ООО «Топаз-сервис», ЗАО «СКОН», ООО «Стройремкомплекс АЗС», ООО «Евротрейдинг» и др.

18-я Московская международная выставка «Автокомплекс-2011» (Автозаправочный комплекс. Автотехсервис. Гараж и паркинг) состоится при поддержке правительства Москвы и содействии ЗАО «Экспоцентр» с 1 по 3 ноября 2011 г. в павильоне № 7 (залы 3, 4, 5, 6) и на открытых площадках ЦВК «Экспоцентр».

Приветствуем Ваше участие в выставке «Автокомплекс-2011»!

По всем вопросам следует обращаться:

E-mail: acs-expo@mtu-net.ru

Тел./факс (495) 380-21-37

Более подробная информация:

www.autocomplex.net



Газодизель, работающий на природном газе с запальной дозой ДМЭ

А.И. Гайворонский,

заведующий отделом ООО «Севморнефтегаз», к.т.н.,

А.М. Савенков,

заведующий лабораторией ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,

В.А. Марков,

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

Проведены экспериментальные исследования дизеля типа ЯМЗ-236НЕ, работающего на природном газе. Для воспламенения природного газа в камере сгорания дизеля поочередно использовались запальные дозы дизельного топлива и диметилового эфира. Показана эффективность использования диметилового эфира в качестве запального топлива и возможность улучшения показателей токсичности отработавших газов дизеля при его работе на природном газе с запальной дозой диметилового эфира.

Ключевые слова: дизельный двигатель, дизельное топливо, диметиловый эфир (ДМЭ), запальная доза топлива, токсичность отработавших газов.

Experimental Research on a Diesel Engine Using Natural Gas with Diesel Fuel and Dimethyl Ether as Pilot Fuels

A.I. Gajvoronsky, A.M. Savenkov, V.A. Markov

Experimental research on a diesel engine of the JAMZ-236NE type using natural gas has been conducted. For natural gas ignition in the diesel engine combustion chamber diesel fuel and dimethyl ether were used alternately as pilot fuels. Efficiency of dimethyl ether as a pilot fuel has been shown. A potential for exhaust toxicity characteristics improvement for a diesel engine using natural gas with dimethyl ether as a pilot fuel has been demonstrated.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, dimethyl ether, pilot fuel, exhaust gas toxicity.

Одним из наиболее распространенных видов организации рабочего процесса двигателя, использующего природный газ (метан), является газодизельный процесс, при котором газ в цилиндрах двигателя воспламеняется от запальной дозы дизельного топлива [1, 2]. Более широкое внедрение газодизельного процесса в двигателях транспортного назначения сдерживается

необходимостью установки на двигателе двух систем топливоподачи (для газа и для запальной дозы дизельного топлива) и повышенными выбросами токсичных компонентов отработавших газов (ОГ) при реализации газодизельного цикла. Это объясняется, в частности, трудностью обеспечения требуемого качества распыливания малой дозы дизельного топлива, обычно составляющей 5-15 %

от полной максимальной подачи топлива.

Перспективным представляется использование в качестве запального топлива легковоспламеняющихся альтернативных топлив. Особый интерес вызывает применение для этой цели диметилового эфира, который может быть получен из природного газа непосредственно на борту транспортного средства [3, 4], что исключает необходимость заправки транспортного средства одновременно двумя видами топлива. Кроме того, ДМЭ обладает хорошей воспламеняемостью в условиях КС дизеля, то есть отличается более высоким цетановым числом (55-60) в сравнении с традиционным дизельным топливом (45) и при нормальных условиях находится в газовой фазе (температура кипения составляет $t=-25$ °C) [4]. Это создает предпосылки для повышения качества смесеобразования и сгорания и, следовательно, улучшения показателей топливной экономичности и токсичности ОГ.

Для определения возможности использования ДМЭ в качестве запальной дозы легковоспламеняющегося топлива в газодизельном двигателе и оценки его экологических показателей в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» проведены соответствующие экспериментальные исследования на моторном стенде, оборудованном необходимой измерительной аппаратурой [3] (рис. 1). При этом в качестве базового выбран двигатель ЯМЗ-236 НЕ (6 ЧН 13/14), который может работать как по традиционному дизельному, так и по газожидкостному циклам, то есть на природном газе, воспламеняющемся от впрыскиваемой в КС запальной дозы дизельного топлива или ДМЭ.

Система подачи газового топлива дизеля 1 содержала баллоны 2 с компримированным природным газом и газовый редуктор 3. Из дозатора 4 газ поступал в смеситель 5, установленный на входе во впускной патрубок центробежного компрессора 8, газовый дозатор 4, управляющий количеством подаваемого в газоздушный смеситель природного газа, а также в заслонку 6 регулирования количества газоздушной смеси.

Система подачи запальной дозы дизельного топлива или диметилового эфира включала штатный для исследуемого двигателя шестиплунжерный топливный насос 9 высокого давления (ТНВД), который подает либо дизельное топливо из бака 13, либо ДМЭ из баллона 11. Используемый в качестве запального топлива ДМЭ хранился в баллоне 11 в жидкой фазе под давлением около 0,5...1,0 МПа. При этом в ДМЭ вводилась антифрикционная присадка лубризол, частично компенсирующая низкую вязкость ДМЭ (у ДМЭ $\nu_T=0,22$ мм²/с, у дизельного топлива $\nu_T=3,8$ мм²/с) и уменьшающая износ прецизионных деталей ТНВД и форсунок. Подача ДМЭ из баллона на вход ТНВД осуществлялась двумя подкачивающими насосами 10 с электроприводами, поддерживающими давление подкачки на уровне $p>1,5$ МПа. Это обеспечивало поддержание ДМЭ в жидком агрегатном состоянии в линии 12 подачи ДМЭ к ТНВД и предотвращало появление паровых пробок, нарушающих нормальную работу топливоподающей аппаратуры. Из топливного насоса ДМЭ под высоким давлением поступал к штатным форсункам 7 двигателя.

Управление количеством подаваемого в двигатель топлива осуществлялось регулированием количества как подаваемого природного газа, так и впрыскиваемого в КС запального дизельного топлива или ДМЭ. При этом регулировался и угол опережения впрыскивания ДМЭ в соответствии со скоростным режимом дизеля с помощью штатной муфты опережения впрыскивания ТНВД.

При испытаниях объемные концентрации в ОГ монооксида СО и диоксида СО₂ углерода, а также углеводородов СН измерялись инфракрасным газоанализатором МЕХА-574GE фирмы HORIBA (Япония), а оксидов азота NO_x – хемилюминесцентным газоанализатором RS-232L фирмы RIKEN (Япония). Дополнительно определялась дымность ОГ с помощью ручного дымомера МК-3 фирмы Hartridge (Великобритания). Дизель вначале исследовался на режимах внешней скоростной характеристики с частотой вращения коленчатого вала от 1000 до 2100 мин⁻¹, затем были определены

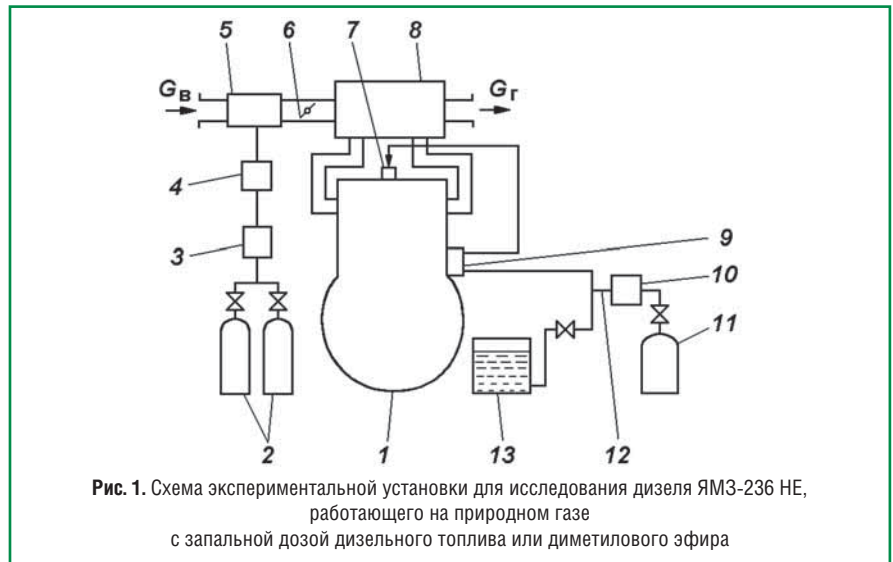


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования дизеля ЯМЗ-236 HE, работающего на природном газе с запальной дозой дизельного топлива или диметилового эфира

показатели двигателя при его работе на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла, предусмотренного Правилами 49 ЕЭК ООН.

При работе на природном газе с запальной дозой дизельного топлива или диметилового эфира крутящий момент M_e и мощность N_e

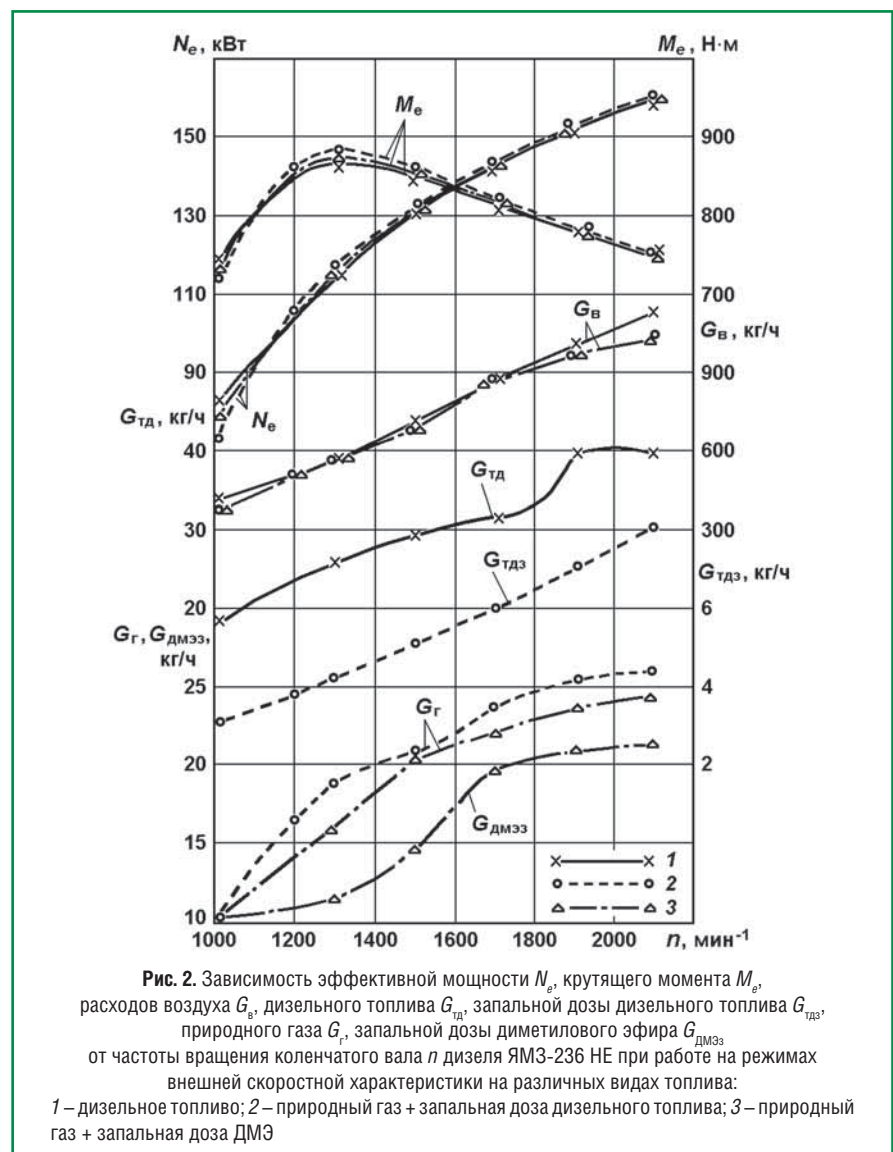


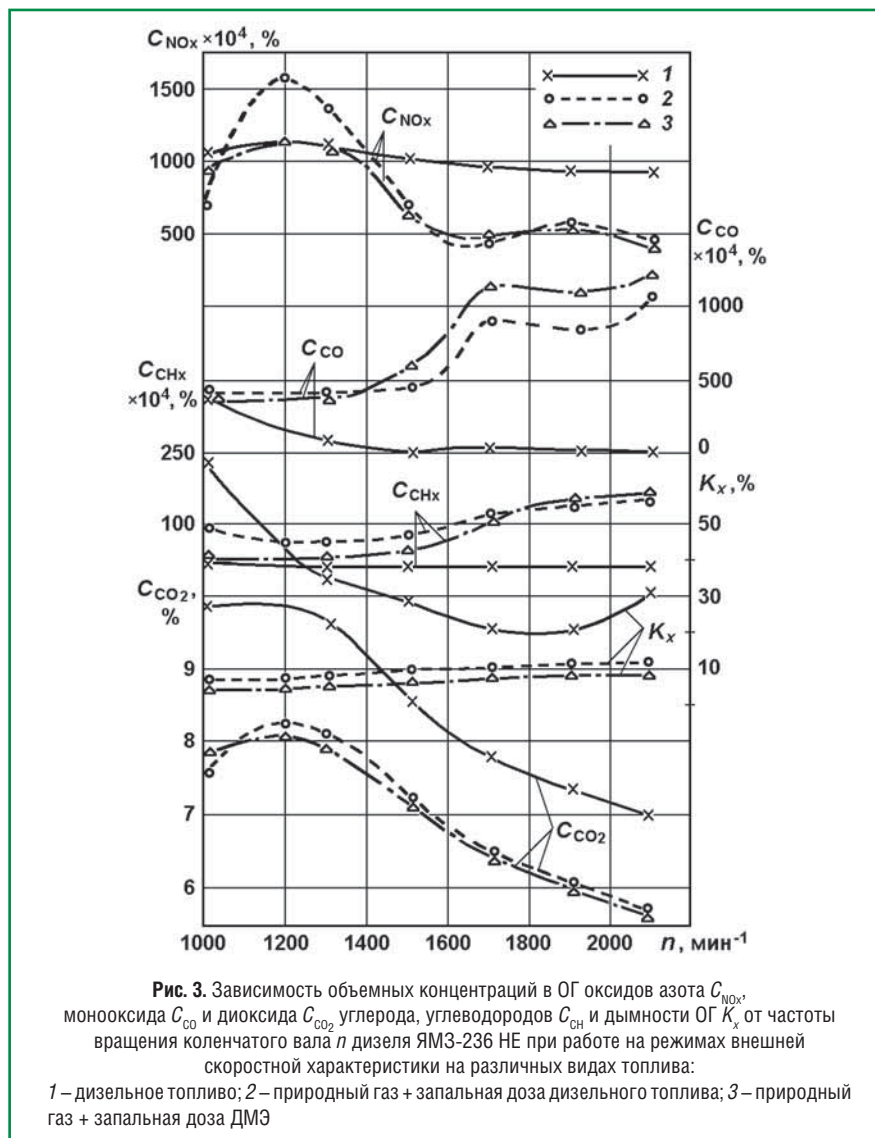
Рис. 2. Зависимость эффективной мощности N_e , крутящего момента M_e , расходов воздуха G_B , дизельного топлива G_{TD} , запальной дозы дизельного топлива G_{TDZ} , природного газа G_T , запальной дозы диметилового эфира G_{DMZE} от частоты вращения коленчатого вала n дизеля ЯМЗ-236 HE при работе на режимах внешней скоростной характеристики на различных видах топлива: 1 – дизельное топливо; 2 – природный газ + запальная доза дизельного топлива; 3 – природный газ + запальная доза ДМЭ

исследуемого двигателя сохранялись практически такими же, как и при работе на дизельном топливе (рис. 2). На режиме с номинальной частотой вращения $n=2100 \text{ мин}^{-1}$ крутящий момент двигателя составил $M_e=770 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ($N_e=169 \text{ кВт}$), а на режиме с частотой вращения $n=1300 \text{ мин}^{-1}$ (режим максимального крутящего момента) получен крутящий момент двигателя $M_e=880 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ($N_e=120 \text{ кВт}$).

При работе дизеля на режимах внешней скоростной характеристики на дизельном топливе его расход $G_{\text{тд}}$ увеличивался с 18 кг/ч на режиме с $n=1000 \text{ мин}^{-1}$ до 40 кг/ч на режиме с $n=2100 \text{ мин}^{-1}$. В процессе работы дизеля на природном газе с запальной дозой дизельного топлива увеличение частоты вращения в указанном диапазоне сопровождалось ростом расхода газа $G_{\text{г}}$ с 10 до 26 кг/ч. Такой же характер изменения подачи природного газа (10...24,9 кг/ч) отмечен и при организации его воспламенения от запальной дозы ДМЭ. При этом расход запальной дозы дизельного топлива $G_{\text{тдз}}$ возрос с 3 до 8 кг/ч, а расход запальной дозы ДМЭ $G_{\text{ДМЭз}}$ – с 10 до 21,9 кг/ч. Такое увеличение $G_{\text{ДМЭз}}$ обусловлено заметно меньшей теплотворной способностью ДМЭ в сравнении с дизельным топливом (соответственно 28,9 и 42,5 МДж/кг), несколько меньшим расходом природного газа при работе с запальной дозой ДМЭ, а также утечками ДМЭ в ТНВД и форсунках из-за значительно меньшей, чем у дизельного топлива, вязкости ДМЭ.

Стендовые испытания дизеля ЯМЗ-236 НЕ с различной организацией рабочего процесса и опытным образцом системы топливоподачи показали, что при работе двигателя на природном газе с запальной дозой дизельного топлива на отдельных режимах замещение жидкого топлива природным газом составило 85 %. При работе на природном газе с запальной дозой ДМЭ жидкое моторное топливо (дизельное) полностью замещается газовым топливом.

Переход на работу с газовым топливом привел к изменению показателей токсичности ОГ исследуемого дизеля на режимах внешней скоростной характеристики (рис. 3). В частности, отмечено значительное



снижение дымности отработавших газов K_x . Так, на режиме с $n=1000 \text{ мин}^{-1}$ при переходе с дизельного цикла на газодизельный с воспламенением газа от запальной дозы дизельного топлива дымность ОГ снизилась с 67 до 8 % по шкале Хартриджа, а на режиме с $n=2100 \text{ мин}^{-1}$ – с 30 до 12 %. Еще значительнее оказалось снижение K_x при работе на природном газе с запальной дозой ДМЭ: на указанных скоростных режимах эта величина оказалась равной соответственно 4 и 9 %. Очень малая дымность ОГ газодизеля с воспламенением газа от запальной дозы дизельного топлива или ДМЭ по сравнению с дизельным циклом обусловлена отсутствием в природном газе ароматических и нафтеновых углеводородов, склонных к сажеобразованию в КС дизеля. Дополнительное снижение дымности

ОГ при воспламенении газа от запальной дозы ДМЭ объясняется наличием в молекуле этого эфира около 35 % кислорода, который участвует в окислении частиц сажи, образующихся в результате высокотемпературного разложения углеводородов топлива. В результате при сгорании ДМЭ общий коэффициент избытка воздуха оказывается более высоким, что способствует снижению выброса сажи.

Анализ других показателей токсичности ОГ дизеля, работающего на режимах внешней скоростной характеристики, показал, что газодизель отличается несколько большей концентрацией в ОГ оксидов NO_x на режиме максимального крутящего момента при $n=1300 \text{ мин}^{-1}$ и близких к нему режимах, и несколько меньшей – на номинальном режиме при $n=2100 \text{ мин}^{-1}$. Так, на режиме

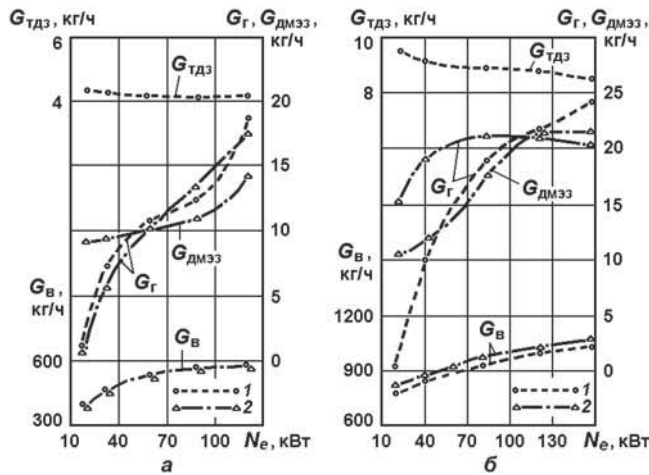


Рис. 4. Зависимость расходов воздуха G_B , запальной дозы дизельного топлива $G_{ТДЗ}$, природного газа G , запальной дозы диметилевого эфира $G_{ДМЭ}$ от эффективной мощности N_e дизеля ЯМЗ-236 НЕ при работе с частотой вращения коленчатого вала $n=1300$ мин⁻¹ (а) и $n=2100$ мин⁻¹ (б) на различных видах топлива: 1 – природный газ + запальная доза дизельного топлива; 2 – природный газ + запальная доза ДМЭ

с $n=1200$ мин⁻¹ концентрация NO_x в ОГ газодизеля максимальна и составляет $1600 \cdot 10^{-4}$ % (1600 ppm), а в ОГ дизеля – $1125 \cdot 10^{-4}$ % (газовый двигатель, работающий на этом режиме с запальной дозой ДМЭ, имеет такую же концентрацию оксидов азота в ОГ, как и дизельный двигатель). На режимах, близких к номинальному, переход от дизельного цикла к газодизельным циклам с запальными дозами дизельного топлива и ДМЭ сопровождается уменьшением концентрации NO_x в ОГ примерно в два раза (ориентировоч-

но с $1000 \cdot 10^{-4}$ до $500 \cdot 10^{-4}$ %). В целом, следует отметить, что наиболее низкие концентрации оксидов азота NO_x в ОГ исследуемого дизеля отмечаются при его работе по газодизельному циклу с запальной дозой ДМЭ. Это объясняется более равномерным распределением топлива по объему КС дизеля с такой организацией рабочего процесса и снижением температур сгорания из-за внутреннего охлаждения рабочей смеси испаряющимся ДМЭ, имеющим почти в два раза большую теплоту испарения в

сравнении с дизельным топливом (соответственно 467 и 250 кДж/кг).

При экспериментальных исследованиях отмечено увеличение концентраций монооксида углерода CO и углеводородов CH в ОГ газодизеля, работающего на режимах внешней скоростной характеристики с запальными дозами дизельного топлива и ДМЭ в сравнении с дизельным циклом. Однако содержание диоксида углерода CO₂ в ОГ газодизеля с воспламенением природного газа от запальной дозы дизельного топлива или ДМЭ значительно снижается в сравнении с дизельным циклом, что вызвано меньшим содержанием в природном газе атомов углерода (76 против 87 %) и большим содержанием водорода (24 против 12 %). Несколько меньшее содержание CO₂ в ОГ газодизеля, работающего с запальной дозой ДМЭ, связано с еще меньшим содержанием углерода в молекуле ДМЭ – всего около 52 %.

При снятии нагрузочных характеристик регулятор частоты вращения воздействовал на рычаг поворота заслонки газового дозатора. В результате расход природного газа G_r в исследуемом газодизеле возрастал при увеличении частоты вращения с $n=1300$ мин⁻¹ (рис. 4а) до $n=2100$ мин⁻¹ (рис. 4б). Постоянная частота вращения коленчатого вала двигателя поддерживалась путем корректирования положения рычага управления регулятора после каждого очередного изменения нагрузки тормозного устройства испытательного стенда. Расход запальной дозы дизельного топлива сравнительно слабо изменялся при росте нагрузки и составлял около $G_{ТДЗ}=4,4...4,2$ кг/ч на режимах с $n=1300$ мин⁻¹ и $G_{ТДЗ}=9,5...8,5$ кг/ч – на режимах с $n=2100$ мин⁻¹. Расход запальной дозы ДМЭ в этих условиях заметно возрастал до своих максимальных значений ДМЭ – $G_{ДМЭ}=14$ кг/ч на режимах с $n=1300$ мин⁻¹ и $G_{ДМЭ}=21,9$ кг/ч – на режимах с $n=2100$ мин⁻¹ (см. рис. 4а и 4б соответственно).

Существенно зависят от нагрузочного режима и показатели токсичности ОГ. Концентрация NO_x в ОГ возрастала по мере увеличения нагрузки, причем ее рост более интенсивен при $n=1300$ мин⁻¹ (рис. 5а) и менее

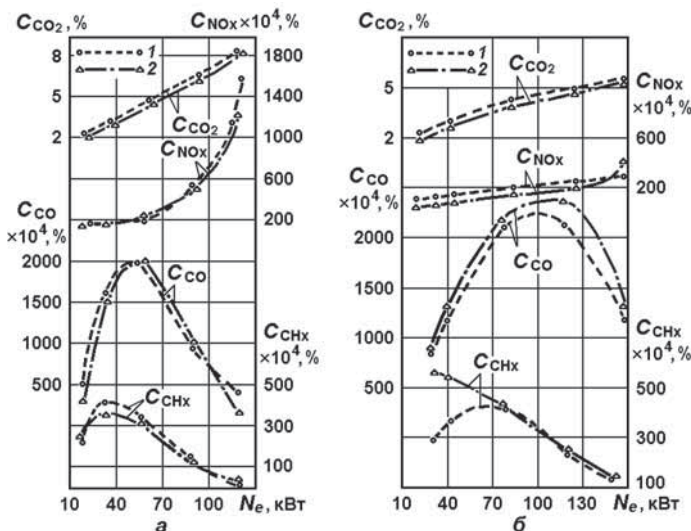


Рис. 5. Зависимость объемных концентраций в ОГ оксидов азота C_{NO_x} , монооксида C_{CO} и диоксида C_{CO_2} углерода и углеводородов C_{CH_x} от эффективной мощности N_e дизеля ЯМЗ-236 НЕ при работе с частотой вращения коленчатого вала $n=1300$ мин⁻¹ (а) и $n=2100$ мин⁻¹ (б) на различных видах топлива: 1 – природный газ + запальная доза дизельного топлива; 2 – природный газ + запальная доза ДМЭ

Удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ дизеля ЯМЗ-236 HE при различной организации рабочего процесса

Организация рабочего процесса	Удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ, г/(кВт·ч)		
	e_{NOx}	e_{CO}	e_{CH}
Природный газ + запальная доза дизельного топлива	8,252	7,248	0,746
Природный газ + запальная доза диметилового эфира	6,786	6,154	0,819
Нормы на токсичность ОГ			
«Евро-2»	7,0	4,0	1,1
«Евро-3»	4,5	2,0	0,6
«Евро-4»	3,5	1,5	0,5

интенсивен при $n=2100$ мин⁻¹ (рис. 5б). Максимальные концентрации NO_x в ОГ отмечены на режиме максимального крутящего момента при $n=1300$ мин⁻¹ (см. рис. 5а): при работе с запальной дозой дизельного топлива она оказалась равна $C_{NOx}=1600 \cdot 10^{-4}$ %, а при работе с запальной дозой ДМЭ – $C_{NOx}=1200 \cdot 10^{-4}$ %.

Концентрации СО и СН в ОГ имели максимальные значения на режимах с частичной нагрузкой. Максимум содержания оксида углерода в ОГ $C_{CO}=(2200...2300) \cdot 10^{-4}$ % наблюдался на режимах с $n=2100$ мин⁻¹ и $N_e=100...120$ кВт (см. рис. 5б), а максимум содержания углеводородов в ОГ $C_{CH}=(400...420) \cdot 10^{-4}$ % – на режимах с $n=1300, 2100$ мин⁻¹ и $N_e=30...70$ кВт (см. рис. 5а,б). Лишь при работе дизеля на режиме с $n=2100$ мин⁻¹ с запальной дозой ДМЭ концентрация СН в ОГ монотонно увеличивалась с уменьшением нагрузки до значения $C_{CH}=650 \cdot 10^{-4}$ % (см. рис. 5б). Наличие максимумов концентраций СО и СН в ОГ объясняется неполнотой сгорания газового топлива в газодизеле из-за относительно низких температур сгорания на указанных режимах с неполной нагрузкой. На содержание СО и СН в ОГ влияет также указанное выше относительное содержание основного газового топлива и запального дизельного топлива или ДМЭ в рабочей смеси. Концентрации в ОГ диоксида углерода CO_2 возрастали по мере увеличения нагрузки, причем менее интенсивно при $n=2100$ мин⁻¹ (рис. 5б) и более интенсивно при $n=1300$ мин⁻¹ (см. рис. 5а).

Для анализа показателей токсичности исследуемого газодизеля с воспламенением природного газа от запальной дозы дизельного топлива и ДМЭ проведен расчет удельных

массовых выбросов токсичных компонентов ОГ двигателя на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла Правил R 49-02 ЕЭК ООН. При работе газодизеля с запальной дозой дизельного топлива на указанных режимах не удалось выполнить требования обще-европейских норм «Евро-2» и «Евро-3» к токсичности ОГ дизеля по удельным интегральным выбросам оксидов азота e_{NOx} и монооксида углерода e_{CO} . Воспламенение природного газа от запальной дозы ДМЭ позволило значительно сократить выбросы оксидов азота e_{NOx} с 8,252 до 6,786 г/(кВт·ч), то есть на 17,8 %, и обеспечить требования норм «Евро-2» по этому показателю (таблица). При переводе дизеля на работу с запальной дозой ДМЭ значительно снизился и выброс монооксида углерода e_{CO} – с 7,248 до 6,154 г/(кВт·ч), то есть на 15,1 %. Но нормы «Евро-2» по этому показателю не выполняются в обоих случаях. Лишь по выбросу углеводородов e_{CH} отмечено некоторое ухудшение показателей – с 0,746 г/(кВт·ч) при работе с запальной дозой дизельного топлива до 0,819 г/(кВт·ч) – при работе с запальной дозой ДМЭ (то есть на 9,8 %). Однако требования норм «Евро-2» по этому показателю выполняются в обоих случаях.

Таким образом, при организации работы исследуемого дизеля на природном газе с запальной дозой ДМЭ не удалось выполнить требования норм «Евро-2» лишь по одному нормируемому компоненту ОГ – монооксиду углерода. Для обеспечения этих требований, а также повышения топливной экономичности дизеля необходимо проведение дальнейших работ по совершенствованию систем подачи природного газа и ДМЭ в КС дизеля. В частности, желательно уменьшение протяженности топливных магистралей подачи ДМЭ с целью исключения их нагрева, увеличение давления подкачки ДМЭ (в линии низкого давления системы подачи ДМЭ) свыше 2 МПа. Целесообразна оптимизация соотношения подач природного газа и ДМЭ и организация регулирования по оптимизированным законам угла опережения впрыскивания ДМЭ на каждом эксплуатационном режиме работы дизеля. Необходимо также оснащение исследуемого дизеля средствами очистки ОГ. Проведенный предварительный анализ показывает, что реализация этих мероприятий позволит обеспечить требования действующих и перспективных стандартов на токсичность ОГ («Евро-3» и «Евро-4»).

Литература

1. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 480 с.
2. **Ерохов В.И., Карунин А.Л.** Газодизельные автомобили (конструкция, расчет, эксплуатация): Учебное пособие. М.: Изд-во «Граф-Пресс», 2005. – 560 с.
3. **Гайворонский А.И., Савенков А.М., Лисицын Е.Б.** Использование диметилового эфира для инициирования воспламенения метановоздушных смесей в двигателях внутреннего сгорания // АГЗК+АТ. – 2005. – № 5. – С. 66-70.
4. Работа дизелей на нетрадиционных топливах: Учебное пособие / В.А. Марков, А.И. Гайворонский, Л.В. Грехов и др. М.: Изд-во «Легион-Автодата», 2008. – 464 с.

Определение циклового наполнения воздухом цилиндров газового двигателя

П.Г. Теремьякин,
руководитель проектов ООО «НПП ЭЛКАР»

В статье обосновывается преимущество применения датчика массового расхода для определения циклового наполнения цилиндров двигателя воздухом в сравнении с датчиком абсолютного давления. Приводятся результаты испытаний двигателя и автомобиля при их работе на бензине и газовом топливе.

Ключевые слова: токсичность выбросов, состав смеси, цикловое наполнение цилиндров воздухом, датчик абсолютного давления воздуха, датчик массового расхода воздуха, газовое топливо.

On the determination of the cycle air filling of the gas fueled engine

P.G. Teremyakin

Stricter Sparc Ignition (SI) engines emission requirements together with catalyst price minimization demands exact Cylinder Air Filling, Air/Fuel ratio (A/F) ensuring at cycle level all over the whole engine operation modes. The article proves the advantages of using Mass Air Flow sensor (MAF) as compare with Manifold Absolute Pressure sensor (MAP) for determining cylinder air filling. The results of engine and car testing with MAF and MAP using at gasoline and gas fuel are enclosed.

Keywords: Emissions, Air/Fuel Ratio, Cylinder Air Filling, Mass Air Flow sensor, Manifold Absolute Pressure sensor, Gas fuel.

Ужесточение требований к токсичности выбросов двигателей с искровым зажиганием при минимизации цены каталитического нейтрализатора (снижение стоимости покрытия) диктует необходимость соблюдения заданного состава топливно-воздушной смеси в цилиндрах двигателя на цикловом уровне на всех режимах его работы. Точность состава смеси обусловлена точностью определения циклового массового наполнения двигателя воздухом и дозирования топлива. Кроме того, на состав смеси оказывают существенное влияние факторы, вызывающие неидентичность протекания процесса впуска в отдельных цилиндрах двигателя: фазы газораспределения, геометрия впускного тракта и воздушных каналов, конструкция системы выпус-

ка автомобиля (противодавление). Точность и идентичность дозирования топлива форсунками в настоящий момент не является проблемой благодаря применению мировыми производителями соответствующих технологических и конструктивных решений. Причем это касается как бензиновых, так и газовых форсунок.

Для определения циклового наполнения цилиндров двигателя воздухом в современных доступных системах управления используется один из следующих способов измерения:

- массового расхода с помощью термоанемометрического датчика;
- абсолютного давления воздуха в задрессельном пространстве впускного трубопровода с последующим определением показателя расхода воздуха.

Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из способов определения циклового наполнения воздухом.

Сигнал термоанемометрического датчика массового расхода воздуха пропорционален скорости потока воздуха через датчик, и для вычисления объема воздуха, прошедшего через него, необходима интегральная оценка. Использование при интегрировании функции, описывающей мгновенную массовую скорость воздуха, а не непосредственные значения сигнала датчика, вызвано наличием существенной нелинейности его передаточной функции, сказывающейся при работе в условиях колебаний скорости потока. Кроме того, необходимо учитывать и объем ресивера впускного трубопровода, приводящий в динамике к рассогласованию расхода, регистрируемого датчиком, и расхода, проходящего через цилиндр двигателя. Следствием этого являются особенности реализации вычислительных процедур в блоке управления при определении циклового наполнения цилиндра двигателя воздухом, а также необходимость корректного расположения датчика массового расхода во впускной воздушной магистрали автомобиля. Следует учитывать и коммерческий фактор: стоимость датчика массового расхода воздуха несколько больше стоимости датчика абсолютного давления.

Сигнал датчика абсолютного давления пропорционален мгновенному значению абсолютного давления в месте установки датчика. Практически все современные датчики абсолютного давления имеют высокую линейность и полосу пропускания до нескольких килогерц. Это позволяет при анализе интерпретировать сигнал датчика как собственно величину абсолютного давления с учетом передаточного коэффициента датчика. Однако использование в качестве оценки мгновенного значения абсолютного давления, полученного в какой-то момент времени, не дает возможность обеспечить необходимую устойчивость измерения, так как на фазу колебаний давления в месте установки датчика оказывает влияние

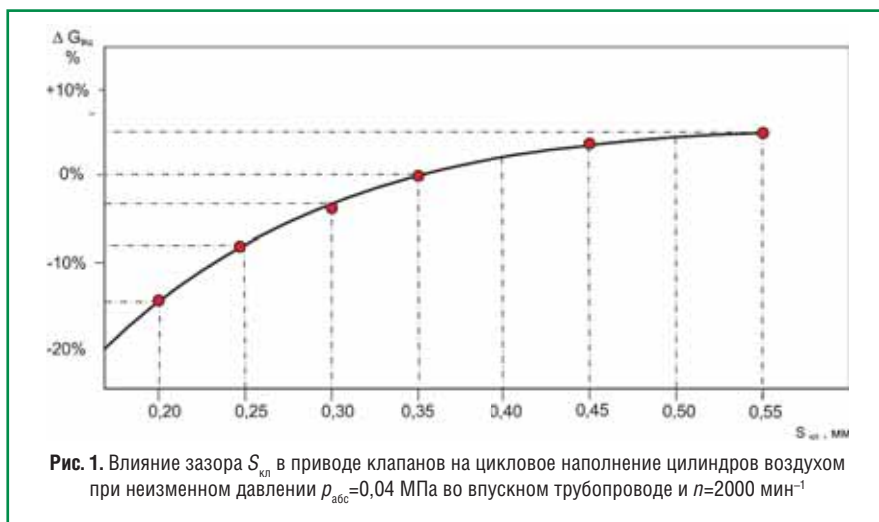


Рис. 1. Влияние зазора $S_{кл}$ в приводе клапанов на цикловое наполнение цилиндров воздухом при неизменном давлении $p_{abs}=0,04$ МПа во впускном трубопроводе и $n=2000$ мин⁻¹

возникающему, например, при коксовании ячеек каталитического нейтрализатора отработавших газов (рис. 2).

Для двигателя, работающего на газе, в случае использования в качестве главных информационных параметров величин абсолютного давления и температуры воздуха к перечисленным проблемам добавляется еще одна, обусловленная способностью газа занимать значительный объем в газозооном заряде, замещая часть входящего воздуха. Причем, чем меньше плотность газа (и его молекулярная масса), тем больше замещение при одном и том же составе смеси. При работе двигателя на бензине объем, занимаемый топливом после его испарения, составляет примерно 46-ю часть объема воздуха, поступающего в цилиндр двигателя, при работе на пропан-бутане – 27-ю часть, а при работе на метане – 9-ю часть. Соответственно наполнение цилиндров воздухом уменьшается на объем замещения, при этом измеренное давление во впускном трубопроводе может оставаться неизменным.

На рис. 3 представлена регулировочная по составу смеси характеристика двигателя, работающего при постоянном абсолютном давлении воздуха во впускном трубопроводе. Как следует из графика, фактическое цикловое наполнение цилиндров

большое число факторов: положение дроссельной заслонки, частота вращения, давление остаточных газов и т.д. Указанные причины, как и в случае обработки сигнала датчика массового расхода воздуха, заставляют использовать в качестве оценки абсолютного давления его среднюю величину.

Анализ факторов, влияющих на наполнение, показывает, что большинство параметров, определяющих цикловое наполнение, не может быть измерено доступными средствами даже в лабораторных условиях. К ним относятся: температура, давление, объем остаточных газов, зависящие от параметров рабочего процесса двигателя, противодавления на выпуске и степени их внутренней рециркуляции, определяемой фазой газораспределения; температура и давление воздуха на впуске в цилиндр, определяемые внешними условиями теплообмена с остаточными газами и деталями впускной системы.

Таким образом, величина абсолютного давления потенциально определяет цикловое наполнение цилиндров двигателя воздухом с более низкой точностью, нежели обработанный сигнал с датчика массового расхода воздуха. Подтвердим это примерами.

Проблема точного определения наполнения по датчику давления/температуры усугубляется в условиях нестабильной характеристики (зазоров) привода клапанов.

Зависимость влияния изменения зазоров в приводе клапанов бензинового двигателя на фактическое

наполнение цилиндров двигателя воздухом при постоянном давлении и температуре на впуске, измеренной с помощью датчика, показывает, что ошибка в определении наполнения достигает 20 % (рис. 1). Особенно велика ошибка на малых нагрузках и холостом ходу, доля которых в условиях городского движения превалирует.

Из зависимости влияния противодавления в системе выпуска отработавших газов на фактическое наполнение цилиндров двигателя воздухом при одних и тех же абсолютном давлении и температуре воздуха во впускном трубопроводе, измеренных с помощью датчика, следует, что ошибка в определении циклового наполнения пропорциональна противодавлению,

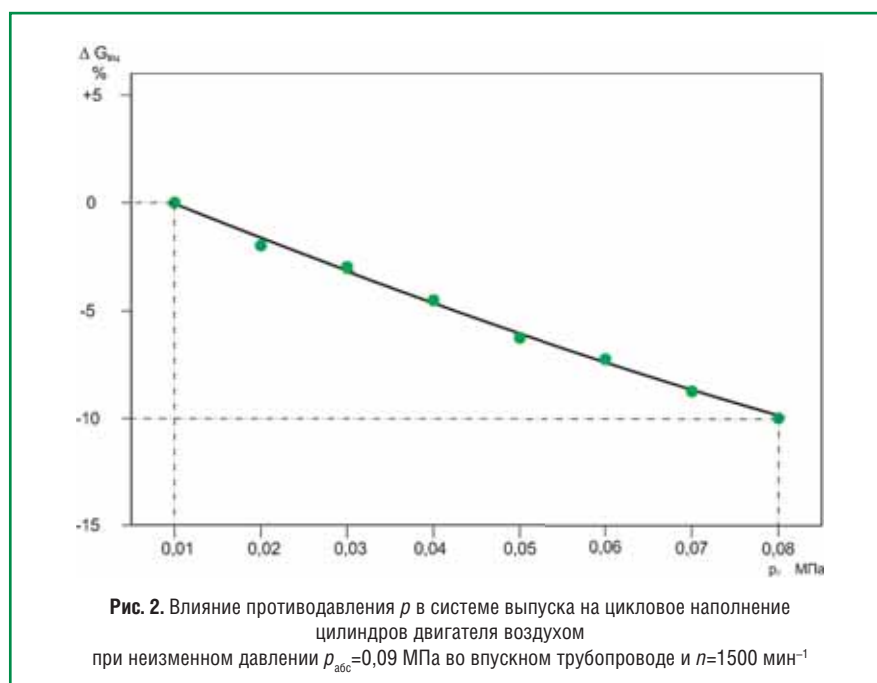


Рис. 2. Влияние противодавления p в системе выпуска на цикловое наполнение цилиндров двигателя воздухом при неизменном давлении $p_{abs}=0,09$ МПа во впускном трубопроводе и $n=1500$ мин⁻¹

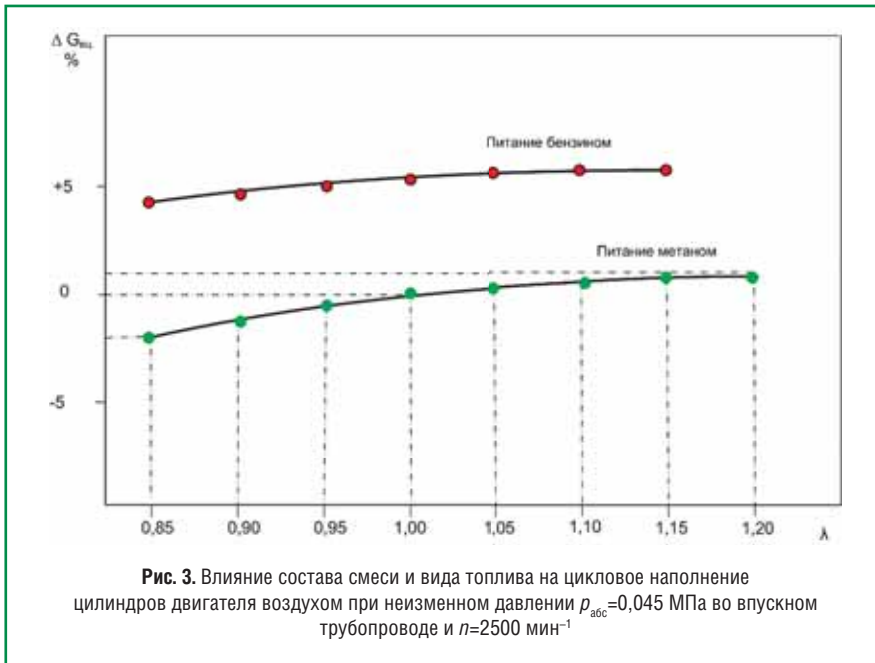


Рис. 3. Влияние состава смеси и вида топлива на цикловое наполнение цилиндров двигателя воздухом при неизменном давлении $p_{abs}=0,045$ МПа во впускном трубопроводе и $n=2500$ мин⁻¹

воздухом при работе на метане изменяется (до 2 %) при неизменном абсолютном давлении. При переключении на питание бензином при неизменном давлении во впускном трубопроводе цикловое наполнение цилиндров воздухом увеличивается на 5 %.

Таким образом, достоверность определения циклового наполнения цилиндров двигателя воздухом по сигналу абсолютного давления существенно ниже, чем по датчику массового расхода воздуха.

Следует отметить, что отклонения расчетного состава смеси от фактического, возникающие в результате

действия устойчивых ожидаемых возмущающих факторов (изменение плотности топлива, допустимое и стабильное отклонение передаточной функции датчика или исполнительного механизма от заложенной в программе блока управления, стабильное смещение фаз газораспределения и т.п.), компенсируются в ходе реализации алгоритма адаптации параметров управления с использованием обратных связей, например, по сигналу λ -зонда. Однако для этой компенсации требуется определенное время работы системы, а сама величина компенсации обусловлена

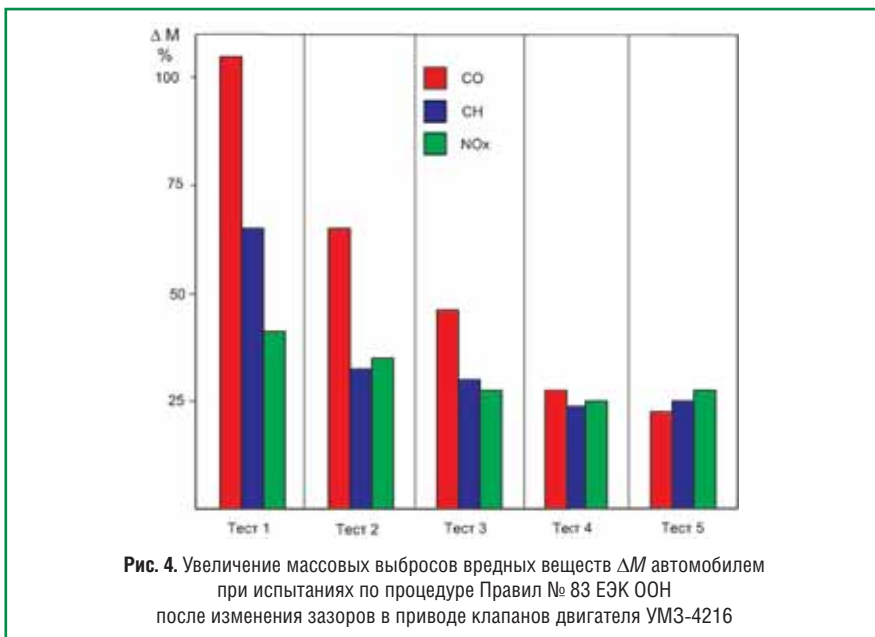


Рис. 4. Увеличение массовых выбросов вредных веществ ΔM автомобилем при испытаниях по процедуре Правил № 83 ЕЭК ООН после изменения зазоров в приводе клапанов двигателя УМЗ-4216

надежностью и безопасностью работы двигателя и системы обычно на уровне 15-20 %. В период определения компенсирующих воздействий (процесс самонастройки системы) автомобиль будет обладать более низкими эксплуатационными показателями. Попытка компенсировать указанным способом те отклонения, которые вызваны локальными или случайными причинами в какой-либо режимной точке, распространением результатов адаптации на другие режимные области, может привести к снижению устойчивости системы и, в конечном счете, к ухудшению эксплуатационных показателей автомобиля.

Для оценки устойчивости системы управления с датчиком абсолютного давления были проведены испытания серийного газобаллонного автомобиля «Газель» Евро-3 с двигателем УМЗ-4216 в соответствии с испытательным циклом Правил № 83 ЕЭК ООН. В качестве возмущающего воздействия на систему применялось уменьшение зазоров в механизме привода клапанов (имитация износа в паре седло-клапан, характерного для двигателя, работающего на газе). Результаты испытаний на токсичность отработавших газов после уменьшения зазоров до 0,15 мм представлены на рис. 4. Как показывает диаграмма, выбросы приближаются к исходным лишь к третьему тесту испытаний, не достигая их, что говорит не только о сравнительно низкой устойчивости системы, но и о появлении некомпенсируемых проблем, вызванных неточностью определения циклового наполнения цилиндров двигателя воздухом.

Таким образом, при создании системы управления для двигателя, работающего на сжиженном, а тем более на компримированном природном газе, необходимо учитывать как особенности конструкции двигателя, так и физико-химические свойства топлива и с их учетом выбирать способ определения циклового наполнения цилиндров воздухом. Для обеспечения точности и стабильности заданного состава топливно-воздушной смеси в системе управления двигателем, работающим на газовом топливе, целесообразно использовать датчик массового расхода воздуха.

Региональная многофакторная модель прогноза спроса на КПГ в Калининградской области

Н.А. Кисленко,

генеральный директор ООО «НИИГазэкономика», к.т.н.,

М.А. Ушаков,

заместитель заведующего отделением ООО «НИИГазэкономика»,

М.В. Ширяев,

инженер 1-й категории ООО «НИИГазэкономика»

В статье рассматриваются основные положения научно обоснованного подхода по решению задачи прогнозирования спроса на компримированный природный газ (КПГ) на рынке автомобильного топлива Калининградской области. Для решения поставленной задачи коллективом ООО «НИИГазэкономика» совместно с Управлением газификации и использования газа ОАО «Газпром» была разработана региональная многофакторная модель прогноза спроса на КПГ, позволяющая получать и анализировать различные сценарии развития рынка моторного топлива в отдельно взятом территориальном субъекте.

Ключевые слова: компримированный природный газ, автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС), моторное топливо, имитационная модель, прогноз спроса, потребление газа, метан, транспорт, Калининградская область, баланс топлива, агентная модель, экология региона, автотранспортные предприятия.

Regional multifactor model forecast demand for compressed natural gas in the Kaliningrad region

N.A. Kislenko, M.A. Ushakov, M.V. Shiryaev

The article is about main points of a scientific approach to a forecast of a demand for compressed natural gas (CNG) as a motor fuel in the Kaliningrad region. A regional multi-factor model for forecasting of the demand for CNG has been developed by a staff of a research institute «NII Gazeconomica» jointly with the gasification department of Gazprom for solving this problem. Using the model results we are able to get and analyze different scenarios of motor fuel market development in a single area.

Keywords: Liquefied natural gas, motor fuel, simulation model, forecast demand, the consumption of natural gas, methane, transport, Kaliningrad region, the balance of fuel, agent model, the environment of the region, transport enterprises.

Предпосылки создания модели

Практически вся экономическая деятельность требует перемещения значительных объемов грузов и пассажиров. Это значит, что цепочка дороги – транспорт – топливоснабжение играет важную роль в обеспечении регионального благосостояния и развития. Автомобильный транспорт, как отрасль-потребитель, неразрывно связан с производством моторных топлив и их дистрибуцией. Основными средствами автотранспортной отрасли являются автомобили и спецтехника – продукция автомобилестроения и сопутствующих услуг. Также принципиальным звеном цепочки является дорожная инфраструктура, которая включает сеть дорог, по которым передвигается автотранспорт. Чтобы обеспечить такое развитие транспортного сектора, при котором экологические и финансовые издержки региональной экономики на автотранспорт были бы минимальны, необходимо разработать и реализовать комплекс обоснованных и взаимоувязанных инициатив с учетом ряда сложностей, связанных с данной задачей.

Первая сложность связана с рыночными отношениями в области транспортных услуг. Хозяйствующие субъекты, осуществляющие перевозку грузов и оказание услуг с помощью автотехники, являются абсолютно независимыми в вопросах качественного и количественного состава их автопарка. Выбор автомобилей и топлива остается в компетенции менеджмента этих компаний.

Вторая связана с тем, что инфраструктура для реализации традиционного моторного топлива (производство – логистика – дистрибуция) уже сложилась и имеет высокую степень консолидации. Формирование параллельного замещающего рынка будет связано с сопротивлением оттоку клиентов, а новым проектам нужно будет начинать формировать рынок с минимальной рентабельностью.

Прогноз структуры баланса моторных топлив

Реальное формирование потребления моторного топлива происходит за счет сотен тысяч заправочных

операций, произведенных потребителями. При этом необходимо отметить, что в подавляющем большинстве данные операции возможны в конкретных географических точках – на автозаправочных комплексах. Исключение могут составить лишь передвижные заправщики, прибывающие в конкретные места концентрации автотранспорта (автобазы, карьеры и стройплощадки с работающей спецтехникой, а также места локализации сельскохозяйственных работ). Чтобы определить, где, в каком объеме и по какой цене такие операции будут происходить, необходимо системно проанализировать условия работы и мотивы принятия долгосрочных решений потребителями топлива.

Очевидным решением для специалистов топливной индустрии является анализ себестоимости транспортной работы в части топлива. Несложные расчеты через удельный расход двух видов взаимозаменяемых моторных топлив, их рыночную цену и стоимость соответствующих автомобилей (или услуг по переоборудованию на другое топливо), как правило, позволяют определить продолжительность пробега, который необходимо пройти, чтобы окупить инициативу и далее получать экономию с каждым последующим рейсом транспортного средства. Однако реальная система факторов, в которую транспортное предприятие должно вписываться как с имеющимся традиционным автопарком, так и с новыми автомобилями, гораздо сложнее и не поддается формализации с помощью тривиальных вычислений.

Жизненный цикл перевозчика или иного предприятия, оказывающего коммерческие услуги с помощью транспортных средств, начинается от его рынка сбыта. Насколько близко находятся грузоотправители (дистрибьюторы товаров, производители строительной и промышленной продукции и пр.), потенциальные пассажиры, места оказания услуг с помощью автотранспорта (вывоз твердых бытовых отходов, уборка улиц, и пр.), а также появление спроса на услуги – все это является первостепенными условиями существования автотранспортных предприятий, так как именно эти

факторы определяют приходную часть их бюджета.

Дорожная инфраструктура – следующее условие, в рамках которого строятся производственные циклы автопредприятий. Наличие дорог, подъездов и заправочных станций определяет возможность выполнения конкретной услуги и при этом обеспечения во время пути заправки топливом автомобиля. Если у перевозчика отсутствует ремонтная база или в парке имеются новые автомобили, находящиеся на заводской гарантии, то пункты технического обслуживания и ремонта также должны находиться в приемлемой удаленности, чтобы штатные мероприятия не оказывали серьезного влияния на ресурс автомобиля.

Доступность дистрибьюторов новых транспортных средств и пунктов переоборудования является еще одной предпосылкой, определяющей выбор. Рынок финансовых инструментов также влияет на принятие решений. Возможность брать кредиты под приемлемые проценты, а также реализация лизинговых схем позволяют автопредприятию гибко формировать программы обновления и развития автопарка.

Кроме того, необходимо отметить фундаментальное условие, сопутствующее работе предприятия – наличие на рынке конкурентов, то есть хозяйствующих субъектов, у которых сочетание всех перечисленных выше признаков приводит к другой себестоимости и другим требованиям к марже (разнице между себестоимостью и ценой оказываемых услуг).

Хотя торги на транспортные услуги на регулярной основе не проводятся, все же ситуацию на рынке можно представить в виде классических графиков отношения спроса и предложения на рынке транспортных услуг. Если представить теоретическую ситуацию, в которой менеджер транспортного предприятия стоит перед задачей развития автопарка и при этом обладает информацией о состоянии дел в своем сегменте автотранспортного рынка, то такая задача сведется к выявлению рыночной ниши своего предприятия на поле взаимодействия спроса и

предложения. График спроса будет представлен ступенчатой ниспадающей кривой, в которой первая точка, совпадающая с осью ординат (цена услуги), покажет, при какой цене транспортной услуги объем спроса окажется нулевым. Далее, при постепенном снижении цены услуги (при движении по вертикальной оси вниз) потенциальные потребители будут находить приемлемую цену для осуществления транспорта вообще, либо откажутся в пользу данного вида транспортной услуги с альтернативными перевозками. Именно поэтому реальный график сложится в ступенчатую кривую, в которой ступени соответствуют принятию решения о конкретном объеме перевозок по данной цене. Предложение также будет иметь форму ступенек, но будет иметь подъем слева направо и начнется от оси ординат от определенной неотрицательной цены услуги, которую на рынке сможет предложить перевозчик с возможностью удерживать минимальную цену. Первая ступенька вверх возникнет, когда двигаясь по оси объема услуги (оси абсцисс), исчерпается максимальный объем услуги первого, наиболее дешевого перевозчика, и свое отражение в объеме предложения найдет следующий по возрастанию цены перевозчик. В соответствии с такой логикой сортировки предложения от различных перевозчиков по цене услуги сформируется кривая предложения.

Таким образом, сложится теоретическая ситуация, идеализация которой еще более усугубляется тем предположением, что заказчики транспортных услуг имеют так же, как и менеджер, предельную информированность о спросе и предложении, и предполагают, что эта транспортная услуга по качеству однородна у всех, кто ее предлагает (например, все перевозчики имеют автомобили одинакового качества, а водители и экспедиторы – одинаковую квалификацию). Согласно такому графику задача обновления парка для менеджера становится довольно прозрачной и сводится к следующему: определить текущую нишу своего предприятия (то есть по какой цене и в каком

объеме автопредприятие предлагает свои текущие услуги) и как эту нишу планируется изменять. Возникают три варианта:

- выжимать конкурентов более дешевым предложением (при текущем объеме спроса);
- выходить на рынок с более дешевым предложением (чтобы вовлечь новый спрос по более низкой цене);
- комбинировать первые два.

Допустим, менеджер, имея определенную стратегию, анализирует все альтернативы с учетом всех перечисленных факторов: дорожной инфраструктуры, размещенных на ней грузоотправителей, мест заправок и пр. В результате такого решения с определенной задержкой (заключение договора купли продажи, ожидание поставки транспортного средства, оформление финансовых документов в случае лизинга) в графике «предложение» происходят структурные изменения, и решение, принятое менеджером, через некоторое время формирует новую картину спроса и предложения на транспортные услуги. Именно в этот момент возникает параллельная ситуация на рынке реализации моторных топлив. Соотношение кривых спроса и предложения на рынке того топлива, на котором будут работать новые автомобили, изменят структуру спроса. И это повлияет на загрузку существующих заправочных комплексов, где будет осуществлять свою работу обновленный автопарк.

Приведенный алгоритм легко поддается формализации, то есть математическому описанию и представлению в виде компьютерной программы, которая с помощью стандартных подходов математического программирования сможет построить динамику развития идеального рынка. К сожалению, практическая польза от таких результатов может быть лишь в строго регулируемой плановой экономике с безупречной системой сбора статистики по технико-экономическим показателям транспортной и смежных отраслей. Предположение, что покупатели и продавцы обладают идеальной полной информацией, не имеют пристрастий и предубеждений, не склонны к риску (то есть

принимают решения в ситуации полной определенности), – не выдерживает критики при попытках экстраполировать подобные результаты на реальный рынок.

Чтобы оценить, каким образом наиболее вероятно будет складываться рыночная ситуация, необходимо на основе системного подхода комбинировать описанный алгоритм с подходами поведенческой экономики [1]. Реализовать такую комбинацию возможно с помощью имитационной агентной модели [2], в которой балансы спроса и предложения будут отслеживаться указанным алгоритмом, а конкретные решения хозяйствующих субъектов вовлеченных отраслей – с помощью агентного подхода. Агентный подход подразумевает, что, помимо индивидуальных характеристик объективного плана (географическое размещение, состав и специализация автопарка), у участников рынка еще имеются поведенческие характеристики (склонность к риску, опыт, инерция в принятии решения, а также своя стратегия относительно развития). При этом под агентами понимаются формализованные абстрактные модели реальных участников рынка – индивидуальные для крупных и агрегированные для многочисленных мелких участников с обобщающими характеристиками.

В подразделении ОАО «НИИгазэкономика», специализирующемся на исследовании развития рынков газа, для решения задачи региональной интеграции КПГ в балансы моторного топлива разработан методический подход, который реализован в виде тестовой модели вымышленного региона.

Системный подход в предлагаемой методологии реализуется путем выявления автотранспортной рыночной системы, состоящей из трех основных подсистем:

- спроса на грузоперевозки и транспортные услуги;
- предложения транспортных услуг;
- предложения моторного топлива.

В указанной системе выявлены связи, формирующее взаимодействие агентов из трех подсистем

между собой. Определены процессы взаимодействия агентов (торги за возможность выполнить транспортные услуги, способы формирования рациональных маршрутов для осуществления транспортных услуг с минимальной себестоимостью) и их функции (спрос, перевозка, заправка, продажа и обслуживание транспортных средств).

При реализации методического подхода подсистемы взаимодействуют между собой, осуществляя поступательное (пошаговое) движение вдоль оси времени. Таким образом, через параметры агентов подсистем вся система получает свою временную траекторию – последовательность состояний, через которые она проходит в связи с деятельностью агентов подсистем. Состояние системы в каждый конкретный момент времени становится результатом стремления агентов выполнить свою функцию путем реализации доступных им процессов. Благодаря такому моделированию появляется возможность выявлять системные эффекты, когда именно индивидуальность агентского поведения становится результатом траектории всей системы. После серии вычислительных экспериментов появляется возможность проводить структурную оптимизацию – получить серию положительных системных эффектов. Именно интерпретация структурной оптимизации позволяет формировать рекомендации региональным властям для создания благоприятных условий хозяйствующим субъектам, чтобы рыночные механизмы сами формировали такой баланс моторного топлива в регионе, который позволит повысить экономическую и экологическую эффективность экономики региона.

Принимать решения о выборе транспортного средства (марки, технических характеристик, топлива, на котором работает двигатель) приходится на основе опыта менеджера и его видения перспектив развития [3]. Маршруты предприятия, как правило, являются устоявшимися и проверенными. Поэтому, если топливо подразумевается прежним, то при выборе отпадает необходимость в сложной задаче анализа доступности мест

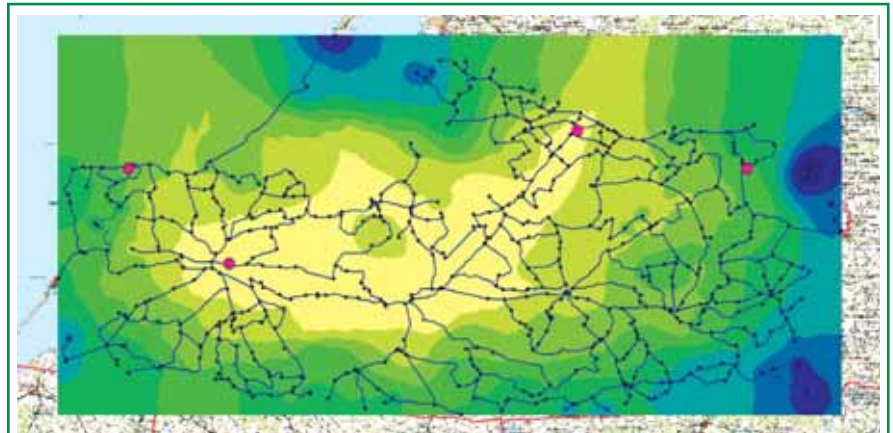
заправки в зоне прохождения уже сложившихся маршрутов. Если предположить, что на повестке дня предприятия стоит вопрос об изменении маршрутов, или топливная составляющая в цене услуг выводит предприятие из зоны конкуренции, или вопросы безопасности снабжения традиционным топливом беспокоят управленцев автотранспортного предприятия (АТП), то они рассмотрят варианты пополнения парка автомобилей на КПГ.

Теперь необходимо рассмотреть предположение, что лицо, принимающее решение, обладает всей полнотой информации об относительном географическом расположении мест заправки КПГ (АГНКС) или мест стоянки передвижного автомобильного газозаправщика станции (ПАГЗ). Рассмотрим задачу для предприятия, транспортирующего твердые бытовые отходы (ТБО) на полигон. Предположим, что места размещения АГНКС совпадают с местами размещения газораспределительных станций (ГРС). Если существующую сеть автодорог представить в виде графа, вершинам которого присвоить потенциал удаленности от АГНКС, то территорию области можно представить в виде изополей равной близости относительно АГНКС (рисунок). Причем изополю необходимо строить не в виде концентрических окружностей (как это часто делают), словно к станции можно подъехать по прямой от любой точки территории. При их построении необходимо учитывать дальность подъезда по существующей дороге и естественные преграды (кварталы, реки).

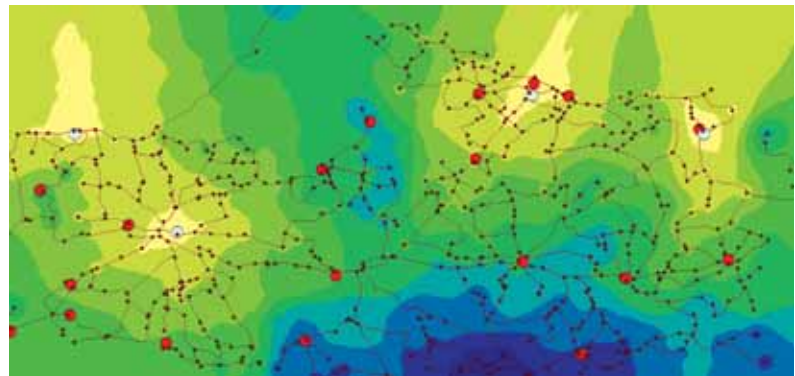
Подобным же образом поступим с построением потенциала удаленности от полигонов захоронения ТБО. Теперь, используя процедуру пространственного сложения потенциалов, можно построить суммарный потенциал каждой точки региона, представляющий собой сумму удаленности точки от ближайшего полигона ТБО и от ближайшей станции АГНКС. Получившийся в результате потенциал условно показывает зоны возможной работы мусоровозов на КПГ с учетом их предполагаемого пробега на одной заправке и маршрутов сбора и разгрузки ТБО.

Для пространственного анализа удаленности участников рынка автотранспорту необходимо понести затраты на приобретение специализированных программных комплексов. Можно предположить, что в определенной части алгоритм построения пространственного расположения объектов совпадает с интуитивным восприятием менеджеров предприятия. Пусть это будет касаться лишь

той территории, на которой работают их транспортные средства и которая им хорошо знакома. Такое предположение формализованно описывается в виде алгоритма поведения агентов, при этом чем больше опыта имеет агент, тем больше его представление приближается к потенциалу, рассчитанному путем оптимизации. Если агент имеет мало опыта, то с удаленностью точек региона значение его



а



б

Цвет области	Максимальный радиус области вдоль участка транспортного пути, км
	24
	48
	72
	96
	120
	143
	167
	191
	215

в

Пространственный анализ расположения источников топлива и полигонов ТБО:

а – изополя удаленности сети автомобильных газозаправочных станций от узлов дорожной сети; б – изополя удаленности полигонов утилизации от автомобильных газозаправочных станций; в – классификация данных по цветовой шкале для фрагмента «б»

потенциала искажается в сторону увеличения, то есть дальше привычной для него территории его знания о местах заправок будут отсутствовать.

Заключение

При принятии сложных инфраструктурных решений, эффект которых сложно определить однозначно из-за множества влияющих факторов, необходимо опираться на специальный инструментарий. Таким инструментарием для задачи вовлечения КПП в баланс моторного топлива региона может быть имитационная модель транспортной отрасли региона, разработанная на основе системного подхода. Вычислительные эксперименты на такой модели позволяют оперативно просчитывать множество сценариев, в рамках которых могут развиваться проекты по строительству АГНКС, пунктов переоборудования автомобилей, а также проекты автопроизводителей по дистрибуции автомобилей на КПП в заводском исполнении. Реализация агентного подхода и формализация законов поведенческой экономики

позволяют максимально адекватно моделировать принятие решений хозяйствующими субъектами. Именно такой подход позволит учесть и проанализировать важное противоречие транспортной отрасли, которое выражается в том, что с одной стороны отрасль является бременем для экологии региона и совокупного бюджета, а с другой – необходимым условием устойчивого развития, позволяя оперативно осуществлять необходимый грузо- и пассажирооборот.

Одним из весомых негативных факторов рыночной экономики является склонность рынка не только удовлетворять объективный спрос, но и формировать искусственный. Управленцы транспортных предприятий и предприниматели – опытные участники рынка, которые знают, что навязываемые предложения всегда следует анализировать предвзято. Лучшим выходом являются удачные примеры реальной практики. Поэтому параллельные инвестиции ОАО «Газпром» в конкретные точечные проекты транспортных предприятий окажут значительный эффект, если

будут осуществлены с учетом системного подхода, а также будут снабжены эффективным информационным сопровождением для демонстрации транспортной отрасли не потенциальной возможности, а реального эффективного проекта с подробными выкладками управленческого учета.

Литература

1. Акерлоф Д., Шиллер Р. Spiritus Animalis, или Как человеческая психология управляет экономикой и почему это важно для мирового капитализма. – Изд-во «Альпина Бизнес Букс». – 2010. – 272 с.

2. Eric Bonabeau. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems // Proc. National Academy of Sciences. – 2002. – № 99 (3). – P. 7280-7287, 2002. <http://www.icosystem.com/articles/scientific/PNAS2002.pdf>.

3. Вехи экономической мысли. Под ред. В.М. Гальперина. Теория потребительского поведения и спроса. – СПб.: Изд-во «Экономическая школа». – 1999. – Т. 1. – С. 380.

БАЛСИТИ

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
Сайт: www.balcity.ru



«Газпром трансгаз Ставрополь»: опыт использования КПГ

И.Г. Ткаченко,

главный инженер ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»

«Gazprom transgaz Stavropol»: Experience of use of CNG

I.G. Tkachenko



Заправка природным газом на АГНКС в Ставрополе

В ООО «Газпром трансгаз Ставрополь», дочернем предприятии ОАО «Газпром» (далее – Общество), производство и реализацию компримированного природного газа (КПГ) относят к приоритетным видам деятельности.

История развития сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) Общества, на которых производится и реализуется КПГ, насчитывает уже 25 лет и начинается в 1985 г. с ввода в эксплуатацию АГНКС-1 в Ставрополе. Сегодня Общество эксплуатирует 13 АГНКС с суммарной производительностью по КПГ 92 млн. м³/год, что позволяет заместить около 68 тыс. т бензина и дизельного топлива. АГНКС расположены в четырех

субъектах Северо-Кавказского федерального округа (таблица).

Пункты по переводу автотранспорта на компримированный

природный газ находятся в четырех городах: Ставрополь, Невинномысск, Георгиевск, Моздок. Владельцам автотранспортных средств оказывают следующие виды услуг:

- перевод легковых, грузовых автомобилей, автобусов на КПГ;
- освидетельствование автомобильных газовых баллонов;
- сервисное обслуживание газобаллонного оборудования (ГБО) автомобилей и автобусов.

Также оснащены необходимым оборудованием и работают четыре сертифицированных пункта по переводу автотранспорта на КПГ и сервисному обслуживанию ГБО с общей производительностью по переводу автотранспорта на КПГ 500 автомобилей в год.

С целью доставки КПГ отдаленным потребителям в Обществе имеются шесть передвижных автомобильных газовых заправщиков (ПАГЗ).

За последние три года через АГНКС ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» реализовано 181,8 млн. м³ природного газа (рис. 1), что позволило заместить 134,5 тыс. т бензина и снизить выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду на 86,2 т (рис. 2).

При этом имеются резервы по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива, так как проектная мощность по

Город	Число АГНКС
Ставропольский край – 8 АГНКС	
Ставрополь	2
Невинномысск	1
Минеральные Воды	1
Георгиевск	2
Пятигорск	1
Ессентуки	1
Карачаево-Черкесская Республика – 1 АГНКС	
Черкесск	1
Кабардино-Балкарская Республика – 2 АГНКС	
Нальчик	1
Прохладный	1
Республика Северная Осетия-Алания – 2 АГНКС	
Владикавказ	1
Моздок	1



Заправка природным газом автотранспорта колхоза-племзавода «Казьминский» Кочубеевского района Ставропольского края

■ единой инвестиционной политики в области использования природного газа в качестве моторного топлива.

Действующие в настоящий момент два федеральных нормативных акта – Постановление Правительства Российской Федерации от 15 января 1993 г. № 31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом», а также периодически принимаемые Федеральной службой по тарифам Постановления «Об оптовых ценах на природный газ, используемый в качестве сырья на автогазонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС)» – недостаточно эффективны. Поэтому государственные, муниципальные предприятия России не имеют действенных стимулов к широкому применению природного газа на автотранспорте.

Такое положение выливается в конкретные экономические и экологические потери на местах. Так, например, в рамках реализации мер по обновлению муниципального маршрутного транспорта в городах нашего региона осуществляются закупки значительного количества автобусов, работающих на бензине и дизельном топливе. При этом ОАО «КамАЗ» и ООО «ЛиАЗ» (Ликийский автобусный завод), освоившие производство газовых модификаций автобусов, не имеют заказов в условиях, когда автотранспорт признан основным загрязнителем окружающей среды в городах Российской Федерации.

Известно, что внутригородские пассажирские перевозки являются дотационными, поэтому на местные бюджеты ложится дополнительная нагрузка по покрытию убытков муниципальных автотранспортных предприятий. С учетом того, что КПГ в 2-3 раза дешевле дизтоплива или бензина, а стоимость топлива в структуре текущих эксплуатационных затрат автотранспорта достигает 50 %, применение природного газа в качестве

производству КПГ в Обществе на сегодняшний день задействована на 59 %. В Южном и Северо-Кавказском федеральных округах имеются достаточно благоприятные условия для газификации автотранспорта, прежде всего, за счет использования природного газа.

Однако использование природного газа в нашем регионе сегодня незначительно, и эффект от его применения в масштабах региональной экономики малозаметен. Во многом это происходит из-за отсутствия законодательной базы, регулирующей и стимулирующей использование альтернативных видов моторного топлива.

Основной проблемой в области законодательства при использовании природного газа в качестве альтернативного моторного топлива является отсутствие:

■ нормативно-правовой базы, устанавливающей нормативы использования КПГ в качестве моторного топлива и стимулирующей перевод на него автотранспортных средств;

■ единой нормативно-методической базы для разработки программ в области использования природного газа в качестве моторного топлива, координации работ по их формированию и реализации в соответствии с государственной политикой в этой сфере;

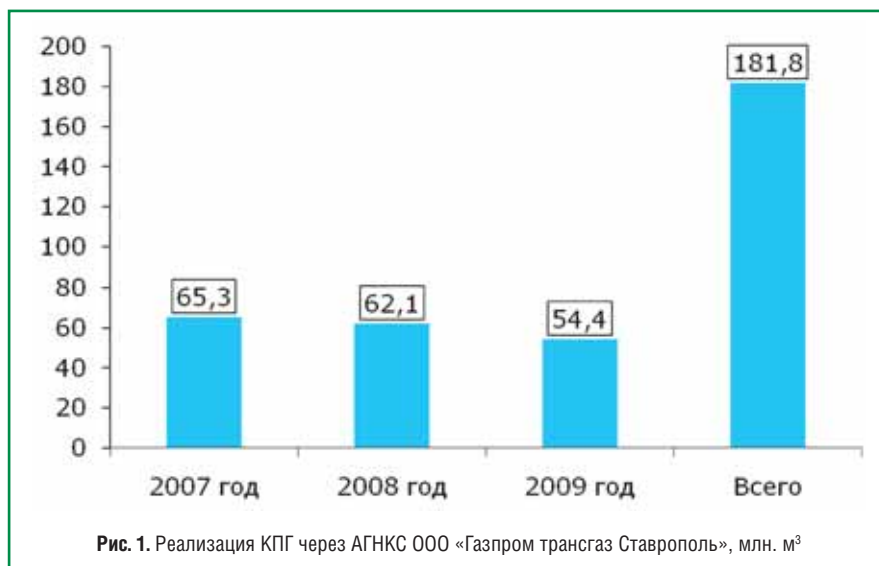
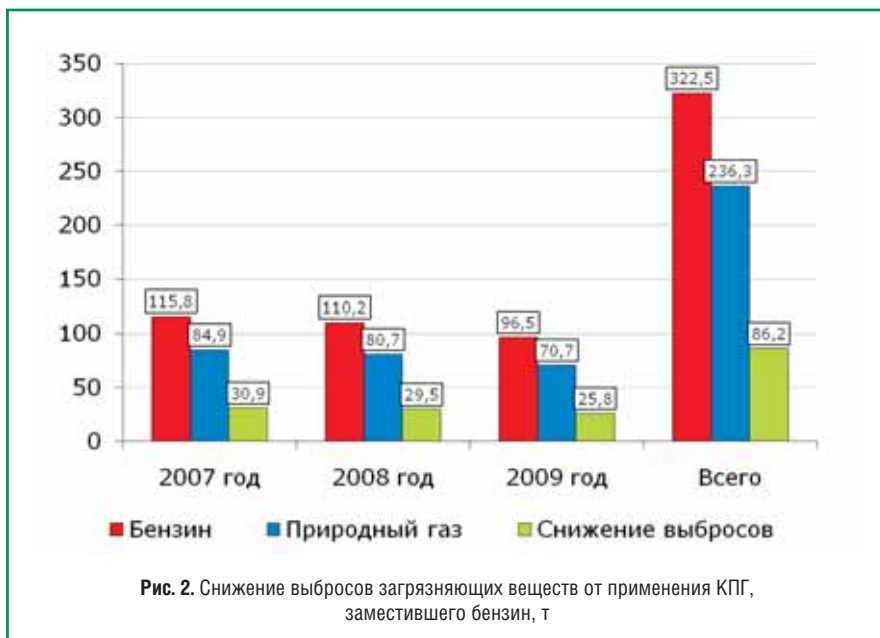


Рис. 1. Реализация КПГ через АГНКС ООО «Газпром трансгаз Ставрополь», млн. м³

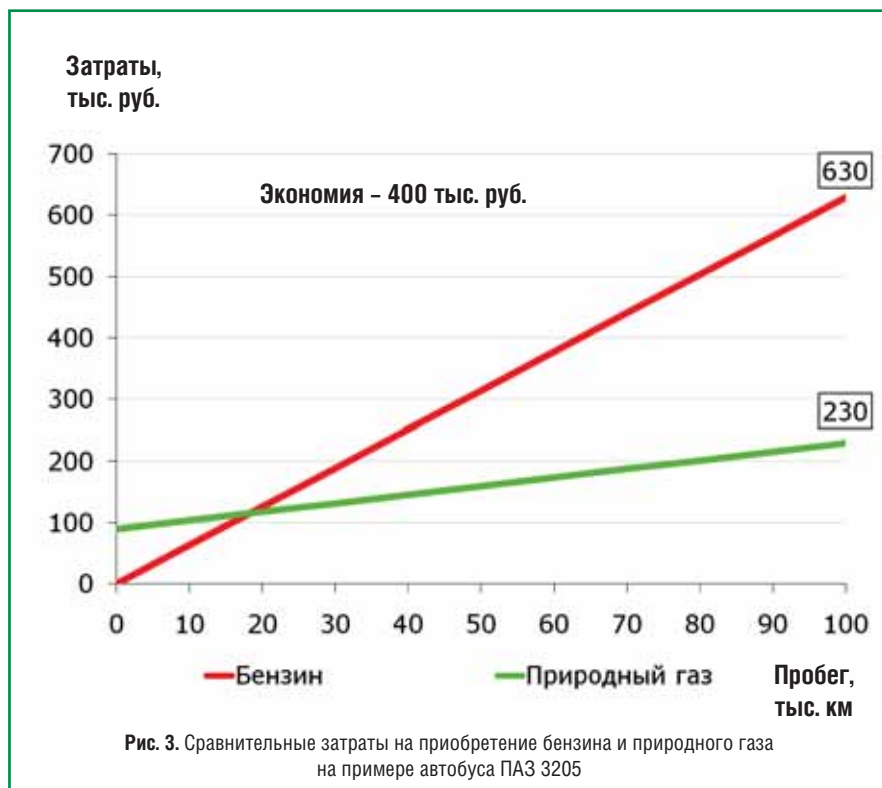


моторного топлива может позволить, как минимум, значительно снизить убытки, как максимум – сделать эксплуатацию муниципального автотранспорта рентабельной (рис. 3).

Например, при переводе автобуса ПА3 на природный газ затраты составят 90 тыс. руб., эти затраты окупятся через 23 тыс. км пробега, а каждые последующие 10 тыс. км езды на КПГ будут приносить экономию

40 тыс. руб. Экономия при пробеге в 100 тыс. км составит 400 тыс. руб., то есть почти половину стоимости автобуса. И чем больше топлива потребляет автомобиль, тем выше экономический эффект от замещения бензина или дизельного топлива природным газом.

Важная роль в осуществлении широкомасштабного перевода автотранспорта на альтернативные виды



моторного топлива принадлежит региональным и местным властям. Субъекты Российской Федерации и органы местного самоуправления способны самостоятельно разрабатывать программы и проводить мероприятия по переводу на альтернативные моторные топлива различных категорий транспортных средств, сельскохозяйственной техники, находящихся как в государственной и муниципальной, так и в частной собственности.

Сейчас в правительстве Ставропольского края находится на согласовании проект программы по использованию в крае КПГ в качестве моторного топлива, разработанный по инициативе ООО «Газпром трансгаз Ставрополь». В этом проекте все инвестиции в развитие мощностей по заправке автотранспорта и его сервисного обслуживания возложены на ОАО «Газпром». Со стороны краевой исполнительной власти предусмотрено выделение оборотных средств на перевод государственного автотранспорта на природный газ. Муниципальный транспорт, транспорт, принадлежащий хозяйствующим субъектам, а также частный из программы выпадают из-за отсутствия вышеупомянутой законодательной базы.

Поэтому рассчитывать сегодня на широкое применение в автотранспортном и сельскохозяйственном комплексах страны экономически выгодного и наиболее экологически чистого вида моторного топлива в условиях отсутствия законодательной базы, регулирующей и стимулирующей использование альтернативных видов моторного топлива, не приходится. Разработка и принятие необходимой законодательной базы позволят существенно повысить темпы роста парка газобаллонных автомобилей, расширить сеть заправок природным газом и в конечном итоге увеличить применение природного газа в качестве моторного топлива.

Технико-экономическое обоснование создания испытательного полигона для сельскохозяйственной техники, работающей на природном газе

И.Ф. Малёнкина,

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

В.В. Тимофеев,

ведущий инженер ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,

И.М. Коклин,

заместитель директора Невинномысского ЛПУМГ

ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»,

заведующий филиалами РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, доцент, к.т.н.

Статья содержит предложение по созданию специального полигона, предназначенного для переоборудования сельскохозяйственной техники на природный газ, последующих испытаний и передачи техники в эксплуатацию предприятиям Ставропольского края.

Использование природного газа на автотранспорте и сельскохозяйственной технике предполагается расширить с помощью наиболее успешного в данном направлении предприятия – Невинномысского ЛПУМГ, а также на базе запланированной к строительству АГНКС в с. Казьминское, передвижных автомобильных газовых заправщиков и сельскохозяйственных предприятий Кочубеевского района Ставропольского края. В статье приведены экономические и экологические показатели перевода сельскохозяйственной техники хозяйств Кочубеевского района Ставропольского края на природный газ.

Technical and economic reasons for creating test site for gas-powered agricultural vehicles

I.F. Malenkina, V.V. Timofeev, I.M. Koklin

This article contains proposal to create a special test site for the conversion of agricultural vehicles to CNG fuelled vehicles, for their further testing and bringing into operation by Stavropol region enterprises.

Use of natural gas as a motor fuel for cars and agricultural vehicles is supposed to be expanded by: the most successful developer in this area – Nevinnomyskoye line production administration of gas transmission pipelines; the scheduled for building fuelling station in Kazminskoye settlement; the mobile refueling units, transportable storage tanks and agricultural enterprises of Kochubeevskoye district. This article provides economic and ecological indicators of agricultural vehicles conversion to natural gas in the Kochubeevskoye district of the Stavropol region.

В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года была отмечена необходимость повышения энергоэффективности и снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду¹. Другой концептуальный документ «Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2012 года»² предусматривает переход к качественному обновлению технологической базы на основе энергосбережения и биотехнологий. Благодаря установленной цене на компримированный природный газ (КПГ), которая в два раза ниже розничной цены бензина марки А-80³, российское законодательство позволяет осуществлять такой переход.

Одним из крупных потребителей моторного топлива является сельскохозяйственное производство. Машинно-тракторный парк России потребляет порядка 5,5 млн т дизельного топлива в год [1]. Экономия от его замещения для автотракторного парка уже в ценах 2004 г. оценивалась в 1,5-2 млрд руб. [2]. Сегодня применение КПГ не менее привлекательно, особенно в отраслях, испытывающих серьезный дефицит финансирования.

Сегодня Южный федеральный округ (ЮФО) является крупнейшим потребителем альтернативного топлива – компримированного природного газа. Реализация КПГ в ЮФО за 2009 г. составила 118 млн м³ газа, из них в Ставропольском крае реализовано 33,7 млн м³, в Кабардино-Балкарской Республике и Краснодарском крае – по 21 млн м³. Это составляет 37 % от общего объема продаж природного газа автотранспорту Российской Федерации.

1 Распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.

2 Распоряжение Правительства РФ от 17 ноября 2008 г. № 1663-р.

3 Постановление Правительства Российской Федерации от 15.01.1993 г. № 31 «О неотложных мерах по расширению замещения моторных топлив природным газом».

На указанных территориях эксплуатируются 49 АГНКС пяти операторов, четверо из которых входят в Группу «Газпром». Наибольший объем КПГ реализует ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» – 65 млн м³.

Использование КПГ в ЮФО за 2009 г. позволило высвободить около 100 тыс. т высокооктанового бензина, сократить затраты на приобретение моторного топлива более чем на 1 млрд руб. и снизить выбросы вредных веществ от автотранспорта в окружающую среду почти на 40 тыс. т у.т.

Между ЮФО и ОАО «Газпром» подписаны соглашения и договоры о сотрудничестве, которые предусматривают проведение работ в регионах по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива и составляют правовую основу газификации транспорта. Именно поэтому возникает необходимость в создании на юге России центра по переоборудованию сельскохозяйственной техники на природный газ, как одного из решений актуальной задачи по обеспечению потребности сельского хозяйства в альтернативном топливе.

Преимущества данного направления является то, что запас топлива при переводе на КПГ позволяет трактору непрерывно работать на энергоемких операциях в течение 4,5-7,0 ч (в зависимости от типа трактора). На неэнергоемких операциях трактор может работать на газе от 9 до 13 ч. Общее время работы газодизельного трактора без дозаправок увеличивается на 20-50 % в сравнении с дизельным.

Основными задачами проекта, наряду с анализом системы газообеспечения региона, оценкой экономического и экологического эффекта, являются:

- создание заправочного комплекса для КПГ в с. Казьминское;
- перевод автотракторной техники на КПГ в близлежащих хозяйствах;

- создание центра переоборудования и испытательного полигона для автотракторной техники.

Предлагается создать испытательный полигон на базе колхоза-племзавода «Казьминский», расположенного в с. Казьминское Кочубеевского района Ставропольского края. Это крупное хозяйство хорошо оснащено автотранспортной техникой. Из 209 автомобилей и 279 тракторов 123 ед. уже переведены на КПГ.

Переоборудование газобаллонного трактора состоит из следующих этапов:

- автотракторная техника перегоняется в г. Невинномысск на пункт переоборудования;
- переоборудованная техника передается в службу сельского хозяйства и озеленения (ПСХиО) Невинномысского ЛПУМГ для настройки и испытаний;
- готовые к работе тракторы передаются на предприятие сельского хозяйства для последующей эксплуатации.

Промышленное переоборудование техники будет осуществлять ОАО «Кочубеевский ремонтный завод», а газозаправочную функцию – ООО «Кавказавтогаз». Поставку газобаллонного оборудования для перевода техники на КПГ осуществляет ЗАО «Автосистема».

По проекту АГНКС в с. Казьминское должна быть оснащена двумя поршневыми электроприводными компрессорами типа ST-75 производительностью около 1 тыс. м³/ч, суммарная вместимость аккумуляторов – 2 тыс. л, четыре заправочными постами, одним постом заправки передвижного автогазозаправщика (ПАГЗ).

Техническая документация на переоборудование колесных тракторов К-701 «Кировец», К-700А, Т-150К, ДТ-75, МТЗ-80/82, ЮМЗ-6, ЛТЗ-55 на газодизельный режим была разработана специалистами ООО «Газпром трансгаз Ставрополь», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ГНУ ВИМ, ЗАО «Автосистема», АО «Ногинский завод топливной

Таблица 1

Затраты на переоборудование автотранспорта и сельскохозяйственной техники колхоза «Казьминский»

Автотранспортное средство	Число	Стоимость, тыс. руб.			
		баллонов	комплектов ГБО	работ по переоборудованию	всего
Легковые					
УАЗ	6	216	160	32	408
ВАЗ	27	648	721	144	1513
ГАЗ	4	144	110	22	276
Автобусы					
УАЗ	2	69	91	23	183
Грузовые					
МАЗ	1	92	48	12	152
ГАЗ	3	241,5	123	31	395
КамАЗ	43	3956	2941	735	7633
Тракторы					
МТЗ	155	7564	8975	1615	18154
К-701, К-700-А	32	6624	2669	480	9773
ЮМЗ-6	11	537	814	147	1497
ЛТЗ	10	366	740	133	1239
Т-150К	22	2530	1780	320	4630
ДТ-75	49	4185	3626	653	8463
Всего	365	27172	22798	4348	54317



аппаратуры» и ООО «ППП Дизельавтоматика».

Описание основных этапов переоборудования трактора МТЗ-80/82 на газодизельный цикл подробно изложено в Руководстве по организации и проведению переоборудования тракторов для работы на компримированном природном газе [3]. Применение облегченных автомобильных баллонов позволяет размещать их на крыше кабин колесных тракторов типа МТЗ-80/82, ЮМЗ-6, ЛТЗ-55 в необходимом количестве.

Переоборудованный на КПГ газодизельный трактор МТЗ-80/82 способен выполнять те же работы, что и его серийный дизельный аналог, но при этом обеспечивает замену дизельного топлива природным газом в объеме до 70 %.

Авторами была оценена потенциальная экономия колхоза-племзавода «Казьминский», которая может быть получена при условии 100%-ного перевода сельскохозяйственной техники колхоза на КПГ (365 ед.).

Затраты на переоборудование автомобилей и тракторов (табл. 1) рассчитаны по розничным ценам на комплекты газобаллонного оборудования (ГБО) производства ЗАО «Автосистема» и НПФ «САГА» (в ценах марта 2009 г.), а стоимость монтажных работ принята в современных ценах действующих сервисных центров. Объем инвестиций на переоборудование автотранспортных средств составит около 54,32 млн руб.

В табл. 2 представлены результаты расчетов экономии на замещении топлива.

Таким образом, путем расчетов годовая экономия колхоза составит более 20 млн руб.: $103\,859,5 - (53\,439,9 + 30\,292,7) = 20\,126,9$ тыс. руб.

Результаты расчета окупаемости инвестиций в перевод автотранспорта и сельскохозяйственной техники на КПГ [4] приведены в табл. 3.

Перевод автомобилей на природный газ позволяет сократить

Таблица 2

Потребление топлива и прогнозируемая экономия

Потребление топлива до переоборудования транспорта		Потребление топлива после переоборудования транспорта	
Вид топлива	Объем топлива, тыс. л	Эквивалентный объем КПГ, тыс. м ³	Объем нефтяного топлива, тыс. л
Бензин Аи-92	108,8	108,8	5,4 (запуск и прогрев двигателя)
Бензин А-80	76,5	76,5	3,8 (запуск и прогрев двигателя)
Дизельное топливо	7711,1	6940,0	2313,3 (запальная доза)
Всего	7896,4	7125,3	2322,6
<i>Затраты на топливо, тыс. руб.</i>			
	103859,5	53439,9	30292,7

Таблица 3

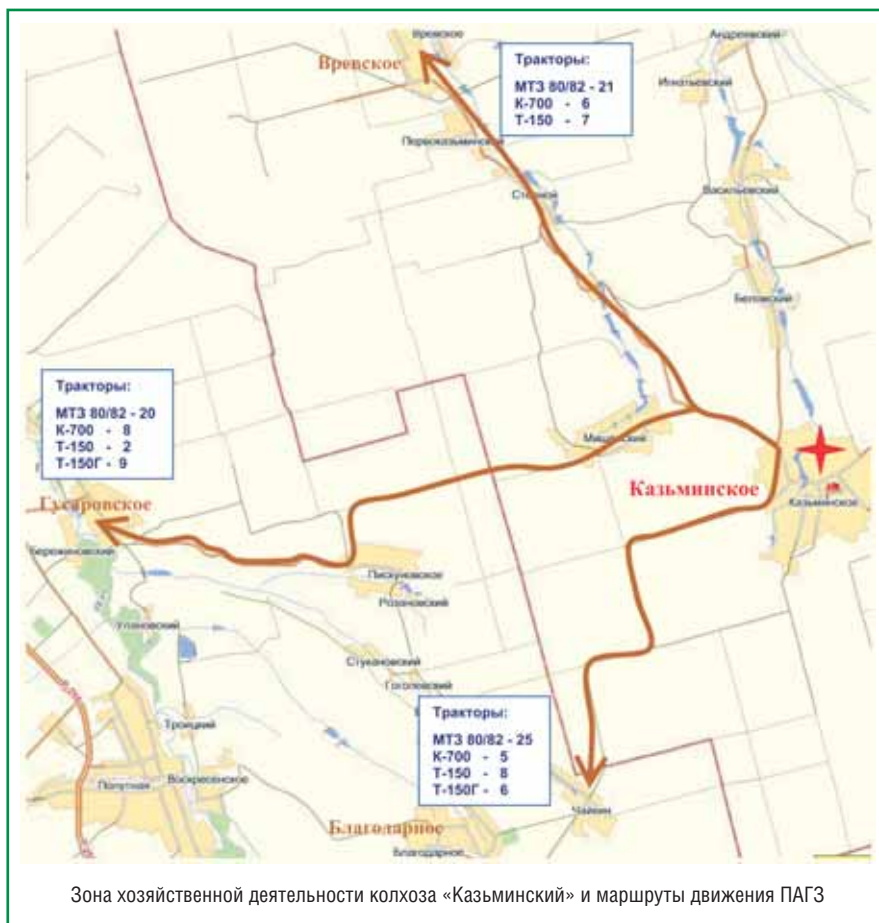
Окупаемость инвестиций при переводе автотранспорта и сельскохозяйственной техники на природный газ

Показатели	Всего
Число переоборудуемых автомобилей	365
Капитальные вложения (затраты на переоборудование), тыс. руб.	54317
Потребление автомобилями КПГ, тыс. м ³ /год	7125
Экономия, тыс. руб./год	20126
Увеличение текущих расходов, тыс.руб./год	5974
В том числе:	
амортизация	2715
техническое обслуживание и ремонт	2172
прочие	1086
Дополнительная балансовая прибыль, тыс.руб./год	14152
Налог на дополнительную прибыль, тыс. руб./год	2830
Внутренняя норма доходности, %	21
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	6,1

Таблица 4

Среднесуточные объемы потребления газа

Тракторная техника	Число	Фактическое потребление дизельного топлива, тыс. л/год	Объем потребления КПГ	
			тыс. м ³ /год	м ³ /сут
с. Гусаровское				
МТЗ 80/82	20	393	1131	3098
К-700	8	477		
Т-150	11	387		
Итого	39	1257		
с. Вревское				
МТЗ 80/82	21	412	915	2506
К-700	6	358		
Т-150	7	246		
Итого	34	1016		
с. Благодарное				
МТЗ 80/82	25	491	1153	3159
К-700	5	298		
Т-150	14	492		
Итого	44	1281		
Всего		3554	3199	8764



Зона хозяйственной деятельности колхоза «Казьминский» и маршруты движения ПАГЗ

топливную составляющую в себестоимости услуг почти в два раза. Из расчетов видно, что внутренняя норма доходности составляет 21 %, а срок окупаемости – около шести лет.

В зоне хозяйственной деятельности племзавода-колхоза «Казьминский» расположены хозяйства близлежащих сел (рисунок) Гусаровское, Благодарное, Вревское, которые имеют различную сельскохозяйственную направленность. Каждое хозяйство работает по своему производственному графику, которому подчиняются все службы, и, в первую очередь, моторизованная часть техники, выполняющая основные технологические процессы. Их автотракторные парки также могут стать потребителями КПГ.

Однако действующая АГНКС г. Невинномыска и планируемая к строительству АГНКС в с. Казьминское удалены от указанных сел, потребителей КПГ, на значительное расстояние. В связи с этим для газообеспечения потребителей целесообразно исполь-

зовать передвижные автомобильные газовые заправщики.

Для обеспечения потребителей компримированным природным газом определено необходимое число ПАГЗов. Чтобы сформировать график доставки газа в хозяйства (фермы, растениеводческие участки и др.), проведена оценка объемов потребления газа и режимов работы отдельных участков (бригад). На основе фактических данных о работе

отдельных хозяйств колхоза «Казьминского» рассчитаны среднесуточные объемы потребления газа (табл. 4).

Среднесуточное потребление КПГ в хозяйствах колхоза составит от 2500 до 3200 м³ газа. На этом основании целесообразно использовать четыре ПАГЗа с объемом перевозки 4500 м³ каждый, дожимным компрессором и отдачей газа до 85-90 %, которые будут двигаться по маршрутам, указанным на рисунке.

При строительстве АГНКС в с. Казьминское к проекту присоединятся новые участники – дополнительные сельхозпотребители. При этом передвижные заправщики могут реализовать в год до 4,2 млн м³ КПГ в год, увеличивая загрузку Казьминской АГНКС.

Прогнозный экономический эффект при создании испытательного полигона техники и 100%-ного перевода автотракторного парка колхоза «Казьминский» на природный газ составит более 30 млн руб. в год.

Экологический эффект [5] от реализации этого проекта обусловлен снижением выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу на 63 %, что оценивается за расчетный период (10 лет) следующими показателями:

- суммарный объем сокращения ЗВ – 57,8 тыс. т у.т.;
- объем замещения нефтяного топлива – 59 224 тыс. т;
- суммарный предотвращенный ущерб – около 5,7 млн руб.

Литература

1. Митин С.Г. Выступление на II заседании Комиссии Российского газового общества по использованию природного и сжиженного газов в качестве моторного топлива // Информационный бюллетень НГА. – 2005. – № 3 (17).
2. Пронин Е.Н. Как зарабатывать в деревне по два миллиарда рублей в год // Информационный бюллетень НГА. – 2004. – № 3 (17).
3. ВРД-39-1.20-019-2000 Руководство по организации и проведению переоборудования тракторов для работы на компримированном природном газе / Г.С. Савельев, В.В. Подосинников, А.Д. Шапкайтц, Е.Т. Кауров, Н.Л. Лобанова, (ООО «ВНИИГАЗ»), И.М. Коклин, М.И. Логашкин (Невинномысское ЛПУ МГ), ОАО «Газпром». – М.: ООО «ВНИИГАЗ», Министерство сельского хозяйства и продовольствия.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (утверждены Госстроем, Минэкономки, Минфином Российской Федерации № ВК 477 от 21.06.1999 г.). – М.: Экономика, 2000.
5. Методика определения предотвращенного экологического ущерба (утвержденная В.И. Даниловым-Данильяном) / Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды / М.: 1999.

Пути дальнейшего расширения использования природного газа в качестве моторного топлива

Я.С. Мкртычан,

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

В данной статье рассмотрены вопросы повышения давления газа в баллонах легковых автомобилей и использования КПГ и СПГ в двухтопливных крупнотоннажных грузовиках и междугородных мощных автобусах с целью увеличения запаса хода газобаллонных автомобилей. Приведены принципиальные технологические схемы двухтопливных автомобилей и станций их заправки природным газом. Предлагаемые технологические решения защищены патентами РФ.

Ключевые слова: компримированный природный газ (КПГ), сжиженный природный газ (СПГ), газомоторное топливо (ГМТ), сжиженный углеводородный газ (СУГ), автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС).

Further ways of expanding the use of natural gas as motor fuel

J.S. Mkrtychian

In this article the questions of increasing pressure in gas cylinders (tanks) of motor cars, as well as questions of CNG and LNG usage in dual-fuel large-capacity trucks and powerful-engine intercity buses are being considered for the purpose of increasing the cruising range of natural gas vehicles (NGV). The basic technological schemes of dual-fuel vehicles and natural gas dual-fuel filling stations are shown. The suggested technological solutions are protected by patents of Russian Federation.

Keywords: compressed natural gas (CNG), liquefied natural gas (LNG), gas engine fuel (CEF), liquefied petroleum gas (LPG), NGV-refueling compressor station.

Известно, что на сегодня из всех видов альтернативного моторного топлива самым ресурсообеспеченным, дешевым, экологически более чистым, технически и технологически наиболее подготовленным для внедрения является природный газ в сжатом (КПГ) и сжиженном (СПГ) состояниях. Кроме того, цена на этот газ напрямую не зависит от роста цен на нефтепродукты и СУГ, как продукт нефтепереработки [1-4].

Например, рост цены на сырьевой природный газ несущественно влияет на увеличение отпускной цены на КПГ или СПГ. Доля стоимости покупки сырьевого природного газа для АГНКС не превышает 20 % в отпускной цене конечного продукта – газомоторного топлива, тогда как оптовая цена приобретаемого СУГ составляет более 55 % от цены его реализации и постоянно растет с ростом цен на нефтепродукты.

Несмотря на целый ряд явных и существенных преимуществ у природного газа в сравнении с нефтепродуктами, внедрение его идет крайне медленно даже на автомобильном транспорте, не говоря уже о морском, речном, железнодорожном транспорте, сельхозтехнике, авиации и ракетно-космическом комплексе.

Многолетние исследования и накопленный практический опыт в этой области показывают, что сложившееся положение с использованием природного газа в качестве моторного топлива не случайно. Существует ряд факторов, сдерживающих быстрое развитие в стране этого процесса, главными из которых являются следующие:

- недостаточно развитая сеть газозаправочных станций и пунктов сервисного обслуживания газобаллонных автомобилей;

- меньший запас хода при работе автотранспорта на КПГ в сравнении с пробегом на жидком нефтяном моторном топливе (150-200 км против 300-400 км);

- медленное освоение промышленного производства автомобилей в газобаллонном исполнении автомобильными заводами.

Наряду с указанными причинами существуют и другие трудности, например, длительные сроки выделения и оформления земельных участков под строительство заправочных станций, сложности и дороговизна сооружения станций в условиях городской застройки и согласования коммуникаций, возможность подключения станций в городах только к газовым сетям низкого давления (0,3-0,6 МПа) и, как следствие, высокая потребность в дефицитной и дорогостоящей электроэнергии. Эти недостатки тормозят развитие газозаправочной сети, тем более на фоне отсутствия каких-либо льгот со стороны государства. В результате, наша страна, занимавшая в 1986-1990 гг. по объему производства и реализации КПГ первое место в мире (более 1,2 млрд м³/год) оказалась позади развитых и даже некоторых развивающихся стран.

Неслучайно мировой парк газобаллонных автомобилей за последние 10 лет увеличился более чем в 10 раз и достиг почти 10 млн ед. и продолжает ежегодно расти в среднем на 20 %. Ведущие автомобильные фирмы Mercedes, BMW, Volkswagen, Volvo, FIAT, Iveco, Ford, Honda, Opel, Renault стали серийно выпускать автомобили, работающие на природном газе, а в некоторых странах введены и действуют специальные государственные мероприятия, направленные на стимулирование применения природного газа в качестве ГМТ. Участие государства в решении проблем газомоторизации дает ощутимые результаты. Например, в Бразилии и Аргентине около 1,5 млн метановых автомобилей и 1,5 тыс. АГНКС. Около 2 млн автомобилей на КПГ эксплуатируются в странах – членах Азиатско-Тихоокеанской газомоторной ассоциации (ANGVA): Австралии, Индии, Китае, Корее, Новой Зеландии, Пакистане, Таиланде и Японии. Примерно 20 % всех АГНКС мира находятся в Азии.

В России в настоящее время автотранспорт потребляет примерно 175 млн т. нефтяного моторного топлива, при сжигании которого выбросы загрязняющих и вредных для здоровья населения веществ составляют около 12 тыс. т.

Экологические проблемы, особенно в мегаполисах, общеизвестны, поэтому требования к токсичности отработавших газов газотранспортных двигателей постоянно возрастают – вводятся стандарты Евро-4 и Евро-5. Между тем, перевод транспортных двигателей на КПГ существенно сокращает вредные выбросы и снижает дымность отработавших газов. И тем не менее, улучшению экологической ситуации, в первую очередь в крупных городах, уделяется недостаточно внимания, и особенно – практической реализации мероприятий.

Следует отметить, что ОАО «Газпром» целенаправленно и постоянно проводит работу по расширению использования природного газа в качестве моторного топлива. В частности, надежно обеспечивает

потребности в природном газе для АГНКС по умеренным ценам, выполняет масштабную ведомственную программу по строительству новых современных АГНКС и сервисных центров, а также по реконструкции и переоснащению действующих станций. Практически ежегодно с целью популяризации газомоторного топлива и накопления опыта для совершенствования газоиспользующей автотехники и передвижных автогазозаправщиков ОАО «Газпром» организует автопробеги газобаллонных автомобилей.

Благодаря усилиям ОАО «Газпром» отечественная автомобильная промышленность начинает проявлять интерес к газомоторному топливу. Группа «ГАЗ» разрабатывает семейство газовых автомобилей, а ОАО «КАМАЗ» серийно выпускает грузовой автомобиль с газовым двигателем, созданным на базе серийного дизеля.

Несмотря на многие усилия ОАО «Газпром» нужно признать, что одной компании, даже такой крупной, решить эту проблему вряд ли удастся. Очевидно, что необходима помощь государства. Приведем пример. В начале 80-х гг. прошлого столетия Новая Зеландия, испытывая трудности с поставками нефтепродуктов, приняла решение о переводе части транспорта для работы на собственном добываемом природном газе и метаноле.

При этом были отменены на пять лет все налоги для пользователей ГМТ, производителей оборудования, строителей и владельцев стационарных и передвижных станций. Наряду с этим, цены на ГМТ были установлены в 2-2,5 раза ниже, чем на нефтепродукты, и заморожены на 5 лет. Автомобилистам, желающим использовать в качестве топлива ГМТ, предоставлялись для приобретения газовых автомобилей льготные кредиты на длительный срок.

Результат этой государственной акции оказался феноменальным. Перевели на газ и метанол за несколько лет более половины автотранспорта страны, а также часть тракторов, вертолетов и легких самолетов, построили сотни газозаправочных и многопливных станций. Участие в решении этой новозеландской проблемы приняли фирмы США, Италии и российская коммерческая научно-производственная фирма НПФ «ГАЗ-ТОП», работающая под патронажем Мингазпрома.

Приведенный пример быстрой и эффективной газомоторизации части транспорта страны показателен и может быть использован в условиях нашей страны.

Однако, какими бы эффективными не были действия государства, без устранения отмеченных выше технико-технологических недостатков, снижающих потребительские

Таблица 1

Основные параметры дожимной компрессорной установки

Параметры	Значение
Давление газа, МПа на входе на выходе	20÷25 32
Температура, °С на входе на выходе	-5÷30 До 45
Производительность, м³/час	Не менее 900
Мощность потребления, кВт	Не более 23
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	Не более 3200×844×2250
Полная масса, кг	Не более 850
Температурные условия эксплуатации, °С	-40÷40
Жидкость в гидроприводе	Mobil Hydrofluid LT
Объем жидкости в гидросистеме, л	90
Перекачиваемая среда (ГОСТ 27577-2000)	КПГ

Таблица 2

Основные технические показатели двухтопливного автомобиля ВАЗ

Параметры	Значение
Используемое топливо: альтернативное традиционное	КПГ Бензин Аи-92
Газобаллонное оборудование	Автомобильная газовая топливная аппаратура «САГА-7»
Тип баллона для альтернативного топлива	Металлокомпозитный в базальтовом коконе
Вместимость баллона, л	67
Объем альтернативного топлива в баллоне при температуре 10 °С, м ³	22
Рабочее давление в баллоне, МПа	31,4
Масса баллона, кг без топлива с топливом	53,6 69,2
Средний расход альтернативного топлива на 100 км пробега автомобиля, м ³	6,87
Запас хода автомобиля на полной заправке альтернативным топливом, км	320±20
Суммарный запас хода автомобиля на полной заправке альтернативным и традиционным топливами, км	~900

свойства газовой техники, рассчитывать на активное участие частных инвесторов не приходится. Рассмотрим эти недостатки.

Отсутствие развитой сети автогазозаправочных станций

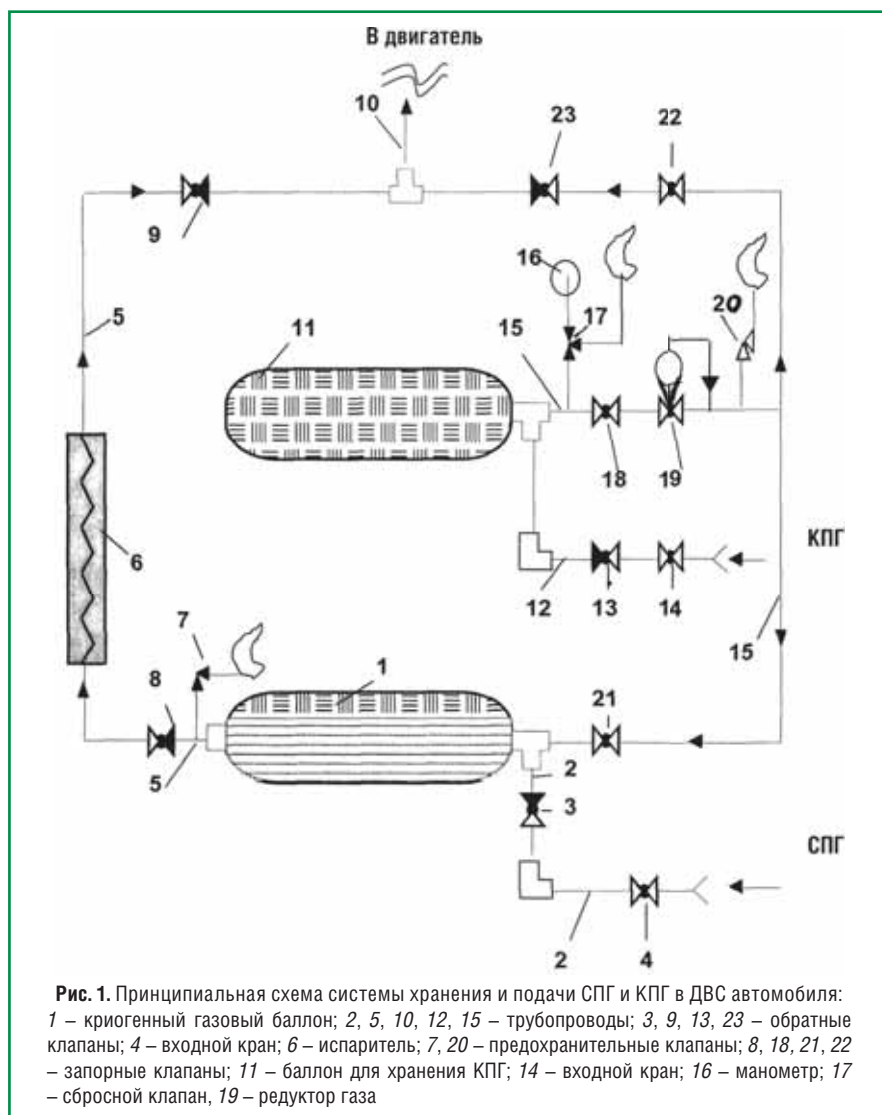
Это – объективная реальность, так как на создание разветвленной сети заправочных станций уходят многие годы, особенно в столь крупной стране как наша. Естественно, это длительный процесс, и он должен проводиться постоянно и планомерно, и в первую очередь в городах с огромным количеством легковых автомобилей, автобусов и коммунальной техники.

Если принять за условие, что сеть станций долго будет неразвитой, то необходимо, прежде всего, обеспечить необходимый пробег (запас хода) легковым автомобилям, на борту которых до сих пор не удастся накопить необходимый объем ГМТ. На автобусах и коммунальных машинах такой проблемы нет. По существу в условиях редкой сети станций только обеспечение необходимого запаса хода позволит широко внедрить газобаллонные автомобили в практику эксплуатации.

Недостаточный запас хода

В работах [2-4] изложен способ увеличения пробега легковых автомобилей за счет повышения давления газа в баллоне (с 20 до 32 МПа) до 320-370 км, то есть в 1,6-1,7 раза, и доведения его практически до пробега бензинового автомобиля. Также созданы дожимная компрессорная установка для заправки таких автомобилей и газовая аппаратура с металлокомпозитным баллоном на рабочее давление 32 МПа (табл. 1, 2).

Другими техническими решениями, но уже направленными на увеличение пробега мощных крупнотоннажных автомобилей и автобусов, выполняющих междугородные и международные грузо- и пассажироперевозки, являются накопление и последовательное использование



КПГ и СПГ. Объемы таких перевозок, а, следовательно, и объем потребления ГМТ значительно больше, чем у городского транспорта.

Реализация предлагаемого решения потребовала создания нового газового оборудования для автомобиля [5] и новой газозаправочной станции [6]. За основное ГМТ принят СПГ, в качестве резервного – КПГ (рис. 1).

Система работает следующим образом.

Для заправки криогенного газового баллона 1 СПГ трубопровод 2 присоединяют к гибкому рукаву заправочного пункта или станции (на рисунке не показано). Краны 8 и 21 закрывают, а кран 4 открывают. После окончания заправки баллона 1 СПГ кран 4 закрывают.

Для заправки баллона 11 КПГ трубопровод 12 присоединяют к гибкому рукаву заправочного пункта или

станции (на рисунке не показано), кран 18 закрывают, а кран 14 открывают. После окончания заправки баллона 11 КПГ кран 14 закрывают.

Система может обеспечить подачу природного газа в двигатель из криогенного газового баллона 1 или из баллона 11 для хранения КПГ.

Для подачи СПГ в двигатель через испаритель 6 открывают вначале кран 8, а затем краны 18 и 21, при этом закрывают запорный кран 22. Из баллона 11 для хранения КПГ по трубопроводу 15 через открытый кран 18, редуктор 19, в котором давление газа понижают до давления в 1 МПа, и открытый кран 21 газ поступает в криогенный баллон 1 и начинает вытеснять СПГ через испаритель 6 к двигателю. После полного израсходования СПГ запорные краны закрывают. При необходимости для дальнейшей работы двигателя используют сжатый

газ из баллона 11. Для подачи сжатого газа в двигатель открывают запорный кран 22.

Возможны варианты организации подачи в двигатель транспортного средства только СПГ или только КПГ в зависимости от наличия тех или иных заправок на пути следования транспорта.

Для заправки автомобилей с двухтопливной системой необходимы соответствующие заправочные станции (рис. 2), включающие системы производства и подачи сжиженного или сжатого газа в автомобиль.

Система производства и подачи СПГ в автомобиль включает входной трубопровод 1 с запорными кранами 2 и 3, установку сжижения газа 4, криогенный заправочный резервуар 5 и связующий их трубопровод 6 с запорным краном 7, трубопровод 8, оснащенный запорными кранами 9, 10 и обратным клапаном 11, криогенный центробежный насос 12, соединенный трубопроводом 13 с запорными кранами 14 и 15 с заправочной колонкой 16, оснащенной гибким рукавом 17 для присоединения к автомобилю 18.

Система производства и подачи КПГ в автомобиль включает криогенный насос высокого давления 19, испаритель-регазификатор 20, емкость-хранилище 21 для сжатого газа высокого давления и газозаправочную колонку 22 с гибким рукавом 23 для присоединения к автомобилю 24, соединенные между собой трубопроводами 25, 26, 27, оснащенными запорными кранами 28-32 и обратными клапанами 33, 34, а также с трубопроводом 13.

Для дополнительной заправки криогенной емкости 5 СПГ может быть использован передвижной газозавоз 35, соединенный с ней через гибкий рукав 36 и запорный кран 9.

Для дополнительной заправки емкости-хранилища 21 КПГ может быть использован компрессор 37, соединенный с ней трубопроводом 38, оснащенным краном 39 и предохранительным клапаном 40.

Для поддержания давления в криогенной емкости используется

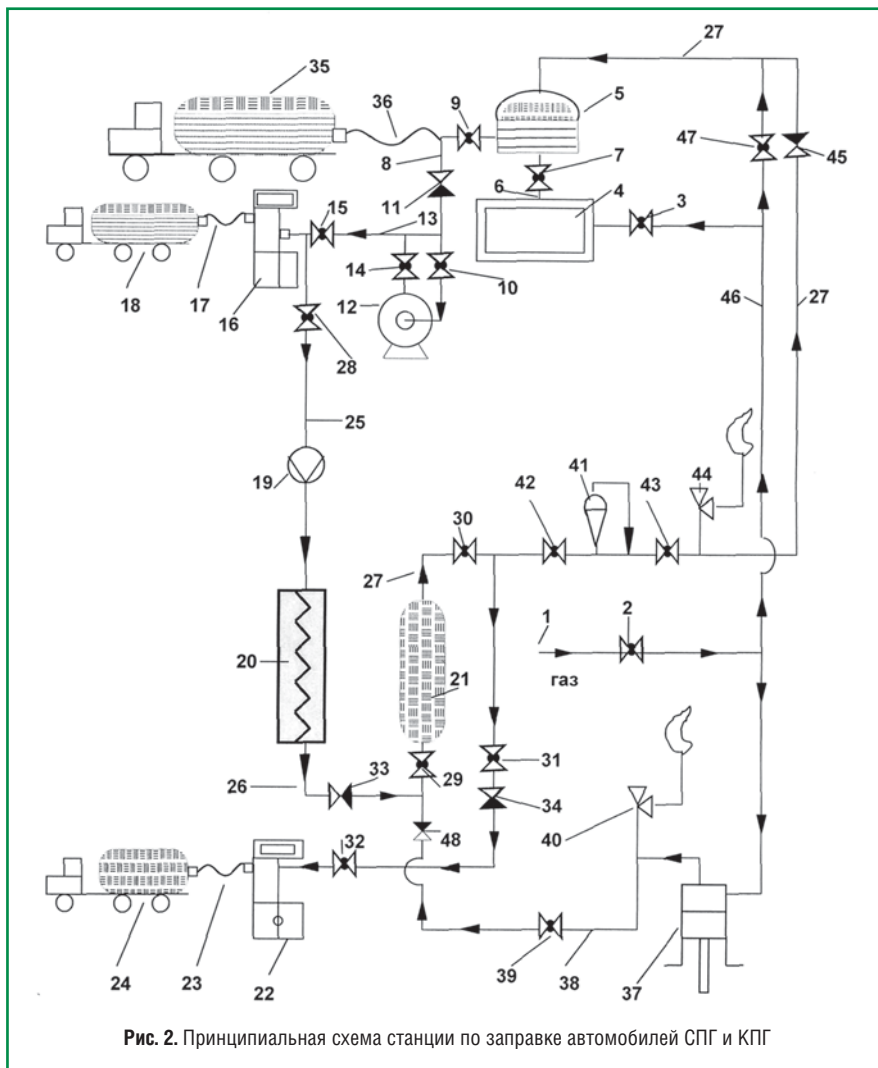


Рис. 2. Принципиальная схема станции по заправке автомобилей СПГ и КПГ

емкость-хранилище КПГ высокого давления, соединенная с ней трубопроводом 27 через редуктор 41, краны 30, 42, 43, предохранительный 44 и обратный 45 клапаны. В качестве резервной системы поддержания давления в криогенной емкости может быть использован входной газопровод 1 низкого давления станции, соединенный с криогенной емкостью 5 трубопроводом 46 с краном 47.

Работа системы по производству и подаче СПГ в автомобиль

Сырьевой трубопроводный газ по входному газопроводу 1 станции через открытые краны 2 и 3 и трубопроводу 46 подается в установку сжижения 4. Из установки сжижения СПГ по трубопроводу 6 и открытый кран 7 поступает в криогенную емкость 5, откуда под давлением газа в «шапке» криогенной емкости 5 подается по трубопроводу через открытые краны 9 и 10 на прием криогенного насоса 12, а от него через открытые краны 14 и 15 по трубопроводу 13 в заправочную колонку 16 и далее через гибкий рукав 17 в бак автомобиля 18.

Предусмотрен резервный вариант подачи СПГ из криогенной емкости 5 через открытые краны 9 и 15 в газозаправочную колонку 16 и далее через гибкий рукав 17 в бак автомобиля 18. При этом криогенный насос отключен, а краны 10 и 14 закрыты. Этот вариант заправки автомобиля СПГ реализуем только при наличии необходимого и стабильного давления в «газовой шапке» криогенной емкости 5. Основным режимом работы является насосный режим подачи СПГ в бак автомобиля.

Работа системы по производству и подаче КПГ в автомобиль

Для производства КПГ из сжиженного, накопленного в криогенной емкости 5, сжиженный газ подают по трубопроводу 13 из емкости 5 через открытые краны 9, 15 и 28 на прием криогенного насоса 19, который повышает давление газа и подает его в

испаритель-регазификатор 20. Далее полученный уже газообразный газ поступает по трубопроводу 26, обратный клапан 33 и открытый кран 29 в емкость-хранилище 21 и далее по трубопроводу 27, через открытые краны 30-32, обратный клапан 34 в газозаправочную колонку 22, а от нее по гибкому рукаву 23 в емкость автомобиля 24.

Предусмотрен резервный вариант заправки автомобиля КПГ от компрессора 37, оснащенного предохранительным клапаном 40 и нагнетательным газопроводом 38 с краном 39 и обратным клапаном 48, через которые газ поступает в емкость 21 и далее по трубопроводу 27, краны 30-32, обратный клапан 34 в заправочную колонку 22, а из нее по гибкому рукаву 23 в емкость автомобиля 24.

Работа системы поддержания давления газа в криогенной заправочной емкости

Основной вариант предусматривает подачу газообразного газа из емкости-хранилища 21 через открытые краны 30, 42, 43, 45 и редуктор 41 по трубопроводу 27, оснащенный предохранительным клапаном 44, в криогенную емкость 5.

Предусмотрены два варианта резервирования подачи газообразного газа в емкость 5. В первом из них газ подается от компрессора 37 по газопроводу 38 в емкость 21, трубопроводу 27 и редуктору 41 в криогенную емкость 5. Во втором варианте подача газа осуществляется из входного газопровода 1 станции по трубопроводу 46 через кран 47 в криогенную емкость 5.

Реализация предлагаемой, принципиально новой, по существу двухтопливной газозаправочной станции позволит:

- увеличить загрузку станций автомобилями, так как на таких станциях смогут заправиться автомобили, работающие как на КПГ, так и на СПГ;
- увеличить запас хода автомобилей;
- уменьшить потребность в станциях;

■ снизить удельные капитальные и эксплуатационные расходы при создании заправочной сети и повысить их прибыльность.

Создание, например, на базе автомобилей КАМАЗ двухтопливных автомобилей, способных работать на СПГ и КПГ, позволит увеличить их пробег до 1 тыс. км. Это чрезвычайно важно для международных «голубых коридоров», так как при минимальном количестве станций можно будет начать грузо- и пассажироперевозки на природном газе. На начальном этапе для заправки автомобилей ГМТ целесообразно также применение передвижных автогазозаправщиков для оснащения ими действующих АГНКС и КриоАЗС.

В настоящее время ООО «Газпром ВНИИГАЗ» совместно с ОАО «КАМАЗ», ОАО «Криогенмаш», ОАО «Московский ГПЗ», ООО «НПФ Ротор» приступил к проведению комплексных работ по созданию отечественных двухтопливных автомобилей и заправочных станций.

Литература

1. Боксерман Ю.И., Мкртычан Я.С., Чириков К.Ю. Перевод транспорта на газовое топливо. – М.: Недра, 1988. – 224 с.
2. Мкртычан Я.С., Ровнер Г.М. Автомобильные газозаправочные комплексы. – М.: Газойл пресс, 2001. – 208 с.
3. Мкртычан Я.С., Самсонов Р.О., Ровнер Г.М., Маленкина И.Ф. Расчеты и проект расширения использования компримированного природного газа на автомобильном транспорте. – М.: Нефть и газ, 2007. – 112 с.
4. Мкртычан Я.С., Самсонов Р.О., Ровнер Г.М., Батюшков С.Г. Оборудование, техника, газозаправки. – М.: Нефть и газ, 2007. – 88 с.
5. Система хранения и подачи газа в двигатель. Решение о выдаче патента РФ на изобретение... с приоритетом от 6 февраля 2008 г. Авторы: Мкртычан Я.С., Самсонов Р.О.
6. Автозаправочная станция природным газом. Патент РФ № 87004 с приоритетом от 2 марта 2009 г. Автор: Мкртычан Я.С.

БАЛЛОНЫ ГАЗОВЫЕ

Баллоны применяют для транспортирования и хранения сжатых газов, на автомобильных транспортных средствах, в системах пожаротушения и т.п.

Баллоны в течение всего установленного срока эксплуатации должны обеспечить: надежное хранение сжатых газов и хладонов под высоким давлением; использование сжатых газов в качестве моторного топлива.

Баллоны изготавливаются следующих типов: в зависимости от назначения: баллоны транспортные БТ; баллоны автомобильные, облегченные БА; баллоны для систем пожаротушения БП. В зависимости от исполнения: баллоны стальные бесшовные типа CNG-1; баллоны металлопластиковые типа CNG-2.

Область применения: баллоны типа БТ и БА предназначены для транспортирования и хранения сжатого природного газа, а также для использования в качестве топливных емкостей на транспортных средствах, использующих в качестве моторного топлива сжатый природный газ по ГОСТ 27577-2000. При использовании газа в качестве моторного топлива значительно, примерно в два раза, экономятся средства из-за разности в стоимости газа и топлива на основе нефти и, что особенно важно, значительно улучшаются условия экологии.

Баллон типа БП предназначен для использования в системах пожаротушения, устанавливаемых в соответствии с нормами пожарной безопасности НПБ 110-99.

Описание конструкции: баллоны представляют собой цельнометаллический или металлопластиковый сосуд с горловиной, имеющей присоединительную коническую или метрическую резьбу. Металлопластиковый баллон типа CNG-2 состоит из металлического лейнера и оболочки, армированной стекловолокном пропитанными эпоксидной смолой на цилиндрической поверхности лейнера. Баллоны рассчитаны на рабочее давление от 6 МПа до 25 МПа.

Баллоны производства ОАО «Орский машиностроительный завод» удовлетворяют требованиям:

- ISO 11439:2000(E);
- ГОСТ Р 51753-2001;
- ПБ 03-576-03 (Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением);
- техническим условиям.

Баллоны имеют защитное антикоррозионное покрытие, маркировку и клеймение, наносимые как ударным способом, так и краской в соответствии с требованиями нормативно-технической документации или требованиями заказчика. Резьба горловины при транспортировке защищена пробкой, предохраняющей попадание пыли и влаги во внутреннюю полость баллона.

Баллоны могут поставляться в различных видах транспортной упаковки: в полиэтиленовых мешках, обернутыми в картонную оболочку, в поддонах и с защитными резиновыми кольцами.



ОАО «Газпром газэнергосеть»: стратегия развития региональных газомоторных рынков

А.А. Ким,

начальник Управления отраслевых программ
ОАО «Газпром газэнергосеть», к.т.н.,

М.В. Коротков,

начальник отдела по развитию использования газа
ОАО «Газпром газэнергосеть», доцент, к.т.н.

Прогнозный анализ объемов производства и поставок сжиженного углеводородного газа (СУГ) на внутренний и внешний рынки РФ показывает, что к 2015 г. в стране сложится профицит СУГ в размере 1 млн т/год. В связи с этим компания ОАО «Газпром газэнергосеть», будучи крупнейшим «игроком» на Российском рынке СУГ в настоящее время разрабатывает и внедряет в регионах своего присутствия Концепцию популяризации газомоторного топлива.

Ключевые слова: газомоторное топливо (сжиженный углеводородный газ, природный газ), газобаллонные автомобили.

JSC «Gazprom gazenergoset»: the development strategy of national gas engine markets

A.A. Kim, M.V. Korotkov

The forecast of production volume and deliveries of liquefied hydrocarbon gas to the domestic and external markets of Russian Federation shows that by the year of 2015, it will be surplus of liquefied hydrocarbon gas in the country which will be near 1 million ton per year. Thereby, being one of the biggest players on the market of liquefied hydrocarbon gas, JSC "Gazprom gazenergoset" is working out and integrating in regions of its presence the concept of gas fuel popularization.

Keywords: gas fuel (liquefied hydrocarbon gas, natural gas), gas powered cars.

ОАО «Газпром газэнергосеть» – крупнейшая в России компания по реализации сжиженного углеводородного газа выступает единым оператором ОАО «Газпром» по реализации СУГ, нефтепродуктов и серы в регионах РФ.

Согласно постановлению правления ОАО «Газпром» от 30 ноября 2009 г. № 57 «О введении в действие новой редакции Концепции участия ОАО

«Газпром» в газификации регионов РФ» компания ОАО «Газпром газэнергосеть» является заказчиком по объектам автономной газификации (табл. 1).

В 1 полугодии 2010 г. доля компании от общего объема поставок СУГ в коммерческий сектор внутреннего рынка РФ составила около 31% (рис. 1).

По сравнению с 2008 г. объем реализации ОАО «Газпром газэнерго-

сеть» увеличился на 3%, несмотря на последствия экономического кризиса. Основными факторами, благодаря которым компания упрочила свое присутствие на рынке, являются гибкая ценовая политика, наличие собственной мелкооптовой и розничной сетей продаж СУГ, увеличение мелкооптовой реализации, а также значительное число постоянных покупателей (более 95%).

Объем реализации СУГ на внутреннем рынке в 2009 г. по сравнению с 2008 г. увеличился на 33% (рис. 2). В первую очередь это связано с увеличением объемов реализации бутана благодаря более тесному сотрудничеству с нашим постоянным партнером ОАО «Нижнекамскнефтехим», а также с началом реализации ШФЛУ производства ТОО «КазРосГаз». Основными поставщиками СУГ для ОАО «Газпром газэнергосеть» в 2009 г. стали заводы ОАО «Газпром». На их долю пришлось 95% общего объема поставок.

Теперь рассмотрим рынок газомоторного топлива Российской Федерации (рис. 3).

В 2009 г. в стране было произведено около 9 млн т СУГ, внутреннее потребление составило порядка 6,5 млн т, экспорт – 2,5 млн т. Прогнозы производства в РФ до 2015 г. и поставок на внутренний и внешний рынки показывают, что к 2015 г. в стране сложится профицит СУГ в размере 1 млн т в год.

В связи с этим ОАО «Газпром газэнергосеть», как компания, ориентированная на внутренний рынок, начала разработку «Концепции популяризации газомоторного топлива» в регионах своего присутствия, которая представляет собой системную работу, включающую:

- комплекс маркетинговых мероприятий для формирования у потребителей положительного отношения к газомоторному топливу;

- формирование конкурентной цены на газомоторное топливо на основе анализа затрат автовладельцев при переводе автомобилей на

Таблица 1

**Перечень основных производственных объектов
ОАО «Газпром газэнергосеть»**

Производственные активы	Число
Многотопливные автозаправочные станции (МАЗС)	67
Автозаправочные станции (АЗС)	66
Автоматические автозаправочные станции (ААЗС)	8
Автогазозаправочные станции (АГЗС)	88
Нефтебазы	8
Газонаполнительные станции (ГНС)	25
Завод по производству углеводородного пропеллента	1

газ и последующей их эксплуатации;

- разработки льготных схем оплаты при установке газобаллонного оборудования (ГБО);

- модернизацию активов (техническое перевооружение и ребрендинг);

- комплекс рекламных мероприятий;

- взаимодействие с ведущими компаниями и органами государственной власти.

Конкурентная цена на газомоторное топливо формируется на основе анализа затрат потенциальных клиентов при переоборудовании своих автомобилей для работы на газе и в процессе последующей их эксплуатации (табл. 2).

Так, например, при стоимости СУГ 13 руб./л срок окупаемости составляет более 1 г. Этот срок не всегда достаточен для принятия решения потенциальными клиентами о переоборудовании автомобиля на газ. При установлении цены на СУГ на уровне 50% от стоимости бензина Аи-92 срок окупаемости ГБО снижается вдвое, а годовой экономический эффект превышает 46 тыс. руб.

Таким образом, грамотное формирование ценовой политики – важнейший рычаг стимулирования использования газа в качестве моторного топлива.

Другим важным фактором, препятствующим переводу автотранспортных средств на газомоторное топливо, является отсутствие у потенциальных клиентов денежных средств для единовременной оплаты газобаллонного оборудования. Поэтому ОАО «Газпром газэнергосеть» разработаны и предлагаются гибкие схемы оплаты (рассрочка платежа, выдача топливных карт, льготный кредит), которые не требуют крупных единовременных затрат.

В результате клиенты компании могут установить ГБО на свой автомобиль совершенно бесплатно, а затем постепенно рассчитываться за его переоборудование из средств, которые

они будут экономить при покупке топлива.

Для соответствия постоянно изменяющимся требованиям времени в ОАО «Газпром газэнергосеть» проводится системная и планомерная

работа по модернизации активов, которая включает замену старого технологического оборудования на новое, более энергоэффективное и безопасное, а также приведение внешнего вида объектов (рис. 4) к



Рис. 1. Распределение объемов поставок СУГ компаниями в общем объеме его реализации в коммерческом секторе внутреннего рынка РФ

Таблица 2

**Анализ эксплуатационных затрат автомобилей
на примере ГАЗ-3221 «Газель»**

Показатели	Топливо			
	Аи-92	СУГ		
Капитальные вложения (ГБО + установка), руб.	–	26 000		
Объем использованного топлива, л	8 869	11 706 (СУГ) + 73 (Аи-92)		
Цена топлива, руб./л	21,6	13	11,5	10,8
Затраты, руб.				
на топливо	191 565	153 760	136 200	128 005
на ТО (Е0 + ТО-1 + ТО-2)	27 533	39 607	39 607	39 607
на освидетельствование баллонов	–	980	980	980
Годовая экономия текущих затрат, руб.	–	24 747	42 307	50 501
Срок окупаемости, год	–	1,05	0,61	0,51
Годовой экономический эффект, руб.	–	20 847	38 407	46 601



Рис. 2. Динамика объемов реализации основных видов СУГ, тыс. т

единому фирменному стилю (ребрендинг).

Комплекс маркетинговых и рекламных мероприятий также является важным элементом развития ОАО «Газпром газэнергосеть».

Благодаря этой работе специалисты ОАО «Газпром газэнергосеть» хорошо представляют себе портрет целевого потребителя, устанавливая с ним «обратную связь» и чутко отслеживают изменения его потребностей.

Важным направлением деятельности ОАО «Газпром газэнергосеть» является расширение использования природного газа в качестве моторного топлива. С этой целью 23 июня

2010 г. было подписано четырехстороннее соглашение (ОАО «Газпром газэнергосеть», ООО «Группа ОНЭКСИМ», ООО «Городской автомобиль» и ЗАО «Яровит Моторс»), согласно которому уже начата работа по созданию экологически чистого, безопасного, надежного и доступного по цене городского автомобиля, а также инфраструктуры, необходимой для его функционирования.

Конструктивное взаимовыгодное сотрудничество с ведущими компаниями (ООО «Сибур», ОАО «Газпром нефть» и др.) позволяет консолидировать усилия и эффективнее решать задачу популяризации использования СУГ в качестве моторного топлива.

Как уже отмечалось, ОАО «Газпром газэнергосеть» принимает непосредственное участие в формировании законодательной основы для развития использования газомоторного топлива в РФ. Так, например, с целью доработки проекта федерального закона «Об использовании альтернативных видов моторного топлива» представители ОАО «Газпром газэнергосеть» принимают участие в рабочей группе по использованию природного и сжиженного газа в качестве моторного топлива в составе правительственной комиссии по вопросам топливно-энергетического комплекса и воспроизводства минерально-сырьевой базы.

Наряду с этим ОАО «Газпром газэнергосеть» принимает участие в совместной (ОАО «Газпром» и правительство Москвы) реализации постановления от 29 июня 2010 г. № 553-ПП «О ходе работ и дальнейших мерах по расширению использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на автотранспорте в городе Москве».

Кроме этого в настоящее время подписаны и действуют Соглашения о сотрудничестве с администрациями Нижегородской, Тамбовской, Орловской и Воронежской областей.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. В ближайшей перспективе на рынке СУГ РФ ожидается профицит, который не будет покрываться потребностями внутреннего рынка (даже с учетом роста нефтехимической отрасли) и не сможет быть отправлен на экспорт из-за ограниченности транспортной инфраструктуры.

2. Необходимо развивать внутренний нехимический сегмент рынка как в части потребления СУГ в системах автономного газоснабжения, так и его использования в качестве моторного топлива.

3. ОАО «Газпром газэнергосеть» как крупнейший поставщик на нехимическом сегменте коммерческого

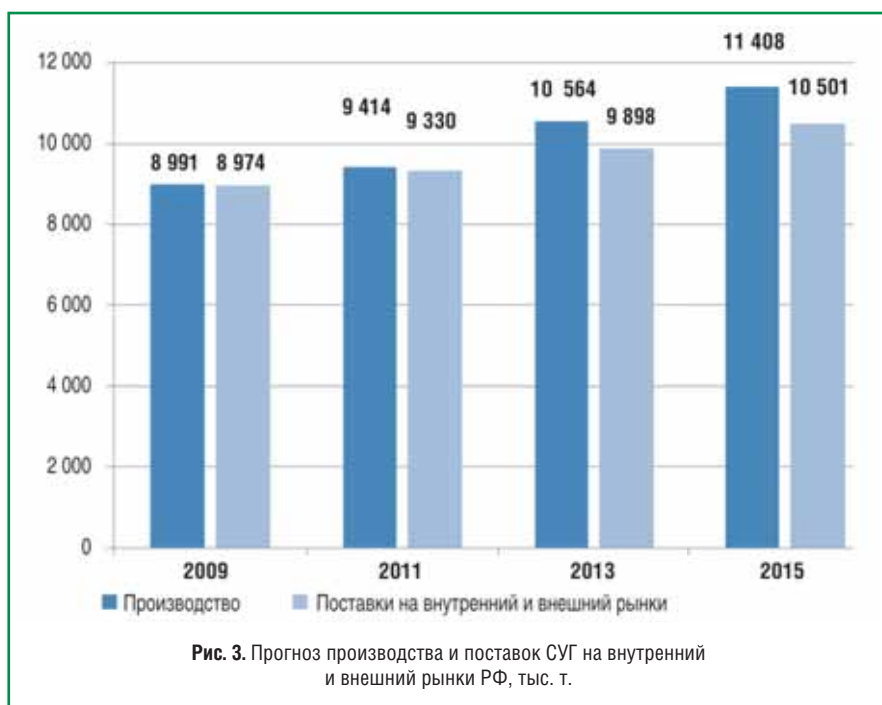


Рис. 3. Прогноз производства и поставок СУГ на внутренний и внешний рынки РФ, тыс. т



Рис. 4. Внешний вид АГЗС ОАО «Газпром газэнергосеть» до реконструкции (а) и после реконструкции (б).

рынка СУГ разрабатывает концепцию популяризации газомоторного топлива, к основным положениям которой относятся:

- ценообразование на рынке СУГ, стимулирующее увеличение парка газобаллонных автомобилей;
- стимулирование установки ГБО на автомобили;

■ проведение комплекса маркетинговых и рекламных мероприятий;

■ приведение имущественного комплекса по реализации СУГ в соответствие требованиям современного рынка и нормативного технического состояния;

■ сотрудничество с производителями автомобилей;

■ работа с органами законодательной власти по вопросам совершенствования законодательства, стимулирующего использование газового топлива;

■ работа с региональными органами исполнительной власти по вопросам развития региональных рынков газомоторного топлива.

Спрос на оборудование для газозаправочных станций вырастет в 2011 году на 15 %

В рамках прошедшей в Москве 27-29 октября 2010 г. международной выставки «Автокомплекс 2010» аналитическое управление ЗАО «Газ-Ойл» провело опрос участников мероприятия о тенденциях и перспективах развития газомоторного рынка в России. Важно отметить, что на выставке порядка 30 % экспонентов представляли отраслевое направление по использованию сжиженного углеводородного газа (СУГ) и компримированного природного газа (КПГ) в качестве моторного топлива на транспорте.

По данным экспертного опроса, в 2011 г. спрос на газобаллонное оборудование для газозаправочных станций вырастет на 15 % относительно прошлого года. Это связано с тем, что

во многих субъектах РФ, в частности, в Москве, Московской, Калужской, Нижегородской, Томской, Иркутской, Тюменской, Свердловской, Челябинской, Курганской, Оренбургской и других областях, были приняты меры по стимулированию перевода муниципального автотранспорта на КПГ.

В своем выступлении на пресс-конференции заместитель руководителя департамента транспорта Правительства Москвы Игорь Ткач отметил, что в 2011 г. шесть автобусных парков г. Москвы планируется перевести на КПГ. Более того, для такого экологичного транспорта будет предусмотрено преимущественное право проезда в центре столицы в любое время суток.

По данным Европейской экспертной группы по будущим видам

моторного топлива (European Expert Group on Future Transport Fuels) Еврокомиссии, метановые двигатели обеспечивают снижение выбросов CO₂ на 20-24 % в сравнении с бензиновыми двигателями примерно такого же класса и на 12 % – в сравнении с дизельными двигателями. Современные двигатели, работающие на природном газе, позволяют при минимальных модификациях достичь выбросов, соответствующих требованиям Евро-6, что предпочтительно для муниципального грузового транспорта и автобусов. С экономической точки зрения стоимость КПГ, используемого на транспорте, дешевле в 3 раза по отношению к бензину. По данным НГА, практически на каждом крупнейшем российском автомобильном заводе – ВАЗ, УАЗ, КАМАЗ и ГАЗ – ведутся работы по газовой тематике. Степень освоения газобаллонной техники различна, но главное то, что заводы снова возвращаются к метану.

<http://www.advis.ru/cgi-bin/new.pl?2C5AF7B3-98BC-7E4B-B3BD-7993516C011B>

Мобильные комплексы для дегазации вагонов-цистерн, перевозящих СУГ

В.Н. Титов,

генеральный директор ООО «ВИП Газ Тех» (Москва),

А.В. Соколов,

генеральный директор ФГУП «НПП «Дельта» (Москва)

Регулярное техническое обслуживание цистерн для перевозки СУГ требует их подготовки (дегазации). На это приходится значительные финансовые затраты. Предложена технология замены атмосферы внутри цистерны на инертную до и после ремонта с применением мобильных установок разделения воздуха и использования групповой подготовки с непрерывным анализом состава атмосферы внутри цистерны. Новая экологически чистая, энергоэффективная технология отработана и проверена на реальном объекте. Экономия получена как за счет уменьшения простоя цистерн и устранения холостого пробега к стационарным пунктам дегазации, так и за счет снижения энергозатрат на каждую цистерну.

Ключевые слова: требования безопасности при проведении работ по дегазации, новые ресурсосберегающие технологии дегазации, преимущества новой технологии и технические параметры работы комплекса, теоретические расчеты скорости разбавления атмосферного воздуха азотом, проведение опытных работ по дегазации вагонов-цистерн.

Mobile system for the degassing of tank-wagons with LPG

V.N. Titov, A.V. Sokolov

Regular technical service of tank-wagons used for the transportation of LPG requires their preparation (degassing) before use. This preparation demands considerable financial expenses. We suggested a new technology of the substitution of the atmosphere inside the tank to inert one using the application of mobile setups of gas separation, the use of group preparation technology, and permanent analysis of the composition of the atmosphere inside the tank. This novel, ecologically pure and energy efficient technology is developed and proved using real tank-wagons. The saving of financial expenses is obtained due to minimization of tank-wagon detention, due to minimization of wagon idling run to stationary degassing stations, and because of decrease of tank degassing energy consumption.

Keywords: safety requirements for degassing process, the existing challenges facing a customer, new cost saving technologies for degassing process, the advantages of the new degassing technology and technical parameters of degassing complex operation, theoretical calculations for atmospheric air diffusion speed while nitrogen applied, the practical references for degassing gas rail cars tanks.

Сжиженные углеводородные газы (СУГ), являющиеся эффективным и экологически чистым видом топлива, легко ожигаются. В этом состоит их преимущество перед метаном, для транспортировки которого требуется развитая сеть трубопроводов. Благодаря этому свойству СУГ перевозятся, в основном, по железной дороге в специальных газовых вагонах-цистернах.

При обращении с СУГ необходимо выполнять все требования техники безопасности при работе с взрывоопасными грузами и правила технической эксплуатации. Вагоны-цистерны должны проходить текущий (профилактический) ремонт запорно-предохранительной арматуры, периодическое регламентное обслуживание, включающее плановые виды ремонта (деповской, капитальный ремонт) в условиях вагоноремонтных предприятий в системе ОАО «РЖД», а также процедуру технического освидетельствования.

Согласно требованиям действующих норм промышленной безопасности компании-собственники или арендаторы подвижного состава (специальных газовых вагонов-цистерн) должны обеспечить безопасный уровень содержания углеводородов (СН) за счет дегазации (нейтрализации) в котлах вагонов-цистерн перед проведением плановых ремонтов. Существующие дегазационные мощности предприятий были построены еще в начале 60-х гг. прошлого столетия и имеют высокую степень износа. Применяемая технология дегазации, использующая в качестве инертной среды тепловую энергию в виде перегретого пара, является затратной и экологически недружественной. Следует учесть, что большая часть вагонов имеет значительный срок эксплуатации и потребует проведения все увеличивающихся объемов плановых и аварийных ремонтов. Владельцами вагонов являются как крупные, так и небольшие компании. При этом у всех компаний возникают организационные и финансовые трудности,

обусловленные следующими причинами:

- отсутствием в Российской Федерации широкой сети станций по подготовке цистерн к наливу или плановым видам ремонта;

- большим разнообразием маршрутов отгрузок газа и разбросанностью депо по сети железных дорог, на которых проводятся плановые ремонты вагонов-цистерн для перевозки СУГ;

- удаленностью станций дегазации от пунктов проведения плановых ремонтов и станций подготовки вагонов к погрузке, что приводит к дополнительным порожним пробегам, увеличению затрат на тариф и уменьшению рабочего парка вагонов-цистерн;

- сложностью и громоздкостью существующих стационарных дегазационных комплексов, которые не позволяют производить дегазацию нескольких цистерн одновременно;

- высокой стоимостью оборудования и технологической операции по дегазации (пропарке) цистерн, приводящей к высоким накладным расходам в стоимости услуги;

- большими сроками проведения дегазации, что приводит к очередям и простоям вагонов;

- нерешенными вопросами ресурсосбережения и экологической безопасности на существующих дегазационных мощностях, регулярными сбросами остатков углеводородов и отсутствием аппаратуры для их утилизации.

Все это сдерживает расширение перечня потребителей (собственников газовых вагонов-цистерн) и развитие всей отрасли из-за перечисленных выше причин.

Попытки внедрения альтернативных технологий дегазации цистерн другими участниками рынка сжиженного газа проводятся как у нас в стране, так и в других государствах. Компания «ВИП Газ Тех» разработала и внедрила новую ресурсосберегающую технологию дегазации (нейтрализации) внутренней поверхности

котлов-вагонов методом вытеснения инертным газом с использованием унифицированных технологических (компрессорных) газовых модулей типа УТМГ-03, предназначенных для полного слива жидкой фазы продукта и отбора (утилизации) паровой фракции, и азотодобывающих установок мембранного типа, обеспечивающих подачу в котел инертной среды (газообразного азота) чистотой от 90 до 99,5 % и производительностью по азоту до 300 м³/ч. При этом остаточное давление продукта будет соответствовать атмосферному. Один модуль обрабатывает до пяти вагонов-цистерн в течение 5-5,5 ч.

К преимуществам новой технологии дегазации в сравнении с существующими относятся:

1. Высокая эффективность работ – возможность оперативного приближения комплекса к вагону-цистерне, низкие эксплуатационные расходы и высокая экономическая эффективность дегазации при сокращении ее продолжительности.

2. Высокая мобильность – блочно-контейнерное исполнение технологического комплекса позволяет доставить его на место дегазации автотранспортом, что значительно снижает транспортные расходы на подачу вагонов под дегазацию. Газоразделительные установки комплексов размещаются в непосредственной близости от вагоноремонтных депо и имеют возможность оперативной передислокации при смене станции ремонта, связанной с изменением маршрутов цистерн.

3. Разработанный единый логически законченный технологический процесс одновременно предусматривает полный слив и утилизацию остатков товарных продуктов (первый этап) и дегазацию (нейтрализацию) вагонов-цистерн перед плановыми ремонтами (второй этап).

4. Минимальный объем монтажных и пусконаладочных работ (принцип «plug & play»).

5. Значительное снижение потребляемых топливно-энергетических ресурсов.

6. Отсутствие необходимости создания мощной инфраструктуры и факельного хозяйства.

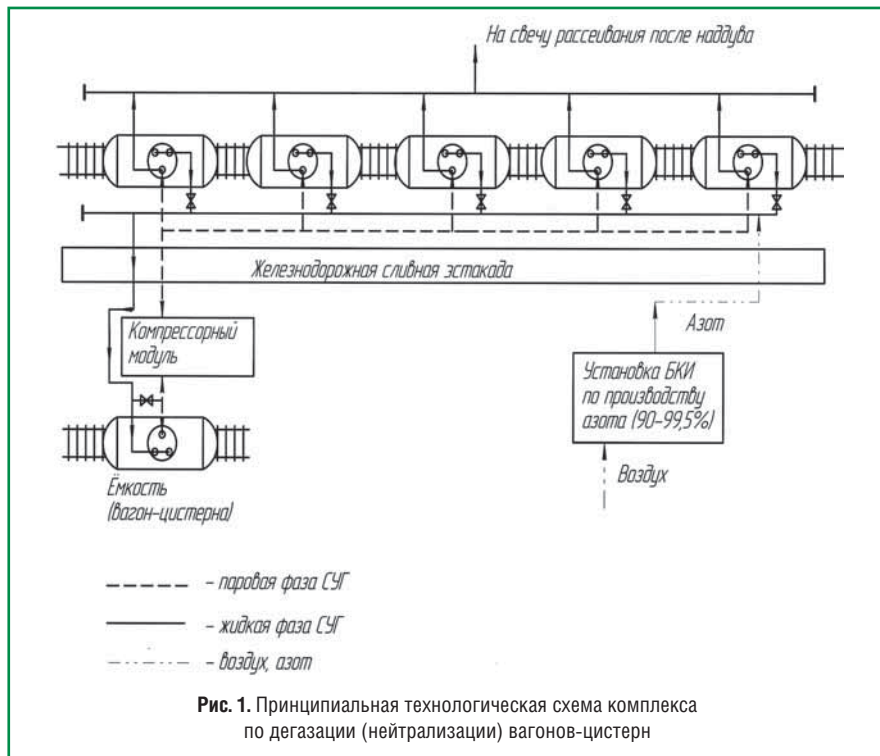
7. Эффективное решение задач в области экологии.

Техническая характеристика унифицированного технологического газового модуля типа УТМГ-03, предназначенного для проведения сливно-наливных операций и отбора остатков СУГ из вагонов-цистерн объемом котла 54, 73, 75 и 95,5 м³ при подготовке к наливу и ремонтам, приведена ниже.

Пробной дегазации вагонов-цистерн предшествовала теоретическая проработка процесса для получения практической возможности подготовки вагонов-цистерн к перевозке СУГ с использованием инертной среды – газообразного азота.

При этом учтены следующие исходные условия. Подготовка проводилась путем продувки цистерны газообразным азотом до объемной доли кислорода менее 1 %. Такое значение объемной доли кислорода

Конструктивное исполнение.....	Блочно-контейнерное
Климатическое исполнение.....	УХЛ по ГОСТ 15150-69
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха, °С.....	От -40 до 45
Установленная электрическая мощность, кВт.....	55
Дополнительные здания и сооружения, системы и установки.....	Не требуется
Давление, МПа	
дифференциальное в режиме откачки	1,7
остаточное в котле вагона-цистерны	
при подготовке к наливу	0,15-0,17
остаточное перед деповским и капремонтом	Атмосферное,
	на уровне безопасного
Производительность, м ³ /час.....	180; 360; 540
Исполнение электрооборудования	Взрывозащищенное,
	рабочая зона – В-1г.
Число обрабатываемых вагонов-цистерн в смену.....	До 10



Результаты расчетов объемной доли кислорода (%) в цистерне в зависимости от продолжительности и скорости подачи газа приведены в таблице.

В результате расчетов построена зависимость времени подготовки вагона-цистерны от скорости продувки азотом (рис. 2).

Для более точных расчетов необходимо математическое моделирование газодинамического процесса внутри цистерны с учетом геометрии и конкретного способа подачи газа.

Проведенная пробная дегазация (нейтрализация) вагонов-цистерн подтвердила правильность расчетов. Для замера объемной доли кислорода использовался газосигнализатор марки «Клевер-В» серии ИГС-98 на кислород № 91724 поверка 18.03.2010 (производство ФГУП «НПП «Дельта»).

Подача газа для измерения на приборы из дренажа велась через регулируемый дроссель (натекатель НГ-1) и эластичную трубку длиной 1 м. Скорость расхода 100-300 см³/мин. Модель вагона-цистерны – 15-1519-02, тип установки для разделения воздуха – АМВН. Работу проводило ООО «ВИП Газ Тех».

Проверка результатов дегазации осуществлялась международной верификационной компанией SGS

в цистерне должно сохраняться до момента наполнения ее сжиженным газом. Были рассчитаны скорости продувки азотом вагона-цистерны с внутренним объемом 75 м³ в зависимости от скорости подачи газа. Принималось, что происходит полное перемешивание. Продувка цистерны от атмосферного воздуха предполагает уменьшение объемной доли кислорода в соответствии с экспоненци-

альным законом разбавления до значения менее 1 %.

Формула расчета:

$$C = C_0 e^{-\tau v / V},$$

где C – текущая объемная доля кислорода, %; C_0 – исходная объемная доля кислорода (21 %); τ – продолжительность продувки вагона-цистерны, мин; v – скорость подачи азота в вагон-цистерну, м³/мин; V – объем вагона-цистерны (75 м³).

Время		Подача азота, м ³ /мин								
минуты	часы	0,1	0,25	0,50	1,0	1,5	2,0	2,5	5,0	10,0
0	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21
60	1	19,38	17,19	14,08	9,44	6,33	4,23	2,84	0,38	0,007
120	2	17,89	14,08	9,43	4,23	1,905	0,85	0,38	0,007	
240	4	15,25	9,44	4,24	0,85	0,28	0,035	0,007		
480	6	11,07	4,24	0,856	0,035	0,0014	0,00006			
600	10	9,43	2,84	0,385	0,0014					
960	16	5,84	0,856	0,035						
1440	24	3,08	0,172	0,0014		3				
1920	32	1,623	0,035							
2400	40	0,856	0,0071							

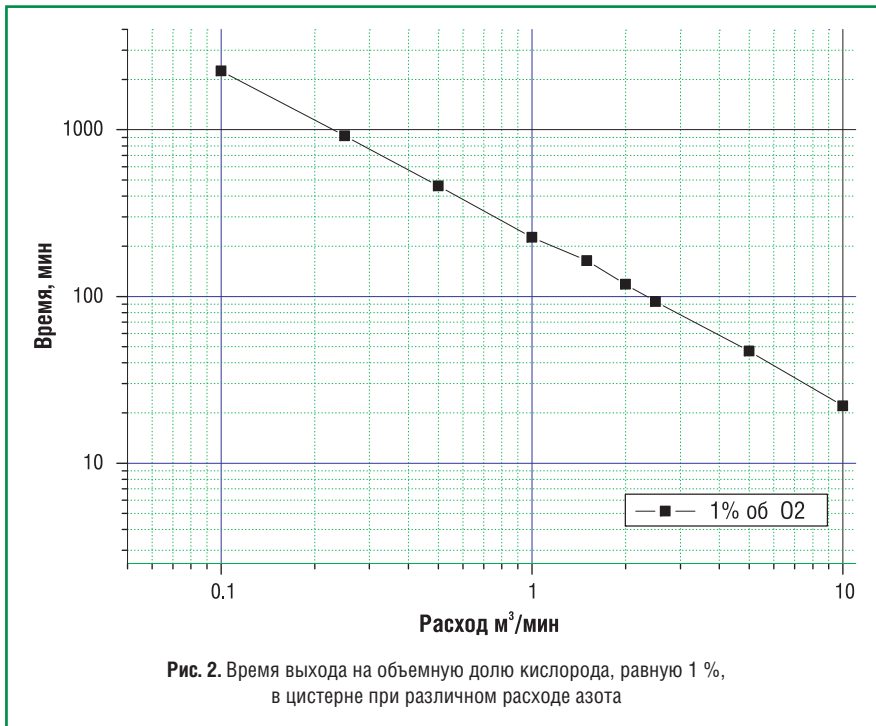


Рис. 2. Время выхода на объемную долю кислорода, равную 1 %, в цистерне при различном расходе азота

Тех» (Москва) и включает новую ресурсосберегающую технологию проведения сливно-наливных операций со сжиженными углеводородными газами, дегазации (нейтрализации) вагонов-цистерн с использованием мобильных технологических комплексов блочно-контейнерного исполнения, работающих при температурах окружающей воздуха от -40 до 45 °С.

По этой технологии изготовлены опытные образцы мобильного технологического комплекса. Были также проведены эксплуатационные испытания и пробная дегазация вагонов-цистерн на одном из вагоноремонтных предприятиях России. Проведенная пробная дегазация полностью подтвердила эффективность использования технологии и оборудования компании ООО «ВИП Газ Тех».

Работа выполнена при поддержке Государственного контракта № 01.426.11.0022.

(Украина, г. Одесса). Результаты проведенной дегазации показали полное соответствие требованиям Заказчика (компания «ТенгизШевронОйл», Республика Казахстан).

Указанная технология дегазации (нейтрализации) вагонов-цистерн была разработана и сертифицирована в органах государственного надзора в 2009 г. компанией ООО «ВИП Газ



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 подписочных 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).

Эффективность применения газового конденсата в дизельных двигателях

В.И. Ерохов,
профессор МГТУ «МАМИ», д.т.н.,
А.М. Ревонченков,
старший преподаватель МГТУ «МАМИ», аспирант

Изложены некоторые результаты испытаний дизеля при работе на газовом конденсате. Предложены рекомендации по эффективному применению этого вида топлива. Приведены расчетные данные по содержанию вредных веществ (ВВ) в отработавших газах.

Ключевые слова: газовый конденсат (ГК), дизельное топливо, выбросы вредных веществ, токсичность отработавших газов (ОГ), городской цикл.

Efficacy application of gas condensate in diesel engines

V.I. Erokhov, A.M. Revonchenkov

Some results of testing of the engine on gas condensate. The recommendations for the effective application of this type of fuel. The calculated data on the content of harmful substances in exhaust gases.

Keywords: gas condensate, diesel fuel, emissions of harmful substances, toxicity of the fulfilled gases, city cycle.

Замещение жидкого нефтяного топлива газовым конденсатом обеспечивает получение экологического и экономического эффекта, снижение выброса вредных веществ в окружающую среду, а также повышение технического уровня наземных транспортных средств путем оснащения их современными энергетическими установками.

Применение ГК представляет собой реальный резерв замещения традиционных дизельных топлив. Топливная аппаратура при использовании ГК не требует сложных затратных технологий. Наиболее простой способ применения – добавка 20-30 % ГК – может быть реализован путем

механического смешивания двух видов топлива.

В Оренбургском государственном университете (ОГУ) и Ташкентском автомобильно-дорожном институте (ТАДИ) выполнен комплекс сравнительных испытаний рабочего процесса дизеля на дизельном топливе (ДТ) и газовом конденсате. Полученные результаты подтвердили высокую эффективность применения ГК в качестве моторного топлива. Для обработки результатов испытаний использовали компьютерную программу «МВК-2009», которая позволяет оценить потери (тепловые и механические) в двигателе внутреннего сгорания (ДВС) и элементах

трансмиссии, рассчитать расход топлива и выбросы ВВ при движении автомобиля в городских условиях или при заданной скорости. Для расчета выбросов в программе могут использоваться обобщенные полиномы, характеризующие выбросы отдельных компонентов в зависимости от частоты вращения коленчатого вала (КВ) двигателя и нагрузки, либо многопараметровые характеристики.

Для оценки экологической безопасности двигателя на ГК предложен следующий критерий:

$$K = \frac{\sum_i^n T_{ГК}}{\sum_i^n T_{ДТ}} \leq 1,0,$$

где $T_{ГК}$ – суммарная приведенная токсичность дизеля при работе на ГК; $T_{ДТ}$ – суммарная приведенная токсичность базового дизеля.

Коэффициент экологической безопасности применения ГК, изменяющийся в диапазоне 0,75-1, представляет собой объем воздуха (m^3), необходимый для разбавления ОГ до безвредного состояния.

Анализ особенности рабочего процесса при работе на ГК

Определяющим параметром рационального применения ГК является более низкое цетановое число (ЦЧ) в сравнении с ДТ. При работе дизеля на низкоцетановых топливах и сравнительно больших нагрузках задержки воспламенения приводят к более жесткой работе двигателя. На малых нагрузках процесс сгорания улучшается, но несколько снижается экономичность. На скоростных режимах снижение ЦЧ также увеличивает период задержки воспламенения. Чем выше частота вращения КВ, тем больше влияние ЦЧ на период задержки воспламенения.

Для всех видов топлива в ДВС характерны области кинетического и диффузионного сгорания. В первой области сгорают, в основном, топливо, поступающее за период

задержки воспламенения, и часть топлива, поступающая после воспламенения. Но для ГК горение в первой области близко к кинетическому, если скорости смешивания топлива с окислителем и скорости реакции одинаковы.

Максимальное давление при сгорании и скорость его нарастания при работе на ГК несколько ниже, чем при работе на ДТ. Это объясняется пониженной цикловой подачей ГК и смещением процесса сгорания на такт расширения. Удельный расход топлива g_e при этом уменьшается незначительно из-за большей полноты и меньшей продолжительности сгорания. Использование ГК позволяет снизить дымность ОГ на 5-6 %.

Перерегулировка топливной аппаратуры обеспечивает постоянство массового часового расхода топлива при работе на ГК и ДТ. Это приводит к равенству мощности и крутящего момента во всем диапазоне частоты вращения КВ, что обусловлено несколько большей теплотворной способностью ГК и его более полным сгоранием. Удельный расход при работе на ГК несколько возрастает. Дымность дизеля снижается на 10 %.

Коэффициент эффективности сгорания $\xi = 0,85$, практически не изменяясь, имеет тенденцию к росту. Условная продолжительность процесса сгорания φ зависит от положения коленчатого вала двигателя (ПКВ) в кинетической области и снижается от 90 до 70° ПКВ. При снижении ЦЧ увеличивается доля топлива, сгорающего в кинетической области.

Показатель характера сгорания m_k в кинетической области при снижении ЦЧ от 45 до 38 увеличивается с 0,1 до 0,20. С ростом ЦЧ в этой области происходит некоторое увеличение условной продолжительности сгорания φ с 68 до 75° ПКВ.

Диффузионная область характеризуется относительно невысокими скоростями горения продуктов реакции неполного окисления и свободного углерода. Сгорание в диффузионной области лимитируется скоростью смешивания окислителя и горючего вещества. В диффузионной области показатель характера сгорания m_d практически не изменяется, даже имеет тенденцию к росту.

Оптимальный угол опережения воспламенения θ при уменьшении ЦЧ снижается с 3,5 до 1,5° ПКВ. Доля выгоревшего топлива в кинетической области увеличивается на 20 %. Максимальная скорость сгорания в этой области увеличивается на 10 %, а в диффузионной области практически не увеличивается. Угол φ начала диффузионной зоны сгорания практически не изменяется.

При исследовании пуска на ГК установлено, что при ЦЧ < 35 увеличивается продолжительность пуска, для ЦЧ < 30 происходит также интенсивное снижение максимальных давлений газов.

При ЦЧ ≈ 17 пуск двигателя становится невозможным без дополнительным мер, так как ГК по составу близок к базовым моторным топливам.

Переход на ГК сопровождается увеличением жесткости процесса сгорания, повышением выбросов на 40-60 %, уменьшением содержания СО на 40-50 %, а сажи на 40-60 %. Топливная экономичность дизеля при работе на ГК осталась на прежнем уровне.

Основным фактором, определяющим объем топлива, сгоревшего в кинетической области, является задержка воспламенения. В этой области вследствие неоднородности смеси по температуре и концентрации часть топлива, поступающего в цилиндр после воспламенения, превращается в продукты распада и неполного окисления, процесс горения сопровождается образованием трудно сгораемого свободного углерода. Возникает эффект самоторможения сгорания, который положительно влияет на формирование показателей динамики процесса и предотвращает детонационное сгорание.

Вторая область характеризуется относительно невысокими скоростями горения продуктов реакции неполного окисления и свободного углерода. По своему характеру горение в этой области близко к диффузионному, при котором процесс сгорания лимитируется скоростью смешивания окислителя и горючего вещества. Основным средством интенсификации горения в диффузионной области является образование вихрей, способствующих более качественному перемешиванию заряда в цилиндре двигателя.

Содержание ВВ в ОГ дизелей при работе на ГК

Топлива	Показатели дизеля, г/(кВт · ч)					
	e_{CO}	e_{CH}	e_{NO}	$\eta_e, \%$	g_e	ТЧ
ДТ	1,35	0,45	3,1	37,5	220	0,07
ДТ + 50 % ГК	1,28	0,32	3,29	35,3	241,6	0,076
ГК	1,12	0,22	3,42	34,48	250	0,073
Требования норм «Евро-3»	1,5	0,5	3,5	—	—	0,08

Эффективность применения ГК

Для обеспечения одинаковой с дизельным топливом массовой цикловой подачи ГК необходимо увеличить ход рейки топливного насоса. В силу меньшей плотности ГК продолжительность его впрыска меньше, чем ДТ.

При работе на смесях ГК + ДТ показатели топливоподачи занимают промежуточное положение между показателями, соответствующими дизельному и газоконденсатному топливу.

Применение ГК для высокоскоростных дизелей усложняется, так как они имеют большие скорости нарастания давления в фазе быстрого сгорания $dp/d\varphi = (0,6 \div 1,2)$ МПа/° ПКВ и высокие давления сгорания $p_z = 8 \div 12$ МПа при работе на ДТ в сравнении с ГК.

Дизели с непосредственным впрыскиванием более чувствительны к сорту топлива. Повышенная частота вращения КВ сокращает время рабочего цикла, что влечет за собой уменьшение времени впрыскивания. Чтобы обеспечить определенную цикловую подачу топлива в цилиндр для получения положительной работы, необходимо увеличить объемную скорость подачи топлива (за счет увеличения диаметра плунжера или его хода), что приводит к росту динамического фактора.

При работе дизеля на низкоцетановых топливах и сравнительно больших нагрузках рост периода задержки воспламенения вызывает более жесткую работу, а на малых нагрузках показатели динамики процесса сгорания улучшаются при снижении экономичности. На всех скоростных режимах снижение ЦЧ приводит к увеличению периода задержки воспламенения. Чем выше частота вращения КВ, тем больше влияние ЦЧ на период задержки воспламенения.

Результаты испытаний двигателей при работе на ГК

Испытания проводились на режимах внешней скоростной характеристики и 13-ступенчатого испытательного цикла Правил 49 ЕЭК ООН («Евро-3») с установочным углом опережения впрыска топлива $\theta = 13^\circ$ ПКВ до верхней мертвой точки. Дымность ОГ измерялась с помощью ручного дымомера МК-3 фирмы Hartbridge (Великобритания). Концентрация NO_x , СО и СН в ОГ определялась газоанализатором SAE-7532 японской фирмы YANACO с погрешностью измерения указанных компонентов $\pm 1,0$ %.

Характеристики на содержание ВВ в ОГ, нормируемых по СО, СН и NO_x , рассчитаны в интегральных удельных массовых выбросах на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла [5]. Результаты расчетов приведены в таблице.

При исследовании дизеля при работе на ГК отмечено снижение дымности ОГ. На режимах полной нагрузки дымность ОГ снижается на 2 ед. по шкале Bosch во всем диапазоне скоростных режимов работы дизеля, а на частичных нагрузках – на 0,5-1,0 ед. в сравнении с работой на ДТ. Снижается при этом содержание альдегидов и ароматических углеводородов (АУ).

Использование ГК в качестве топлива в дизеле снижает выбросы АУ в ОГ в 2-3 раза. В двигателе при работе на ГК заметно снижение твердых частиц на 30-50 %, альдегидов на 60 %, ароматических углеводородов на 40 %, а также снижение концентраций СО в ОГ.

Разработанная конструкция электронно-управляемого цифрового устройства обеспечивает высокую точность дозирования ГК.

Новый метод организации рабочего процесса ДВС увеличивает термический КПД на 5,0 % и снижает удельный расхода топлива на 7,5 %.

Применение ГК позволяет дизельным автомобилям соответствовать стандарту «Евро-4» по основным нормирующим компонентам. При этом содержание окислов азота в два раза ниже в сравнении с обычным дизельным двигателем.

Эффективность технологии применения ГК повышается путем микропроцессорной системы управления ГК. Замещение ДТ газовым конденсатом обеспечивает получение заметного экологического и экономического эффекта. Низкое содержание углерода в ГК способствует снижению дымности при переходе на ГК на 25-30 %, уменьшению выбросов СО.

Литература

1. **Марков В.А., Гайворонский А.И., Грехов Л.В., Иващенко Н.А.** Работа дизелей на нетрадиционных топливах. – М.: Изд-во Легион-Автодата, 2008. – 464 с.
2. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 480 с.
3. **Ерохов В.И., Карунин А.Л.** Газодизельные автомобили. Учебное пособие. – М.: Изд-во Граф-Пресс, 2005. – 560 с.
4. **Семенов В.Г.** Оптимизация состава бинарного альтернативного дизельного топлива // Химия и технология топлив и масел. – 2003. – № 4. – С. 29-32.
5. **Марков В.А., Девянин С.Н., Мальчук В.И.** Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 360 с.
6. **Московкин В.Н., Вохминов Д.Е., Кошелев Н.В.** О преимуществах расчетных исследований перед экспериментальными для сравнительного сопоставления свойств автомобиля // Автомобили и двигатели: Сб. науч. тр. НАМИ. – М.: Изд-во НАМИ, 2001. – С. 225-230.

Поздравляем с юбилеем!

1 января наступившего года исполнилось 60 лет большому другу редакции журнала «Транспорт на альтернативном топливе», члену редколлегии профессору Юрию Владимировичу Панову.

Вот лишь отдельные вехи его биографии. После окончания школы в Москве Ю.Панов сразу поступил в Московский автомобильно-дорожный институт (МАДИ). Этот выбор определил всю его дальнейшую жизнь, накрепко связав с проблемами автомобильного транспорта нашей страны. В 1973 г. после окончания МАДИ молодой специалист Юрий Панов был призван в ряды Советской Армии, где служил заместителем командира роты. После демобилизации с 1975 г. он работает в МАДИ в качестве инженера научно-исследовательского сектора, окончил очную аспирантуру МАДИ, и с 1982 г. Юрий Владимирович был переведен на преподавательскую работу. Прошел все ступени от ассистента до профессора кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса (ЭА-ТиС). Параллельно с 1975 г. по настоящее время занимается научно-исследовательской работой по эксплуатации автомобильного транспорта.



В 1983 г. Юрий Владимирович защитил кандидатскую диссертацию, посвященную повышению надежности топливной аппаратуры дизельных двигателей, в 1990 г. ему было присвоено ученое звание доцента, а в 2005 г. – профессора.

На сегодняшний день стаж научно-педагогической работы в вузе Ю.Панова составляет более 30 лет, в том числе педагогический – 27 лет; общий трудовой стаж по специальности – 37 лет.

Юрий Владимирович является профессором кафедры в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ). Он считается высококвалифицированным преподавателем и специалистом в области эксплуатационных материалов, эксплуатации систем питания автомобилей и применения альтернативных топлив на автомобильном транспорте, имеет большой научно-практический опыт работы. Он был научным руководителем более 30 научно-исследовательских работ.

Рабочий день у профессора Панова очень напряженный. Юрий Владимирович читает лекции по пяти дисциплинам, выполняет все виды учебной работы на высоком научно-педагогическом уровне. Проводит большую учебно-методическую работу по совершенствованию учебного процесса подготовки инженерных кадров. Несколько лет он организует и руководит учебно-технологической практикой студентов в Польше.

Под руководством Ю.В. Панова защищены четыре кандидатские диссертации, в настоящее время руководит подготовкой нескольких аспирантов.

Ю.В. Панов – известный специалист в области технической эксплуатации автотранспортных средств, работающих на альтернативных видах топлива. Этим вопросом занимается с 1984 г. Принимал участие в выполнении многочисленных научно-исследовательских работ по заказу Минавтотранса РФ, ГУП «Мосгортранс», ОАО «Автогаз» и других организаций. Он – автор более 90 научных и учебно-методических трудов, в том числе учебных пособий: «Особенности технической эксплуатации газобаллонных автомобилей», «Особенности технической эксплуатации газодизельных автомобилей», «Устройство, установка и эксплуатация газобаллонного оборудования автомобилей», соавтор учебника «Техническая эксплуатация автомобилей», вышедшего под редакцией профессора Е.С. Кузнецова. Им разработаны несколько учебных программ по дисциплинам, читаемым на кафедре ЭАТ и автосервиса. Помимо подготовки студентов, Ю.В. Панов читает лекции в институте повышения квалификации и переподготовки кадров транспортно-дорожного комплекса МАДИ для специалистов отрасли.

Деятельность профессора не ограничивается стенами родного института. Он включен в состав секции «Распределение и использование газа» научно-технического совета ОАО «Газпром». Он постоянный участник заседаний НТС ГУП «Мосгортранс». Ю.В. Панов – активный участник многих научно-практических конференций, проводимых МАДИ, НИИАТ, НАМИ, ОАО «Газпром», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», ВСНТО и другими организациями.

За многочисленные заслуги по подготовке специалистов Юрий Владимирович награжден Почетной грамотой Минвуза РФ, званием Почетный работник высшего профессионального образования РФ.

Несмотря на солидный опыт работы, ученую степень кандидата технических наук и разносторонние профессиональные знания, Юрий Владимирович продолжает... учиться. Не стоять на месте, не почивать на лаврах, постоянно стремиться расширить свои профессиональные знания (и не только профессиональные), узнать о достижениях коллег – вот, пожалуй, отличительные качества настоящего профессионала и просто отличного человека, каким является Юрий Панов.

Мы от всей души поздравляем Юрия Владимировича с 60-летием. Желаем ему крепкого здоровья, новых творческих достижений, мира и благополучия его семье и близким. И надеемся, что наше сотрудничество на ниве распространения природного газа на транспорте будет только расширяться и крепнуть.

*Национальная газомоторная ассоциация
Редакция журнала «Транспорт
на альтернативном топливе»*

Влияние конструктивных факторов на образование вредных веществ в газовом двигателе КАМАЗ

Д.Х. Валеев,

главный конструктор ОАО «КАМАЗ», к.т.н.,

Н.А. Гатауллин,

главный конструктор по двигателям ОАО «КАМАЗ», к.т.н.,

А.Г. Малюга,

зам. главного конструктора ОАО «КАМАЗ»,

В.В. Фурзиков,

начальник КИБ газовых двигателей НТЦ ОАО «КАМАЗ»

Представлены результаты исследований влияния конструктивных факторов камеры сгорания газового двигателя на его экологические характеристики. По результатам исследований сделаны выводы об оптимальных конструктивных параметрах камеры сгорания для газового двигателя КАМАЗ.

Ключевые слова: газовый двигатель, камера сгорания, момент вихря, угол опережения зажигания.

Influence of structural factors on the formation of harmful substances in a gas engine KAMAZ

D.H. Valeev, N.A. Gataullin, A.G. Maljuga, V.V. Furzikov

Results of researches of influence of efficiency factors of the chamber of combustion of the gas engine on its ecological characteristics. By results of researches conclusions about optimum parameters design data of the chamber of combustion for gas engine KAMAZ are made. 5 figures, 3 sources of the literature.

Keywords: the gas engine, the chamber of combustion, the moment of a whirlwind, a corner of an advancing of ignition.

Топливо-энергетическая и экологическая ситуация в мире приводит к необходимости перевода двигателей внутреннего сгорания на альтернативные виды топлива. Важной особенностью этого процесса является возможность достижения требуемых эксплуатационно-технических показателей без изменения конструкции двигателя или при ее незначительных изменениях.

Двигатели, разработанные на базе дизельного двигателя КАМАЗ модели

740.50-360 (турбонаддувный, с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха), в конструкцию которого введен ряд изменений, имеют следующие особенности:

- поршни с цилиндрической камерой сгорания со степенью сжатия 12,0;

- головки цилиндров, доработанные под установку свечей зажигания, газовых электромагнитных дозаторов;

- газовый фильтр с системой подвода газа к газовым дозаторам;

- бесконтактная система зажигания;

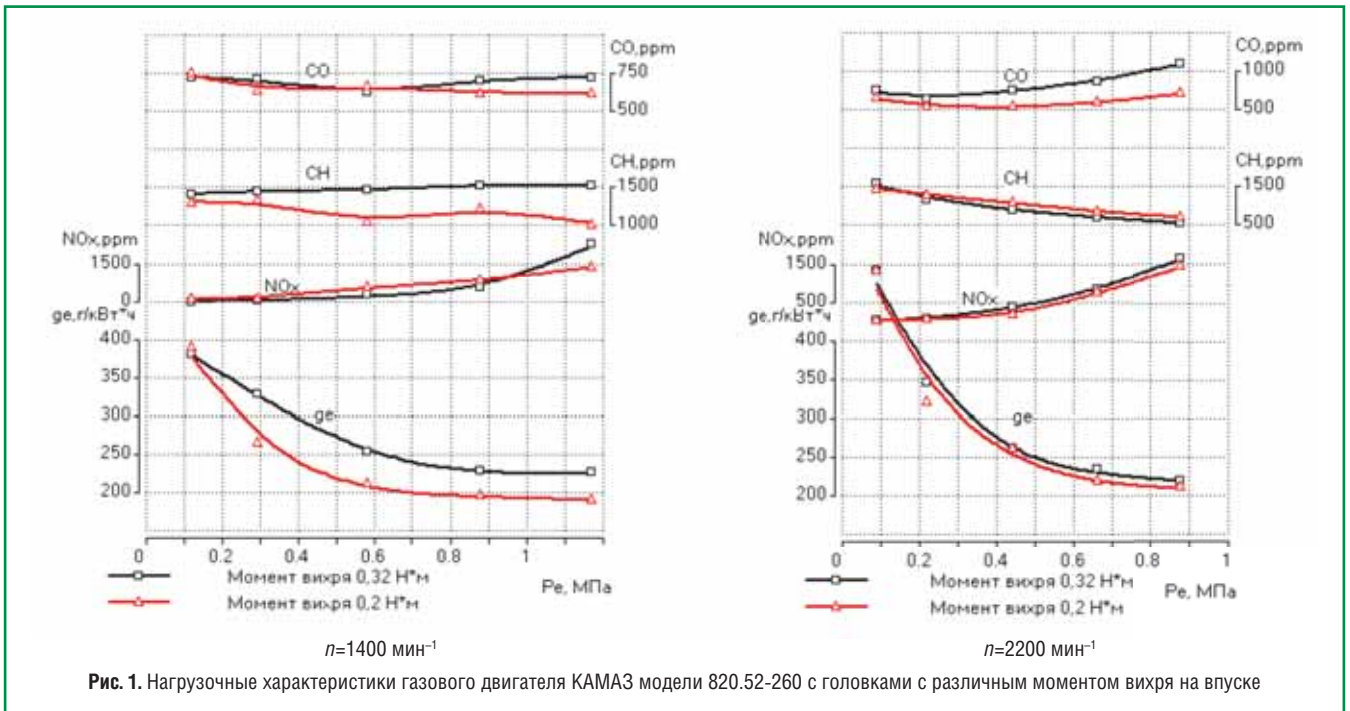
- дроссельная заслонка с электроприводом и датчиком ее положения.

Поршень с цилиндрической камерой сгорания и головка цилиндра с вихревым впускным каналом – это конструктивные факторы, непосредственно влияющие на рабочий процесс. Вихревое движение воздуха в камере сгорания необходимо для организации распыливания струи топлива в дизельном двигателе, на базе которого создан газовый. Влияние вихря в камере сгорания на рабочий процесс газового двигателя показано на рис. 1.

Анализ результатов испытаний показал, что при использовании головок цилиндров с увеличенной интенсивностью вихря выбросы NO_x возрастают на всех режимах высокой нагрузки и при увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя. При этом ухудшается экономичность двигателя, а температура отработавших газов (ОГ) возрастает. То есть увеличение интенсивности вихревого движения рабочего тела в цилиндре двигателя ведет к более быстрому сгоранию топлива в камере сгорания.

В дальнейшем все представленные испытания проводились на двигателях, укомплектованных головками цилиндров с впускными каналами с моментом вихря 0,2 Н·м, так как вариант двигателя, укомплектованного данными головками, показал приемлемые результаты по экономическим и экологическим параметрам.

Камеры сгорания поршневых двигателей по существу представляют собой химический реактор, выполненный нерационально с точки зрения обеспечения высокой полноты сгорания и однородного состава образующихся продуктов сгорания. Процесс сгорания развивается в нестационарных условиях в течение коротких промежутков времени в небольших замкнутых объемах, окруженных относительно холодными стенками. Следовательно, возникает



необходимость исследования влияния формы и расположения камеры сгорания на экологические и экономические показатели двигателя (рис. 2).

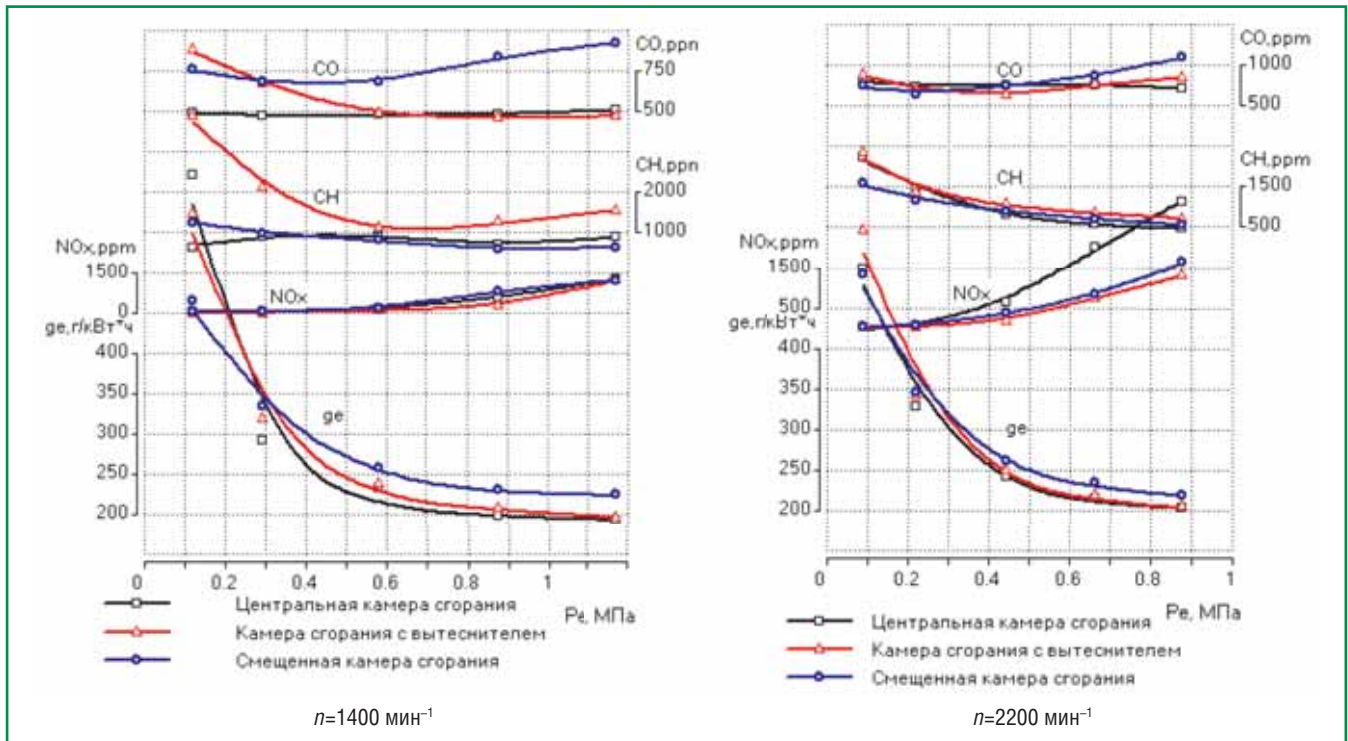
В отличие от базового варианта камеры сгорания – центральной цилиндрической – варианты смещенной камеры и с центральным вытеснителем предполагают увеличение уровня турбулизации. В случае смещенной камеры турбулизация

должна увеличиваться в районе кромок камеры сгорания, а при наличии вытеснителя – во всем объеме камеры сгорания (рис. 3). Так как для каждого типа камер сгорания меняются условия протекания рабочего процесса, то при испытаниях параметром, который изменялся для получения оптимального результата по экологическим и экономическим характеристикам, являлся угол опережения зажигания (УОЗ).

Представленные характеристики, получены при оптимальных УОЗ. Смещение камеры значительно снижает уровень выбросов CO. Это объясняется образованием локальных зон турбулентности у кромок камеры сгорания. Испытания двигателя, укомплектованного поршнями с камерой сгорания и вытеснителем, показали, что применение такой камеры ведет к увеличению уровня выбросов CH на всех режимах.

Кроме того, смещение камеры относительно свечи зажигания способствует смещению образования очага воспламенения, что приводит к изменению скорости протекания процесса горения. Как уже отмечалось, газовый двигатель КАМАЗ был разработан на базе дизельного двигателя, при этом предполагалась максимальная унификация деталей двигателя, в том числе и головки цилиндра. В газовых и дизельных двигателях КАМАЗ применяются головки цилиндров, выполненные на базе одной отливки, с доработкой в дальнейшем отверстия под свечу зажигания. Свеча зажигания в газовом двигателе смещена относительно центра цилиндра на 10 мм. Поэтому смещение камеры сгорания на 5 мм в сторону свечи зажигания приведет к смещению очага





воспламенения ближе к центру камеры сгорания, в которой относительно низкие скорости и уровень турбулентности рабочего тела. В этом случае процесс сгорания более медленный, чем в центральной камере сгорания [1]. Действительно, оптимальный угол опережения зажигания на всех режимах работы для центральной камеры

сгорания составляет 12° , а для смещенной камеры – 15° .

Турбулизация рабочего тела по всему объему камеры сгорания ведет к значительному росту температуры отработавших газов и содержания NO_x.

При этом обеспечивается более полное сгорания топлива.

Следующим этапом испытаний была оценка влияния диаметра камеры сгорания на рабочий процесс. Во многих исследованиях [1, 2] говорится о влиянии на рабочий процесс газового двигателя так называемого squish-отношения (Sq), которое является основным фактором, определяющим уровень турбулентности смеси

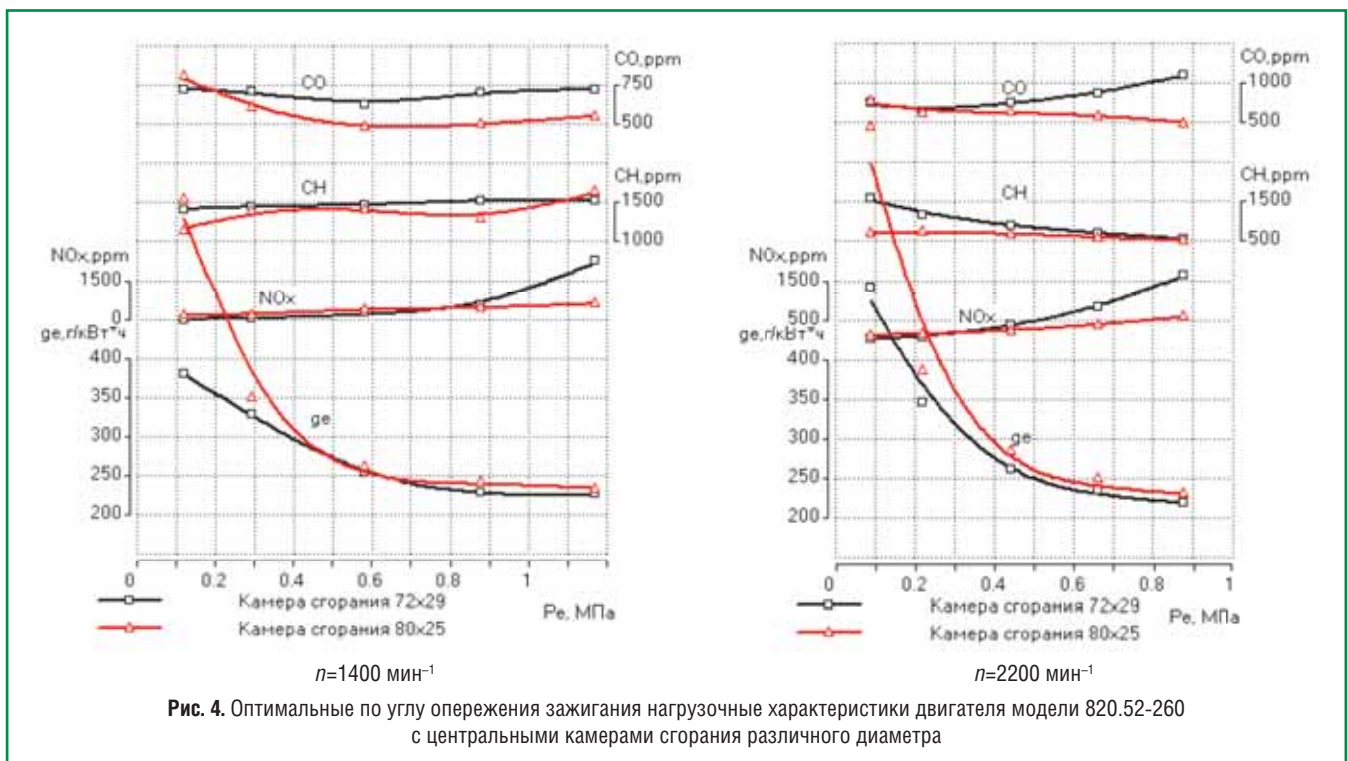


Рис. 4. Оптимальные по углу опережения зажигания нагрузочные характеристики двигателя модели 820.52-260 с центральными камерами сгорания различного диаметра

при приближении поршня к верхней мертвой точке и последующем его движении.

$$Sq = \frac{F_{пл\ ч\ дн}}{F_{цил}}$$

где, $F_{пл\ ч\ дн}$ – площадь плоской части днища, мм²; $F_{цил}$ – площадь днища камеры сгорания, мм².

Чем выше это отношение, тем больший объем газа должен быть вытеснен из надпоршневой области камеры сгорания при сжатии, то есть тем выше скорости перетекания, и смесь будет более турбулизирована. Поэтому для камер с высоким Sq следует ожидать высоких скоростей распространения фронта пламени и скорости тепловыделения.

Так, для исследуемых камер сгорания диаметрами 72 и 80 мм $Sq=0,36$ и $Sq=0,44$ соответственно (рис 4). Для камеры сгорания диаметром 72 мм оптимальные углы при $n=1400\text{ мин}^{-1}$ – 12° и при $n=2200\text{ мин}^{-1}$ – 15°, для камеры сгорания диаметром 80 мм соответственно 15° и 18°.

Из анализа результатов можно сделать следующие выводы.

■ Увеличение диаметра камеры сгорания ведет к снижению выбросов NO_x при росте нагрузки и частоты



820.60-260

820.61-260

Рис. 5. Газовые двигатели КАМАЗ автомобильной (820.60-260) и автобусной (820.61-260) комплектации

вращения коленчатого вала. Удаленность периферийной части камеры сгорания влияет на значения оптимальных углов опережения зажигания. Так как процесс сгорания растянут по времени, то и значения углов возрастают.

■ У камеры сгорания диаметром 80 мм площадь вытеснителя значительно меньше и, как следствие, снижен уровень выбросов CO и СН. Площадь вытеснителя влияет на уровень турбулентности на такте расширения. С уменьшением площади вытеснителя снижается турбулентность, и соответственно затягивается по времени последняя стадия горения.

■ Наилучшей экономичностью обладает двигатель, укомплектованный поршнями с камерой сгорания диаметром 72 мм. Но так как в настоящее время приоритетным требованием к двигателям является их экономичность, то рекомендуется газовые двигатели КАМАЗ укомплектовывать поршнями с камерой сгорания диаметром 80 мм.

Однако в цилиндрической камере сгорания при вихревом движении заряда основное горение происходит в центральной его части, и в результате рабочего процесса образуется такое количество выбросов продуктов неполного сгорания (СН и CO), уровень которых уже не соответствует

Технические характеристики газовых двигателей КАМАЗ уровня Евро-4

Параметры	820.60-260	820.61-260	820.72-240	820.73-300
Число и расположение цилиндров	V8			
Диаметр цилиндра × ход поршня, мм	120 × 130			
Рабочий объем, л	11,76			
Степень сжатия	12,0			
Система наддува	ТКР + ОНВ			
Вид топлива	Компримированный природный газ по ГОСТ 27577			
Номинальная мощность, кВт	191	191	176	221
при частоте вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	2200	2200	1900	1900
Максимальный крутящий момент, Н•м	1078	931	1078	1372
при частоте вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	1300...1500	1300...1500	1200...1400	1200...1400
Минимальный удельный расход топлива, г/кВт•ч	209		207	
Расход масла на угар, % от расхода топлива	0,2			
Выбросы ВВ по результатам сертификационных испытаний (нормы Правил № 49-04В1), г/кВт•ч				
CO (4,0)	0,02		0,02	
NMHC (0,55)	0,26		0,5	
CH ₄ (1,1)	0,77		0,95	
NO _x (3,5)	2,38		2,97	
Нейтрализатор	НАМИ 2118.1206010-04		НТЦ МСП 368.1206010-50	

ужесточенным экологическим требованиям Евро-4 к двигателю. Для борьбы с указанными выбросами на газовых двигателях КАМАЗ уровня Евро-4 применяется каталитический нейтрализатор окислительного типа.

Исследования камер сгорания проводились на газовом двигателе 820.52-260 уровня Евро-2. С 2004 г. на базе данного двигателя проводились работы по созданию газовых двигателей следующего уровня по экологическому классу, в результате которых были разработаны двигатели КАМАЗ 820.60-260 и 820.61-260 (таблица). Основными отличиями данных двигателей является применение индивидуальных катушек зажигания на каждом цилиндре и нейтрализатора отработавших газов.

В 2007 г. двигатели КАМАЗ 820.60-260 и 820.61-260 (рис. 5) прошли приемочные и сертификационные испытания, по результатам которых получены сертификаты на соответствие двигателей экологическому классу Евро-4.

В связи с переходом автомобильной техники КАМАЗ на двигатели с номинальной частотой вращения коленчатого вала 1900 мин⁻¹ с 2007 г. ведутся ОКР по созданию газовых

двигателей уровня Евро-4 мощностью 176-221 кВт, в результате которых были проведены:

- приемочные испытания;
- сертификационные испытания;
- перевод конструкторской документации на подготовку производства.

ОАО «КАМАЗ» совместно с разработчиками систем обработки ОГ адаптировал глушители-нейтрализаторы для газовых двигателей КАМАЗ, позволяющие обеспечить экологические нормы выбросов. Характеристики двигателей КАМАЗ моделей 820.72-240, 820.73-300 и нейтрализаторы, применяемые с газовыми двигателями, в соответствии с выполняемыми экологическими нормами представлены в таблице.

В настоящее время ведутся исследовательские работы по созданию двигателей уровня Евро-5. Основным отличием данных двигателей будет применение ЭСУД с обратной связью по сигналу датчика, установленного в ОГ.

Таким образом, были проведены исследования влияния конструктивных факторов на образование вредных веществ (ВВ) в отработавших газах газовых двигателей КАМАЗ.

Образование веществ в процессе горения топлива в цилиндре двигателя обуславливается неоднородностью температурного и концентрационного полей как в объеме камеры сгорания, так и во времени. Указанная неоднородность зависит от газодинамических характеристик топливовоздушной смеси, процессов тепловыделения и теплоотдачи, а также массообмена в этом объеме.

Изменение геометрических размеров, а также формы камеры сгорания ведут к изменению процессов образования и разложения веществ в ходе рабочего процесса и соответственно к изменению состава отработавших газов.

Литература

1. **Воинов А.И.** Процессы сгорания в быстроходных поршневых двигателях. М.: Машиностроение. – 1977.
2. **Гайворонский А.И., Марков В.А., Илатовский Ю.В.** Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007. – 480 с.
3. **Кульчицкий А.Р.** Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие / Владимирский госуниверситет, 2000. – 256 с.



Уважаемые читатели!



Национальная газомоторная ассоциация выпустила в свет специальный выпуск Международного научно-технического журнала «Транспорт на альтернативном топливе», в котором полностью опубликован **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-Тихоокеанс-

кий 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**

Влияние вида газообразного топлива на экологические показатели дизеля, конвертированного в двухтопливный двигатель

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

Исследованы влияния подогрева заряда при впуске и вида газообразного топлива на задержку воспламенения и экологические показатели дизеля, конвертированного в двухтопливный двигатель. В качестве основного топлива использовались природный газ (~ 98 % CH₄), а также синтез-газ 1 (60 % H₂ + 20 % CH₄ + 20 % N₂) и синтез-газ 2 (30 % CH₄ + 70 % N₂). Проведен сравнительный анализ концентраций оксидов азота, оксида углерода и несгоревших углеводородов в продуктах сгорания двухтопливного двигателя.

Ключевые слова: конвертирование двигателя, природный газ, синтез-газ.

The influence of gas fuel type and intake charge temperature on the ecological parameters of diesel engine converted in the dual fuel engine

R.Z. Kavtaradze

The influence of intake charge heating and gas fuel type on combustion delay and ecological parameters of diesel engine converted in the dual fuel engine is investigated. As a main fuel there were used three variants of fuel: natural gas (~ 98 % CH₄), syngas-1 (60 % H₂ + 20 % CH₄ + 20 % N₂) and syngas-2 (30 % CH₄ + 70 % N₂). Comparative analysis of concentrations of nitric oxides, carbon oxides and unburned hydrocarbons in the dual fuel combustion residue was carried out.

Keywords: diesel engine converted, natural gas, syngas.

Перевод поршневых двигателей на газообразное топливо в настоящее время является одной из самых актуальных задач современной транспортной энергетики, решение которой непосредственно связано с решением энергетических и экологических проблем [1].

Концептуальный подход при конвертировании поршневого двигателя на газ зависит от фазового состояния

(газообразного или жидкого) горячего газа и применяемых способов смесеобразования и воспламенения рабочей смеси. Исходя из этого будем следовать классификации, согласно которой все поршневые двигатели, работающие на различных газах, могут быть разделены на три основные группы:

1. Газовые двигатели, работающие на топливе любого вида, которое

находится в газообразном состоянии (природный газ, водород, генераторный газ, синтез-газы и др.).

2. Газожидкостные двигатели, работающие на сжиженном газе (пропан-бутановая смесь, водород и т.п.).

3. Двухтопливные двигатели, предназначенные для работы одновременно на газообразном и жидком (чаще всего на дизельном) топливах. При этом основным является газообразное топливо, а традиционное жидкое топливо (например, дизельное топливо) используется для инициирования самовоспламенения.

Проблемы конвертирования серийных дизелей в газовые двигатели, использующие в качестве моторного топлива природный газ, подробно изложены в [2-4]. В данной работе проанализированы некоторые результаты, полученные при исследовании дизеля MAN 24/30, конвертированного в двухтопливный двигатель. Экспериментальные исследования были проведены автором в Мюнхенском техническом университете совместно с доктором К. Цайлингером (K. Zeilinger) и доктором Г. Цитцлером (G. Zitzler) [5]. Следует заметить, что по другой терминологии такие двигатели называют также газожидкостными двигателями или газодизелями [1, 4]. В процессе исследования в качестве основного топлива применялись различные синтез-газы и природный газ.

Подача газообразного топлива осуществлялась во впускную систему, а запальная доза жидкого дизельного топлива впрыскивалась в цилиндр в конце процесса сжатия газовой смеси. Технические данные исследуемого двухтопливного двигателя и схема экспериментальной установки, а также описание метода исследования задержки воспламенения различных газообразных топлив подробно изложены в [5, 6].

Необходимо отметить, что синтез-газом называют смесь газов, главными компонентами которой являются оксид углерода CO и водород H₂.

Диапазоны изменения параметров дизеля, конвертированного в двухтопливный двигатель, при использовании различных горючих газов

Параметр	Горючий газ		
	Синтез-газ 1 (60 % N ₂ + 20 % CH ₄ + 20 % N ₂)	Синтез-газ 2 (30 % CH ₄ + 70 % N ₂)	Природный газ (~ 98 % CH ₄) с метановым числом
Угол впрыскивания дизельного топлива, градус УПКВ	$330 \leq \varphi_{впр} \leq 350$	$330 \leq \varphi_{впр} \leq 350$	$325 \leq \varphi_{впр} \leq 350$
Суммарный коэффициент избытка воздуха	$1,6 \leq \alpha_b \leq 2,7$	$1,5 \leq \alpha_b \leq 2,0$	$1,65 \leq \alpha_b \leq 2,35$
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	$700 \leq n \leq 850$	$700 \leq n \leq 850$	$700 \leq n \leq 850$
Температура заряда при впуске, °С	$30 \leq t_k \leq 55$	$40 \leq t_k \leq 55$	$30 \leq t_k \leq 60$
Среднее индикаторное давление ($\alpha_b = \text{const}$), МПа	$0,72 \leq p_i \leq 1,31$	$0,98 \leq p_i \leq 1,56$	$0,92 \leq p_i \leq 1,65$

Он используется для получения синтетического бензина из природного газа [1]. В некоторых случаях, в том числе и в данной работе, синтез-газом называют также газообразное моторное топливо, представляющее собой механическую смесь горючих и инертных газов, например, водорода, метана и азота или водорода и азота [6-9].

Очевидно, что как стоимость, так и теплофизические параметры (такие, как теплота сгорания топлива, скорость распространения фронта пламени, скорость тепловыделения, задержка воспламенения в газожидкостном цикле и др., обуславливающие эффективные и экологические характеристики поршневого двигателя) в таком случае определяются в зависимости от состава синтез-газа. Такие синтез-газы, позволяющие осуществить так называемое смесевое управление рабочим процессом, обычно являются более дешевыми в сравнении с традиционным жидким топливом и позволяют улучшить экологические характеристики двигателя.

Кроме известных факторов, влияние которых достаточно хорошо исследовано для традиционного дизельного топлива [5, 6], в случае конвертирования дизеля в двухтопливный двигатель на задержку воспламенения τ , существенное влияние оказывают физико-химические свой-

ства горючего газа (в данном случае природного газа и исследуемых синтез-газов) и температура заряда при впуске. Отметим, что период задержки воспламенения зависит от структуры молекул и химического состава топлива. С увеличением числа атомов углерода в молекуле углеводородного топлива время задержки воспламенения уменьшается. Чем выше цетановые числа дизельного или газообразного топлива, тем больше их склонность к самовоспламенению и тем меньше τ . Это очевидно, так как само цетановое число зависит от количества атомов углерода в молекулах (фракционного состава топлива) и их строения (группового состава топлива).

Чем больше молярная масса углеводорода, тем при прочих равных условиях выше его цетановое число. Известно, что в бензиновых двигателях повышение октанового числа наоборот приводит к увеличению задержки воспламенения. Кроме того, и понижение концентрации кислорода в окислителе приводит к усилению этого процесса. В связи с этим подогрев впускного воздуха обеспечивает стабильное сгорание в дизелях не только плохо воспламеняемых тяжелых топлив [5, 6], но и различных горючих газов. Правда, такие исследования для дизелей, конвертированных в двухтопливные двигатели,

до настоящего времени практически не проводились.

Диапазоны изменения параметров двигателя (табл. 1) были определены, прежде всего, условиями эксперимента, в процессе которого было установлено, что при использовании в качестве основного моторного топлива синтез-газа 2 невозможно обеспечить воспламенение, если температура заряда при впуске $t_k < 40$ °С. Очевидно также, что в зависимости от применяемого горючего газа менялась и мощность двигателя.

Влияние вида газообразного топлива на задержку воспламенения

Исследованию задержки воспламенения синтез-газов и природного газа в настоящее время уделяется особое внимание [7-9]. Анализ влияния различных видов газообразного топлива на задержку воспламенения в данной работе проводился на основе метода, предложенного автором в [5]. В частности, для определения периода задержки воспламенения использовались соотношения, полученные в [5] и нашедшие в настоящее время применения в работах [7-9].

Исследования были проведены для различной температуры заряда при впуске, рост которой приводит

к повышению температуры в конце процесса сжатия (то есть в момент впрыскивания дизельного топлива) и средней по объему цилиндра максимальной температуры цикла. В результате продолжительность задержки воспламенения запальной дозы дизельного топлива сокращается для всех исследуемых газообразных топлив. Однако на задержку воспламенения запальной дозы дизельного топлива оказывают влияние вид и химический состав основного газообразного топлива (рис. 1). В частности, наличие водорода в синтез-газе, как видно из рис. 1, сокращает период задержки воспламенения, а наличие инертного газа (азота), наоборот, приводит к увеличению τ_i . Маловероятно, что такая закономерность является результатом только различных механизмов горения дизельного топлива в средах с различными сочетаниями воздуха и горючих газов.

Исследования, проведенные при практически одинаковых коэффициентах избытка воздуха (в зависимости от температуры впускного заряда его значение менялось в интервалах $\alpha_v = 1,81-1,87$ для синтез-газа 2 и $\alpha_v = 1,77-1,89$ для природного газа, рис. 2), показали, что максимальная температура (усредненная по объему цилиндра) рабочего тела T_z в случае природного газа выше, чем в случае синтез-газа 2 (рис. 3). Это можно объяснить тем, что низшая теплота сгорания топлива H_u у природного газа в 5 раз больше, чем у синтез-газа 2 (табл. 2). Большая доля водорода в синтез-газе 1 приводит к повышению максимальных температур цикла в сравнении с метаном. Кроме того, высокие значения низшей теплоты сгорания и стехиометрического количества воздуха позволяют получить приемлемые эффективные показатели в случае синтез-газа 1 при более высоких значениях коэффициента избытка воздуха $\alpha_v = 2,16-2,29$ (см. рис. 2).

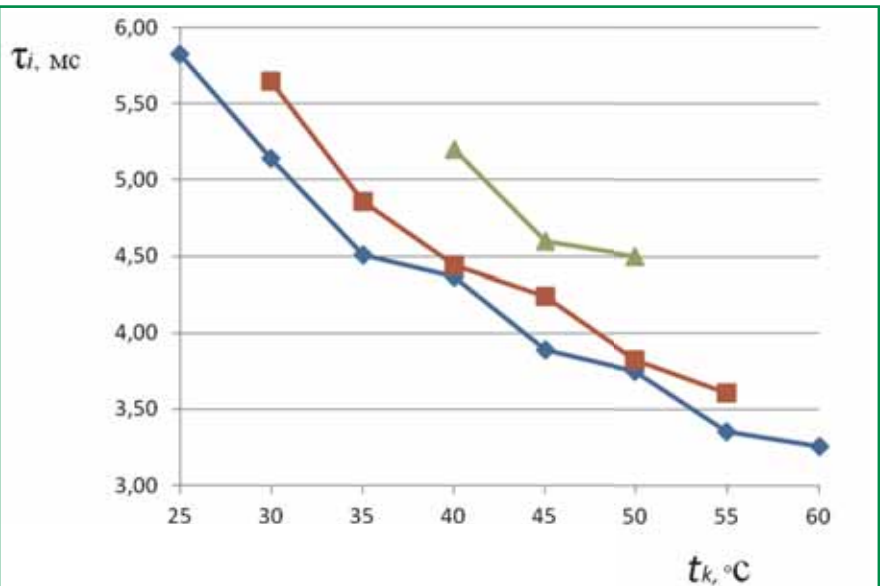


Рис. 1. Изменение задержки воспламенения в двухтопливном двигателе в зависимости от температуры впускного заряда для различных газообразных топлив: природного газа (\diamond); синтез-газа 1 (60 % H_2 + 20 % CH_4 + 20 % N_2) (\blacksquare); синтез-газа 2 (30 % CH_4 + 70 % N_2) (\blacktriangle) при моменте впрыскивания запальной дозы дизельного топлива $\varphi_{\text{впр}} = 335^\circ$ УПКВ, продолжительности впрыскивания $\Delta\varphi_{\text{впр}} = 4^\circ$ УПКВ, частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 800 \text{ мин}^{-1}$

Таблица 2

Теплофизические параметры горючих газов, применяемых при конвертировании дизеля

Параметр	Горючий газ			
	Водород	Природный газ	Синтез-газ 1	Синтез-газ 2
Низшая теплота сгорания топлива H_u , кДж/кг	120 000	49 200	30 400	9 900
Стехиометрическое соотношение воздух-газ L_0 , кг/кг	34,3	16,81	9,5	3,37
Плотность при $T=273,15 \text{ К}$ и $p=0,1013 \text{ МПа}$ ρ , кг/м ³	0,09	0,73	0,45	1,09

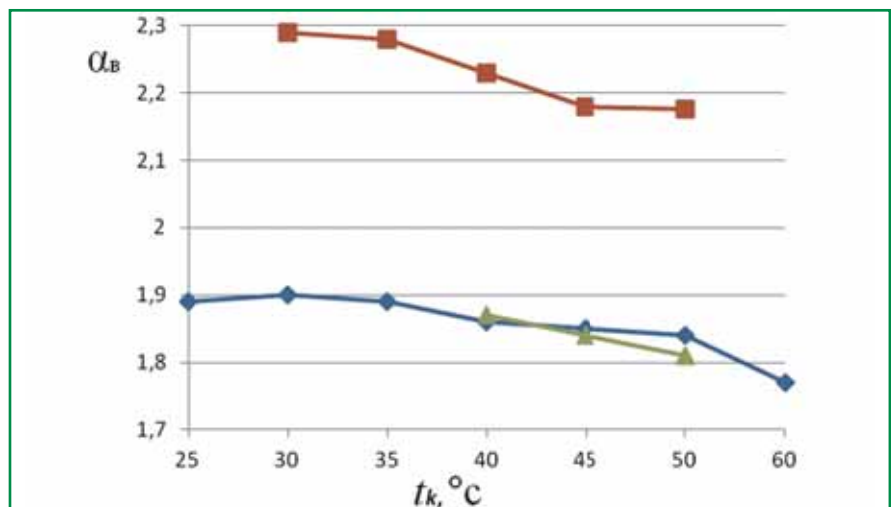


Рис. 2. Изменение суммарного коэффициента избытка воздуха α_v в двухтопливном двигателе в зависимости от температуры впускного заряда для различных газообразных топлив: природного газа (\diamond); синтез-газа 1 (\blacksquare); синтез-газа 2 (\blacktriangle) при $\varphi_{\text{впр}} = 335^\circ$, $\Delta\varphi_{\text{впр}} = 4^\circ$, $n = 800 \text{ мин}^{-1}$

Влияние вида газообразного топлива на концентрацию NO_x в продуктах сгорания

На образование вредных компонентов, в частности оксидов азота, в процессе сгорания наиболее влияют локальные температуры в камере сгорания. Поэтому применение для исследования образования NO_x значений усредненной по объему цилиндра максимальной температуры цикла T_z , которая, строго говоря, представляет некую условную температуру рабочего тела, обычно приводит к неверным результатам [10, 11]. Действительно, в рабочих циклах со значением этой температуры $T_z < 1800 \text{ K}$ (см. рис. 3) не должно наблюдаться образование оксидов азота [6], однако, результаты измерения приводят к противоположной картине (рис. 4), что подтверждает наличие очагов сгорания в цилиндре с более высокой локальной температурой. Тем не менее, между характерами изменения T_z и NO_x существует четкая корреляция, хорошо заметная при сравнении рис. 3 и 4. Отметим, что значения концентрации оксидов азота в случае синтез-газа 1, приведенные на рис. 4, соответствуют повышенным (в сравнении с другими использованными в данной работе горючими газами) величинам коэффициента избытка воздуха (см. рис. 2).

Влияние вида газообразного топлива на концентрацию CO в продуктах сгорания

Изменения концентрации оксида углерода CO при использовании в качестве основного топлива в двухтопливном двигателе приведены на рис. 5. Как известно, оксид углерода CO является продуктом неполного сгорания и образуется в случае локального недостатка воздуха ($\alpha_b < 1$). Окисление CO протекает по-разному, в зависимости от коэффициента избытка воздуха. В камере сгорания дизеля, конвертированного в двухтопливный двигатель, суммарный коэффициент избытка воздуха $\alpha_b > 1$ независимо

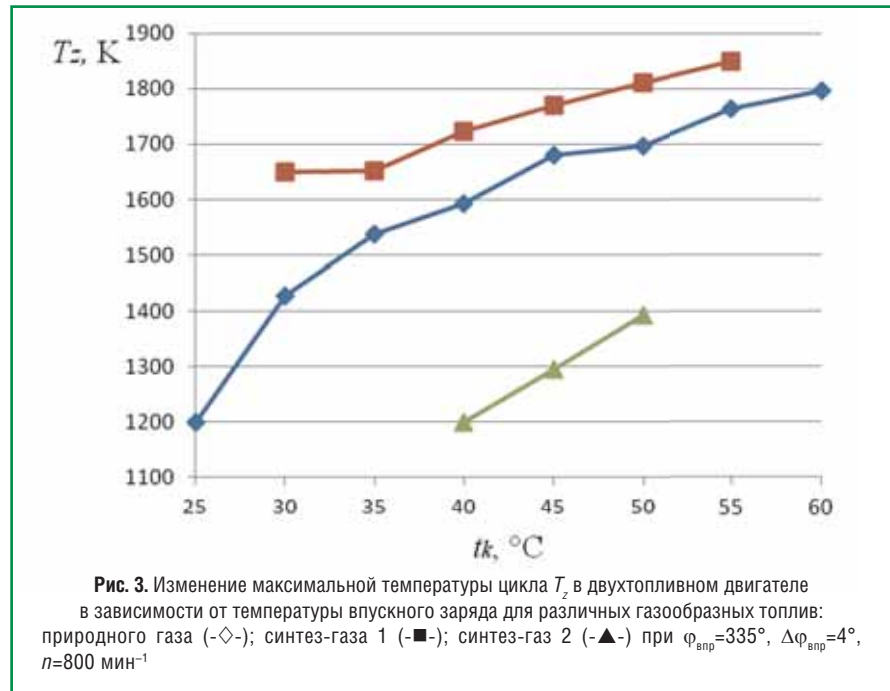


Рис. 3. Изменение максимальной температуры цикла T_z в двухтопливном двигателе в зависимости от температуры впускного заряда для различных газообразных топлив: природного газа (\diamond); синтез-газа 1 (\blacksquare); синтез-газа 2 (\blacktriangle) при $\varphi_{впр}=335^\circ$, $\Delta\varphi_{впр}=4^\circ$, $n=800 \text{ мин}^{-1}$

от используемого горючего газа (см. рис. 2). Однако после впрыскивания запальной дозы дизельного топлива в камеру сгорания образуются области, где локальные коэффициенты избытка воздуха ниже стехиометрической ($\alpha_b < 1$). Следует подчеркнуть, что в областях стехиометрической ($\alpha_b = 1$) и обогащенной ($\alpha_b > 1$) смеси окисление CO осуществляется по разным химическим реакциям, рассмотренным в [6].

В случае значительно обедненных смесей ($\alpha_b > 1,4$) возникновение CO возможно вследствие низких температур и неполного сгорания в

пристеночных зонах камеры сгорания. В целом окисление CO сильно зависит от температуры, и в процессе расширения оно замедляется также из-за снижения температуры. Поэтому концентрация CO в выпускных газах двигателя соответствует почти равновесной его концентрации при 1700 K.

Низкое содержание CO в продуктах сгорания синтез-газа 1 (рис. 5) по сравнению с другими, исследуемыми в данной работе, горючими газами объясняется высоким содержанием водорода в синтез-газе 1, а также

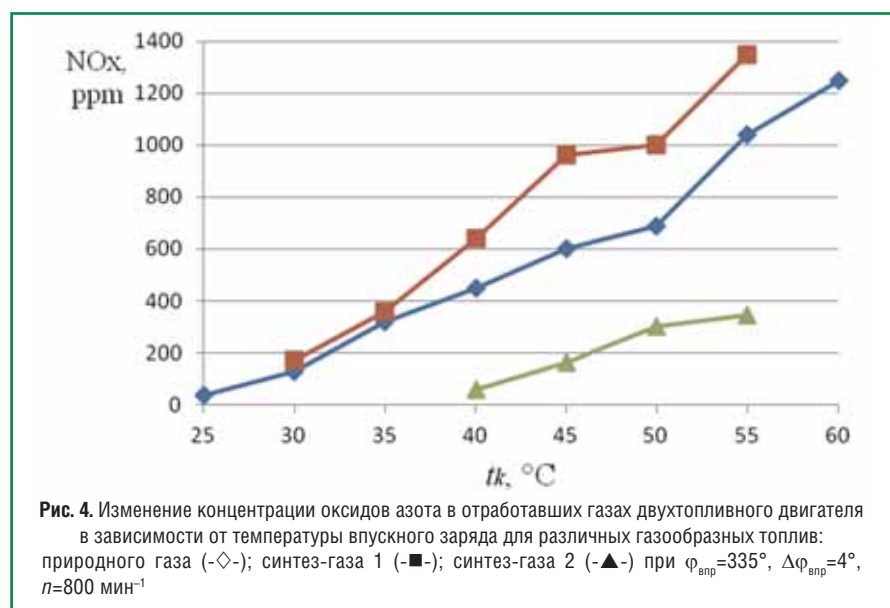


Рис. 4. Изменение концентрации оксидов азота в отработавших газах двухтопливного двигателя в зависимости от температуры впускного заряда для различных газообразных топлив: природного газа (\diamond); синтез-газа 1 (\blacksquare); синтез-газа 2 (\blacktriangle) при $\varphi_{впр}=335^\circ$, $\Delta\varphi_{впр}=4^\circ$, $n=800 \text{ мин}^{-1}$

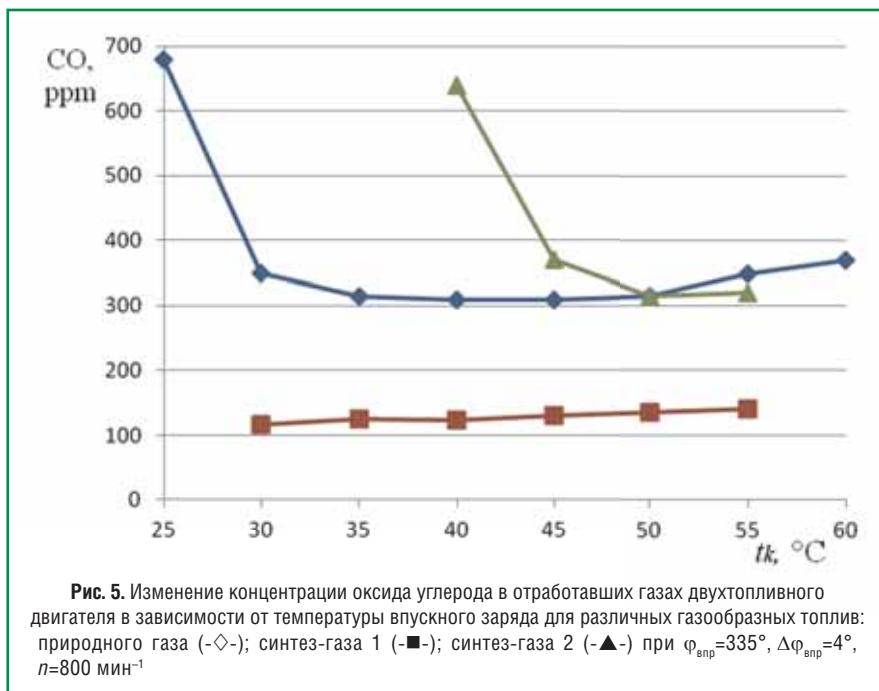


Рис. 5. Изменение концентрации оксида углерода в отработавших газах двухтопливного двигателя в зависимости от температуры впускного заряда для различных газообразных топлив: природного газа (-◇-); синтез-газа 1 (-■-); синтез-газа 2 (-▲-) при $\varphi_{впр}=335^\circ$, $\Delta\varphi_{впр}=4^\circ$, $n=800$ мин⁻¹

более высокими значениями коэффициента избытка воздуха (см. рис. 2). Следует отметить, что температура заряда при впуске оказывает заметное влияние на скорость образования оксида углерода (3), а в результате и на концентрацию CO в продуктах сгорания. В случае природного газа резкое снижение CO происходит при температуре впускного заряда $t_k > 30^\circ\text{C}$, а в случае синтез-газа 2 – при $t_k > 45^\circ\text{C}$.

Влияние вида газообразного топлива на концентрацию СН в продуктах сгорания

Известно, что в процессе сгорания углеводородных топлив $C_m H_n$ при условии $\alpha_b > 1$ за фронтом пламени присутствие СН не замечается. Углеводороды возникают в зонах, которые не были охвачены или охвачены не полностью сгоранием [6]. Можно предположить, что в двухтопливном двигателе образование несгоревших углеводородов СН происходит по такой же причине. Тогда логично считать, что основными источниками возникновения СН являются: внешняя грань (поверхность) топливного факела, внутренняя область топливного факела, гашение диффузионного

пламени вследствие резкого падения температуры и давления в процессе расширения, попавшее на поверхность камеры сгорания топливо, испарение к концу сгорания несгоревшего топлива и т.п. Отметим, что несгоревшее топливо в основном оседает в так называемых мертвых (вредных) объемах распылителя [6]. Изменения концентрации несгоревших углеводородов (рис. 6) носят аналогичный с изменениями CO характер. Они в значительной степени зависят от вида используемого горючего газа и уровня температуры цикла. В случае

синтез-газа 1 высокое содержание в нем водорода приводит к существенному повышению температурного уровня цикла (см. рис. 3), общее количество относительно «холодных» зон уменьшается, концентрация СН снижается и становится практически независимой от температуры впускного заряда (см. рис. 6). При этом в случаях природного газа и синтез-газа 1 резкое снижение СН происходит при температуре впускного заряда $t_k > 30^\circ\text{C}$, а в случае синтез-газа 2 – при $t_k > 45^\circ\text{C}$, то есть так же, как и в случае CO.

Таким образом, на концентрации оксидов азота, оксида углерода и несгоревших углеводородов в продуктах сгорания дизеля, конвертированного в двухтопливный двигатель, существенное влияние, помимо вида (химического состава) газообразного топлива, оказывает подогрев газовой смеси при впуске.

Подогрев впускного заряда во всех исследуемых случаях приводит к заметному сокращению периода задержки воспламенения в дизеле, конвертируемом в двухтопливный двигатель, и заметно снижает концентрации CO и СН в выпускных газах. Из исследуемых горючих газов наилучшие результаты как по эффективным, так и по экологическим показателям конвертированного на газ дизеля дает применение синтез-газа 1. Это

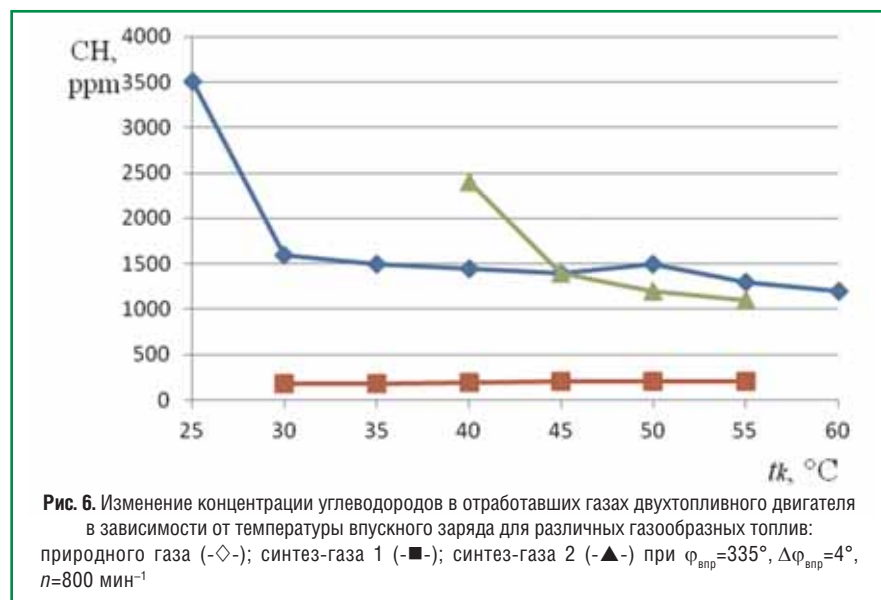


Рис. 6. Изменение концентрации углеводородов в отработавших газах двухтопливного двигателя в зависимости от температуры впускного заряда для различных газообразных топлив: природного газа (-◇-); синтез-газа 1 (-■-); синтез-газа 2 (-▲-) при $\varphi_{впр}=335^\circ$, $\Delta\varphi_{впр}=4^\circ$, $n=800$ мин⁻¹

объясняется меньшим (по сравнению с природным газом и синтез-газом 2) содержанием углерода и высоким содержанием водорода в исходном реагенте.

Высокое содержанием водорода в синтез-газе 1 обуславливает высокие локальные температуры в объеме камеры сгорания, что приводит к существенно большему (по сравнению с другими, использованными в данной работе, горючими газами) концентрациям оксидов азота в продуктах сгорания. Регулированием содержания водорода в синтез-газе 1 в сочетании с регулированием температуры впускного заряда можно добиваться сокращения концентрации оксидов азота в продуктах сгорания дизеля, конвертированного в двухтопливный двигатель.

Очевидно, что для однотопливных двигателей, использующих в качестве моторного топлива водород, например, для водородных дизелей, проблема снижения концентрации оксидов азота в продуктах сгорания еще больше усугубляется и приводит к необходимости разработки новых методов, предназначенных для улучшения их экологических показателей.

Литература

1. **Кавтарадзе З.Р., Кавтарадзе Р.З.** Перспективы применения поршневых двигателей на альтернативных моторных топливах // Транспорт на альтернативном топливе. Часть 1, № 6 (12). – 2009. – С. 59-65. Часть 2, № 1 (13). – 2010. – С. 74-80.
2. **Kavtaradze R.Z., Onishchenko D.O., Zelentsov A.A., Sergeev S.S.** The influence of rotational charge motion intensity on nitric oxide formation in gas-engine cylinder // International Journal of Heat and Mass Transfer 52. – 2009. – P. 4308-4316.
3. **Леонтьев А.И., Кавтарадзе Р.З., Шибанов А.В., Зеленцов А.А., Сергеев С.С.** Влияние формы камеры на нестационарные процессы переноса и турбулентного сгорания в дизеле, конвертированном в газовый двигатель // Известия РАН, «Энергетика». – 2009. – № 2. – С. 49-63.
4. **Zitzler G.** Analyse und Vorausberechnung der Brennverläufe von Gasmotoren bei Einsatz verschiedener Gasarten. Dissertation, TU München. – 2003. – 182 p.
5. **Kavtaradze R.Z., Zeilinger R., Zitzler G.** Ignition Delay in a Diesel Engine Utilizing Differenz Fuels. High Temperature. Vol. 43, N6, 2005. – P. 951-960.
6. **Кавтарадзе Р.З.** Теория поршневых двигателей. Специальные главы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2008. – 720 с.
7. **Lieuwen T., Yang V., Yetter R.** (Edit). Synthesis Gas Combustion. Fundamentals and Applications. CRC Press, New York. – 2009. – 384 p.
8. **Boehman A.L., Le Corre O.** Combustion on Syngas in Internal Combustion Engines // Combustion Science and Technology, N 6 (180). – 2008. – P. 1193-1206.
9. **Janichka A., Walkowiak W.** The Discursive Attitude of Emission Aspect vs. Air-Fuel Mixture Ignition Delay in Diesel Engine. Journal of KONES Powertrain and Transport, Vol.13, N4. – 2006. – P. 223-228.
10. **Кавтарадзе Р.З.** Локальный теплообмен в поршневых двигателях (второе издание). М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2007. – 472 с.
11. **Иващенко Н.А., Кавтарадзе Р.З., Голосов А.С., Кавтарадзе З.Р., Скрипник А.А.** Метод расчета локальных концентраций оксидов азота в поршневых двигателях с внутренним смесеобразованием на основе многозонной модели // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Машиностроение». – 2004. – № 1. – С. 43-59.

ОАО «Газпром» планирует удвоить число газовых заправочных станций в России

Достичь этой цели Газпром намерен за счет увеличения вдвое числа эксплуатируемых газовых заправочных станций, построив дополнительно 200 станций в регионах России, говорится в опубликованном отчете холдинга.

Газпром занимает на национальном газомоторном рынке доминирующее положение. По данным холдинга, из всех существующих автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) подавляющее большинство эксплуатируется предприятиями группы «Газпром». За

2009 г. на этих заправках было реализовано 297 млн м³ сжиженного природного газа (СПГ), что составляет почти 90 % от общей реализации этого продукта в России.

«Взаимодействие уже налажено с Нижегородской, Новгородской, Калужской, Тамбовской, Орловской и Калининградской областями, городами Москвой и Надымом, – отмечается в отчете. – Автомобильная техника, работающая сегодня в России в основном на бензине и дизельном топливе, – основной загрязнитель воздуха в городах. Использование

природного газа в качестве моторного топлива гораздо более экологично с точки зрения обеспечения более высоких технических характеристик работы автомобильных двигателей и значительного уменьшения количества вредных выбросов».

Газпром также отмечает, что в результате целенаправленного взаимодействия холдинга с российскими автопроизводителями ОАО «КАМАЗ» и группа «ГАЗ» начали серийное производство грузовых автомобилей и автобусов в газобаллонном исполнении.

На сегодняшний день Газпром, в частности, выпускает малотоннажный СПГ и газ в качестве моторного топлива. Ведется подготовка к созданию собственного производства синтетического жидкого топлива.

<http://www.rian.ru/economy/20101129/302193788.html>

Калибровка электронной системы управления двигателем с искровым зажиганием, работающим на газовом топливе

В.А. Шишков,

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

Рассмотрены адаптация и калибровка четырех вариантов электронной системы управления ДВС с искровым зажиганием, работающим на газовом топливе. На основании исследований, проведенных автором, даны рекомендации по адаптации и калибровке электронной системы управления как двухтопливного, так и однотопливного газового ДВС на различных режимах его работы.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания (ДВС), калибровка, впрыск газового топлива, искровое зажигание, алгоритм, электронная система управления.

Calibration of an electronic control system of the engine with spark ignition, working on gas fuel

V.A. Shishkov

The adaptation and calibration of four variants of an electronic control system the engine of internal combustion with spark ignition working on gas fuel is considered. The recommendations for adaptation and calibration of an electronic control system both two-fuel, and one-fuel gas the engine of internal combustion on various modes of his work are given.

Keywords: the engine of internal combustion, calibration, direct injection of gas fuel, spark ignition, algorithm, electronic control system.

Одним из технологических процессов при монтаже газобаллонного оборудования (ГБО) на автомобиле в условиях автосервиса или при разработке и доводке ДВС с искровым зажиганием, работающего на газовом топливе, в заводских условиях является калибровка электронной системы управления двигателем (ЭСУД). Калибровка производится для достижения соответствующих законодательных норм по

токсичности отработавших газов, испарениям углеводородов, а также для получения соответствующих ездовых качеств автомобиля при установленных заводом-изготовителем условиях эксплуатации. Калибровка занимает определенное время и требует специальную измерительную и управляющую аппаратуру, которая может существенно отличаться в зависимости от типа электронной системы управления ДВС с газовой

топливной системой. Это отличие обуславливает различные материальные затраты как у установщика ГБО, так и у производителя автомобиля. Кроме того, данный процесс сложен и требует наличия у исполнителей определенного образования и навыков, которые также зависят от типа системы управления для газовой подачи.

В основном применяются четыре типа электронной системы управления ГБО и алгоритма управления двигателем:

- газовая система с электронным управлением, отдельным контроллером и получением управляющих сигналов от бензинового контроллера;

- автономная система электронного управления двигателем для однотопливных газовых автомобилей;

- независимые бензиновая и газовая системы подачи и электронного управления двигателем с одним контроллером, в котором реализованы два независимых алгоритма управления с возможностью подачи только одного вида топлива;

- зависимые бензиновая и газовая системы подачи и электронного управления двигателем с одним контроллером, в котором реализованы два взаимозависимых алгоритма управления с возможностью одновременной подачи двух видов топлива.

Газовая система с электронным управлением, отдельным контроллером и получением управляющих сигналов от бензинового контроллера

Наиболее проста электронная система управления ДВС первого типа с газовой системой топливоподачи, которая применяется для переоборудования автомобилей в условиях автосервиса. В этих системах измеряется ширина импульса впрыска на бензиновой форсунке $t_{\text{бенз}}$ и пересчитывается в ширину импульса

$t_{\text{газ}}$ газовой форсунки. Система управления в этом случае калибруется дважды: первый раз – производителем газовой аппаратуры, второй – в автосервисе при ее настройке к конкретной модели и марке двигателя и автомобиля. У производителя определяются коэффициенты K пересчета расходов при переходе с бензиновых форсунок на газовые с учетом изменения следующих параметров: S – типа газового топлива (природный газ, метан, пропан-бутан, светильный газ и т.д.); Δp – перепада давления на газовых форсунках; p – давления газа перед форсунками; T – температуры газа перед форсунками. При докритическом перепаде давления газа на клапане форсунки от этих параметров зависит плотность ρ газа и скорость w его истечения. Для сверхкритического перепада давления от этих параметров зависят плотность газа и скорость звука $a_{\text{зв}}$ в газе. В зависимости от этих двух вариантов расход газа через форсунку вычисляется по различным формулам [1].

Продолжительность впрыска газовой форсункой с учетом параметров газового топлива и ее временных характеристик (продолжительности открытия клапана t_o , открытого состояния клапана t_{oc} и закрытия клапана t_z) составляет:

$$t_{\text{газ}} = t_o + t_{oc} + t_z = K_1 t_{\text{бенз}}$$

Для докритического истечения газа $K_1 = f(w, \rho) = f(S, \Delta p, p, T)$.

Для сверхкритического истечения газа $K_1 = f(a_{\text{зв}}, \rho) = f(S, \Delta p, p, T)$.

Коэффициент K_1 можно определить расчетным или экспериментальным путями. Для расчета необходимы параметры газового топлива, расходные и временные характеристики как бензиновой, так и газовой форсунок. Для экспериментального определения K_1 требуются два стенда по определению расходных характеристик бензиновой и газовой форсунок. В этом случае учитывается влияние изменения температуры, давления газового топлива (рис. 1) и

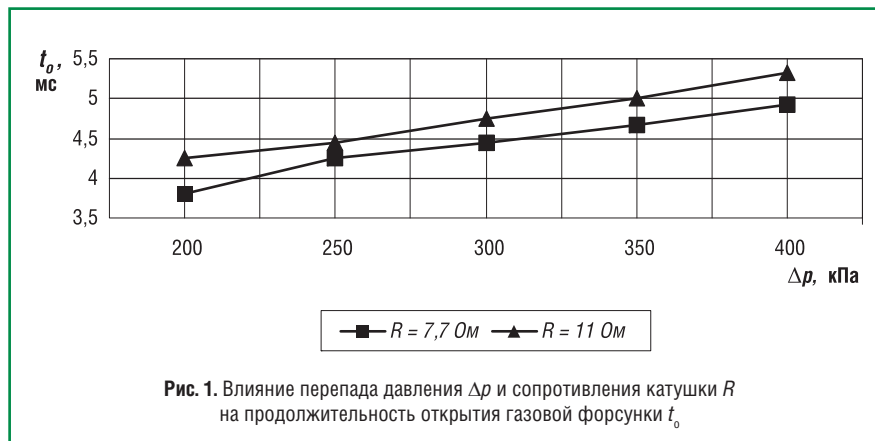


Рис. 1. Влияние перепада давления Δp и сопротивления катушки R на продолжительность открытия газовой форсунки t_o

напряжения питания (рис. 2) катушки управления на расходную характеристику форсунки. Это влияние обычно учитывается в алгоритме управления двигателем в виде аддитивной или мультипликативной составляющей ширины импульса электромагнитной газовой форсунки, зависящей от названных параметров.

Калибровка или настройка в автосервисе после монтажа газобаллонного оборудования заключается в подборе корректирующих коэффициентов K_2 для пересчета ширины импульса впрыска газовой форсунки к конкретному типу двигателя и автомобилю с учетом частоты n вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель. Под нагрузкой понимается расход $G_{\text{возд}}$ воздуха через ДВС: $K_2 = f(n, G_{\text{возд}})$. Тогда продолжительность впрыска газового топлива для конкретного двигателя и автомобиля будет следующей: $t_{\text{газ},\Sigma} = K_1 K_2 t_{\text{бенз}}$.

При калибровке ЭСУД с ГБО необходимо соблюсти условие равенства коэффициента обучения системы

управления топливоподачей и зажиганием при работе на бензине и газовом топливе на всех режимах работы двигателя. Если коэффициент обучения при работе на бензине и газовом топливе будет различен, то это приведет к нарушению соотношения воздух–топливо при переключении с одного вида топлива на другое. Это, в свою очередь, ухудшит ездовые качества после переключения и может привести к загоранию лампы Check Engine по показаниям управляющего датчика кислорода. В процессе движения автомобиля на одном виде топлива коэффициент обучения изменяется в соответствии с выбранным законом адаптации, но при последующем переключении на другой вид топлива, если его требуемое значение будет отличаться от полученного, снова повторится ошибка двигателя, заключающаяся в несоответствии состава топливовоздушной смеси.

Для данных систем не рекомендуется отключать бензонасос при переключении на газовое топливо.

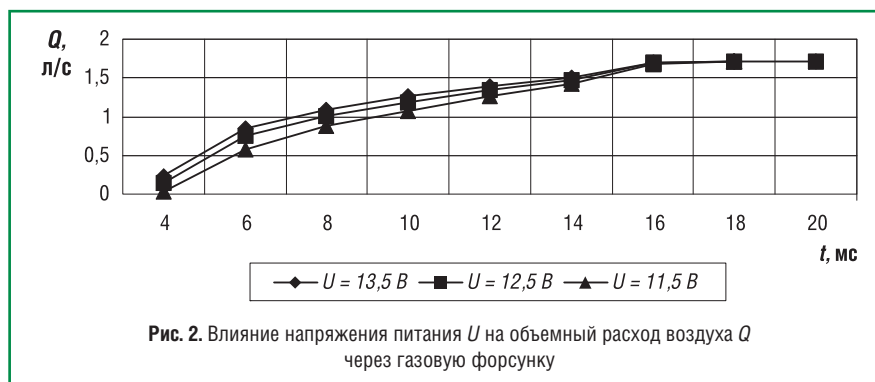


Рис. 2. Влияние напряжения питания U на объемный расход воздуха Q через газую форсунку

Некоторые системы управления ДВС имеют в своей комплектации датчик давления бензина в топливной рампе. Падение давления бензина в рампе приведет к увеличению коррекции топливоподачи в сторону обогащения и вызовет ошибку работы двигателя и при работе на газе.

В системе управления данного типа калибровка ЭСУД упрощена. Основная ее часть как по времени, так и по материальным затратам для соблюдения законодательных норм и ездовых качеств выполнена на бензине. Пуск и прогрев ДВС при этом производится на бензине с последующим переключением на газовое топливо в зависимости от температуры двигателя. Достаточные мощность и крутящий момент могут быть обеспечены кратковременным автоматическим переключением с газового топлива на бензин в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на ДВС. Соответственно автомобиль после упрощенной калибровки на газовом топливе будет выполнять аналогичные требования, с поправкой на потери мощности и крутящего момента для двухтопливного автомобиля без изменения степени сжатия топливозвоздушной смеси в цилиндрах ДВС, при переходе с одного топлива на другое. Токсичность отработавших газов будет соответствовать заявленным данным завода-изготовителя. Продолжительность калибровки данной электронной системы управления двигателем при работе на газе в условиях автосервиса обычно не превышает 1 ч на один переоборудованный автомобиль.

Автономная система электронного управления двигателем для однотопливных газовых автомобилей

Калибровка электронной системы управления ДВС второго типа с газовой системой для однотопливного

автомобиля более сложна в сравнении с калибровкой ЭСУД первого типа. Она включает калибровку производителем газовой аппаратуры и производителем автомобиля при адаптации ГБО к конкретной модели двигателя и автомобиля. В этом случае калибровка газовых форсунок их производителем аналогична описанной для систем первого типа. Эти данные передаются производителю двигателя и автомобиля, которые владеют основным алгоритмом ЭСУД. Разработчик и производитель автомобиля выполняют полный объем калибровочных работ на газовом топливе и на бензине, которые продолжаются от 1 до 3 лет. Для выполнения этих работ требуется сложное и дорогостоящее калибровочное оборудование. Материальные затраты в этом случае во много раз превышают калибровку ЭСУД с системой управления газовой аппаратурой первого типа.

Калибровка электронной системы управления ДВС производителем может быть выполнена двумя способами: непосредственно на двигателе и автомобиле путем заполнения корректирующих таблиц в ручном режиме; автоматически при испытаниях с помощью алгоритма нейронных сетей. В последнем случае требуются более дорогое оборудование, компьютеры с высокой несущей частотой и разработка алгоритмов проведения данных испытаний.

При адаптации ГБО к конкретному автомобилю и двигателю перед калибровкой ЭСУД необходимо определить требования: по токсичности отработавших газов, испарениям углеводородов, шуму, диагностике, ездовым качествам автомобиля и др. При этом необходимо выполнить следующие работы.

1. Подготовить материальную часть для проведения калибровки ЭСУД с ГБО: разработать состав системы и компонентов ЭСУД; выбрать функции и тип применяемого контроллера ЭСУД; определить объем

испытаний и подготовить необходимое количество техники (6-12 автомобилей, 2-4 двигателя, 2-4 комплекта калибровочных средств, определить номенклатуру и число изделий ЭСУД ГБО для автономных испытаний и выдачи одобрений для серийного производства).

2. Разработать и выполнить доводку алгоритмов управления и программного обеспечения в такой последовательности: разработать исходные алгоритмы для управления ДВС с ГБО; на основе последних разработать программное обеспечение (ПО) для контроллера ЭСУД; отработать функционирование алгоритмов на стенде, двигателе, автомобиле; продолжить развитие алгоритмов и ПО в процессе калибровочных работ (объемы работ зависят от имеющейся базы алгоритма ПО и требуемых изменений).

3. Отработать технологию опрессовки топливных газовых магистралей для обеспечения безопасной работы с двигателем и автомобилем.

3.1. Выполнить опрессовку линии высокого давления (заправочный узел – баллон с запорными элементами и заглушкой на противоположной стороне – магистральный клапан – редуктор). Для опрессовки участка между магистральным клапаном и редуктором необходимо подать электропитание на катушку магистрального клапана включением зажигания без прокрутки вала двигателя (при этом клапан открывается на 3...5 с) или автономной подачей напряжения от аккумуляторной батареи на этот же период времени. После этого обмылить соответствующие соединения трубопроводов.

Опрессовку линии высокого давления для природного газа (метана) выполнить ступенчато с обмыливанием всех соединений при 1 МПа и далее повторить при 5; 10; 15; 20 и 25 МПа. Максимальный уровень давления для опрессовки определяется

по рабочему давлению газового топлива в конкретной части топливной системы.

3.2. Выполнить опрессовку магистралей низкого давления путем обмыливания соединений от редуктора до рампы с газовыми форсунками.

3.3. Если для опрессовки газовой системы использовался воздух, необходимо заместить его нейтральным газом (азотом) перед первой заправкой топливным газом.

Приведем основной перечень работ по калибровке ЭСУД, а также перечень необходимого калибровочного оборудования:

4. Калибровка ЭСУД ГБО на моторном стенде.

4.1. Выполнить калибровку прогрева ДВС с замером температур в катколлекторе и токсичности до него на прогреве. Выбрать закон изменения состава смеси на прогреве. Например, для природного газа в начале прогрева состав смеси $\alpha = 1,05 \dots 1,2$ с последующим его снижением до $\alpha = 0,985$ по температуре ДВС. При этом получаем высокие температуры отработавших газов для быстрого прогрева катколлектора, но в данном случае необходимо контролировать суммарный выброс NO_x за весь прогрев, чтобы в последующих испытаниях соблюсти нормы токсичности Евро-4.

4.2. Выполнить калибровку холостого хода и стационарных режимов при составе смеси $\alpha = 0,985$ (минимум выбросов токсичных компонентов в отработавших газах при работе на природном газе).

4.3. Выполнить калибровку составов смеси и углов опережения зажигания [2] на стационарных режимах для получения максимальных крутящего момента и мощности ДВС. Определить зоны λ -регулирования (базовые). Увеличение угла опережения зажигания составляет примерно на $1 \dots 5^\circ$ по углу положения коленчатого вала в зависимости от типа газового

топлива, режима работы и температуры ДВС.

4.4. Выполнить калибровку разгона и торможения коленчатого вала двигателя, то есть определить коэффициенты газовой подачи при динамическом изменении расхода воздуха.

4.5. Выполнить калибровку переходной компенсации (динамическая базовая коррекция).

4.6. Для получения максимальных мощности и крутящего момента при работе на природном газе необходимо границу детонации отодвинуть на $10 \dots 20^\circ$. Например, при работе на природном газе (метане) для существующих двигателей с искровым зажиганием при степени сжатия 10,5 граница детонации практически не достигается.

4.7. Выполнить калибровку токсичности на стационарных режимах работы двигателя с выключенной обратной связью.

4.8. Выполнить калибровку расходной характеристики клапана продувки адсорбера при работе на газовом топливе только для однопливного автомобиля, имеющего резервный бак с бензином не более 14 л.

4.9. Выполнить калибровку расходной характеристики клапана рециркуляции отработавших газов (при его наличии в комплектации ЭСУД ГБО) для снижения NO_x в отработавших газах.

5. Калибровка ЭСУД для ГБО на автомобиле.

5.1. В алгоритме управления двигателем необходимо выключить все функции топливной пленки (ее наличие, количество топлива в ней и ее динамическое изменение в процессе пуска и прогрева двигателя и при его

работе на стационарных и переходных режимах при различных температурах двигателя и окружающей среды). При работе на газовом топливе отсутствует жидкая топливная пленка во внутренних каналах впускного трубопровода и в цилиндре двигателя.

5.2. Выполнить калибровку ускорений с учетом того, что смесь воздуха с природным газом (метан) горит при объемном содержании последнего от 5 до 15 % (объемная стехиометрия $L_v = 9,53$, массовая стехиометрия $L_m = 16,1 \div 16,4$). Поэтому чрезмерное обогащение или обеднение может привести к пропуску воспламенения и соответственно к неустойчивой работе ДВС с высокими выбросами токсичных компонентов в отработавших газах. По опыту работ (природный газ) не стоит выходить за пределы состава смеси $\alpha = 0,9 \div 1,1$ (по грубым расчетам состав смеси с объемной долей метана от 5 до 15 % в воздухе соответствует по массовому составу смеси $\alpha = 0,635 \div 1,9$). Пределы горения КПП в воздухе приведены в таблице. Для оценки плотности метана принята $0,65 \text{ кг/м}^3$, воздуха 1 кг/м^3 .

5.3. Выполнить проверку уровня и калибровку по ограничению температур в катколлекторе на всех режимах работы ДВС на газовом топливе.

5.4. Выполнить калибровку всех остальных функций управления двигателем при работе на газовом топливе по стандартной технологии калибровки ЭСУД. К ним относятся: холодные пуски; прогрев; движение с непрогретым двигателем; переходные режимы, динамика; λ -регулирование; адаптация нагрева датчика

Смесь	L_v м ³ возд/м ³ КПП	L_m кг возд/кг КПП	α
Бедная	5	30,769	1,9
Стехиометрическая	9,53	16,14	1
Богатая	15	10,256	0,635

кислорода; холостой ход; токсичность отработавших газов при нормальных температурах окружающего воздуха (для различных граничных составов газового топлива); токсичность отработавших газов при $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$; расход топлива; ездовые качества; система зажигания для получения максимальной энергии искрообразования; управление продувкой адсорбера (при наличии резервного бензобака 14 л); управление клапаном рециркуляции отработавших газов, при его наличии; резервные режимы эксплуатации (при неисправностях датчиков ЭСУД и датчиков ГБО); проверка калибровок на соответствие предельным допускам изделий (электромагнитные газовые форсунки, датчики массового расхода воздуха, температуры и давления газа перед форсунками, температуры двигателя и т.д.) ЭСУД; развитие алгоритмов управления [3] и ПО.

6. При низких температурах окружающего воздуха (северные испытания) выполнить калибровку соответствующих функций алгоритма управления ДВС. Холодные пуски, холостой ход непрогретого двигателя, отработка ездовых качеств с непрогретым двигателем выполняются только для природного газа. Также выполняются движение на резервных режимах (при отключении датчиков – массового расхода воздуха, положения дроссельной заслонки, температуры двигателя, кислорода, при пропусках воспламенения в одном из цилиндров с его последующим отключением и т.д.), диагностика ЭСУД и элементов ГБО, развитие алгоритмов управления и диагностики с соответствующей доработкой ПО.

7. При высоких температурах окружающего воздуха (южные и горные испытания) выполнить калибровку функций, к которым относятся следующие: пуск перегретого двигателя на газовых топливах; холостой ход перегретого двигателя; ездовые качества; система гашения

детонации для газовых топлив на основе пропан-бутана; температурная защита нейтрализатора на мощностных режимах работы; продувка адсорбера при работе на газовом топливе с учетом в топливоподаче паров бензина из адсорбера при его наличии; термометрирование компонентов и агрегатов двигателя и газовой топливной системы; калибровка барокоррекции на режимах подъема и спуска в горах при работе на газовом топливе, в первом приближении можно принять коэффициенты барокоррекции из калибровок ЭСУД на бензине; пуски в условиях высокогорья с учетом коэффициента барокоррекции; резервные режимы эксплуатации в условиях высокогорья и высоких температур окружающего воздуха; развитие алгоритмов управления и диагностики с соответствующей доработкой ПО.

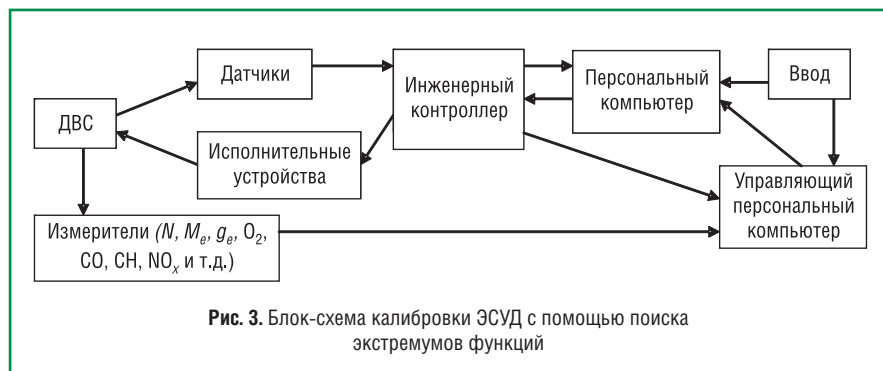
8. Выполнить калибровку диагностических функций ЭСУД, к которым относятся следующие: диагностика электрических цепей газовой системы подачи; диагностика функционирования датчиков газовой системы подачи и исполнительных устройств (газовые форсунки [4], исполнительные элементы электронно-управляемого редуктора, магистральный клапан, клапан баллона); диагностика пропусков воспламенения или вялого неполного сгорания (Евро-3 и выше); диагностика работы нейтрализатора (Евро-3 и выше); развитие алгоритмов диагностики и соответствующая доработка ПО. Совместно с калибровкой этих функций необходимо провести разработку и доводку оборудования с определением диагностических кодов и картриджа для диагностического прибора.

9. Провести испытания на электромагнитную совместимость, испарения, вибрацию и шум, которые включают следующие определения: уровня радиопомех, излучаемых автомобилем, в том

числе газовых клапанов, электромагнитных форсунок, газового контроллера; стойкости автомобильных систем к внешним излучениям, в том числе и газового контроллера; испарения углеводородов в камере ШЕД (в настоящее время в соответствии с законодательством это испытание проводится для двухтопливного автомобиля только для бензина, а для однотопливных газовых не проводится); уровня вибрации на ГБО и изделиях ЭСУД; внешнего шума автомобиля с учетом работы газовых клапанов и газовых электромагнитных форсунок; внутреннего шума автомобиля.

Для выполнения всего объема работ по калибровке системы ЭСУД с ГБО второго типа требуется следующее оборудование:

- персональный компьютер;
- интерфейс для связи компьютера с инженерным контроллером двигателя;
- инженерный контроллер управления двигателем;
- ПО для выполнения калибровочных работ на инженерном контроллере;
- имитатор ДВС;
- широкополосный измеритель содержания кислорода в отработавших газах;
- состаренный катколлектор или нейтрализатор;
- набор измерительных датчиков с аппаратурой для записи параметров в персональный компьютер;
- имитатор пропусков воспламенения;
- набор компонентов ЭСУД и ГБО с предельными по полям допусков отклонениями рабочих параметров или наличием возможности изменения отклонений рабочих параметров в пределах полей допусков в алгоритме управления при калибровке;
- установка для заполнения газовой топливной системы нейтральным газом перед первой заправкой;



- установка высокого давления для опрессовки газовых магистралей двигателя и автомобиля;
- моторный бокс с соответствующим тормозным устройством, оснащенный системами измерения и управления двигателем;
- лаборатория токсичности для определения соответствия нормам Евро-4 и выше;
- камера ШЕД для определения испарений топлива из автомобиля;
- холодильная камера (до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) с оборудованием для замера токсичности отработавших газов при $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- климатическая камера до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- барокамера с имитацией высоты до 4 тыс. м над уровнем моря;
- шумовая камера;
- автополигон для калибровки ездовых качеств автомобиля.

Как видно из перечисленного, необходимы значительные затраты на это оборудование. На рис. 3 представлена блок-схема калибровки электронной системы управления двигателем с ГБО. Если отсутствует управляющий персональный компьютер, то такую схему можно назвать прямой.

Технология калибровки по прямой схеме заключается в изменении калибровочного коэффициента с помощью вводной клавиатуры для получения на конкретном режиме работы двигателя соответствующего оптимального параметра. При этом изменение самого параметра можно фиксировать с помощью датчиков,

установленных на двигателе, через персональный компьютер или с помощью измерительной аппаратуры, установленной в моторном боксе (холодильная или климатическая камеры). Этот технологический процесс требует у исполнителя соответствующих знаний как системы управления ДВС, так и алгоритма его управления.

В настоящее время начинает использоваться новый метод калибровки ЭСУД – метод нейронных сетей. В этом случае применяются различные математические методы поиска экстремумов функции, зависящей от большого числа параметров. Для решения данной задачи применяется дополнительный управляющий персональный компьютер (см. рис. 3), который осуществляет изменения калибровочного коэффициента по математическому алгоритму поиска экстремума функции (N – мощность, M_e – крутящий момент, g_e – удельный расход топлива, O_2 , CO , CH , NO_x – содержание этих компонентов в отработавших газах), которая используется как функция обратной связи от ДВС. Этот метод наиболее целесообразно применять для калибровки базовых функций ЭСУД и характеристик ДВС.

Использование данного метода для калибровки функций движения автомобиля, противотолковой функции, функции отсечения подачи топлива при торможении и т.д. остается открытым. Перспектива метода в том, что сокращается время и соответственно затраты на адаптацию

ГБО с ЭСУД на новые модели автомобилей в условиях завода-изготовителя. Это сокращение может составить от 2 до 5 раз, то есть, например, вместо 3 лет потребуется 8-12 мес. на все доводочные работы и сертификацию нового проекта автомобиля с ГБО.

Кроме этого, уменьшается субъективное влияние конкретного инженера-калибровщика на основные параметры двигателя и автомобиля. Полное исключение человеческого фактора из данного технологического процесса пока не представляется возможным, так как алгоритм управления ДВС и программное обеспечение – это плод творчества коллектива конкретных инженеров.

Окончание в следующем номере.

The last part of the article to be published in the next issue.

Литература

1. **Шишков В.А.** Особенности разработки алгоритма управления двигателем внутреннего сгорания для работы на газообразном топливе: материалы конференции / Дмитров: НИЦИАМТ, 2004-2005. Вып. № 11. – С. 175-180.
2. **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. – 2008. – № 3. – С. 20-23.
3. **Шишков В.А.** Алгоритм адаптации электронной системы управления ДВС к различным химическим составам газового топлива // Транспорт на альтернативном топливе. – 2008. – № 1. – С. 30-35.
4. **Шишков В.А.** Алгоритм управления и диагностика состояния электромагнитных газовых форсунок ДВС с искровым зажиганием // АГЗК+АТ. – 2006. – № 6. – С. 46-48.

Внедрение газотопливной технологии в авиацию

И.Е. Ковалев,

заместитель директора ФГУП «ЦАГИ», д.т.н.,

В.И. Маврицкий,

начальник НИО-10 ФГУП «ЦАГИ», к.т.н.,

В.П. Зайцев,

генеральный директор ОАО «Интерaviaгаз»

В настоящее время в России и в мире идет активный поиск альтернативы традиционному авиатопливу (керосину), обусловленный, с одной стороны, ростом себестоимости добычи нефти, с другой – повышенным вниманием общественности к экологическим вопросам, кульминацией которых может быть известная общеевропейская технологическая инициатива «Чистое небо» (Clean Sky). Одним из путей комплексного решения этой проблемы является внедрение в авиационную технику альтернативных газовых топлив, получаемых в результате разделения нефтяного и природного газов на всевозможные смеси или отдельные компоненты (бутан, пропан, метан), синтетических, а также водорода, которые по чистоте продуктов сгорания стоят на одном из первых мест, а некоторые из них еще и имеют преимущество в цене перед авиакеросином. Такими исследованиями ЦАГИ и другие институты авиационной и нефтегазовой промышленности занимаются с начала 60-х гг. прошлого века.

Ключевые слова: авиагаз, АСКТ, газолет, нефтяной газ, ПНГ, альтернативное топливо, Ми-8ТГ.

Introduction of Gas Fuel Technology into Aviation

I.E. Kovalev, V.I. Mavritsky, V.P. Zaitsev

At present an active search for the alternative to a traditional aviation fuel-kerosene is being conducted in Russia and in the world. On the one hand, it is stipulated by the rise of the oil production cost, on the other hand, by increased attention of the public to ecology problems which culmination may become a known European technology initiative "Clean Sky". One of the ways for a comprehensive solution of these problems is the introduction of alternative gas fuels into aviation. The alternative gas fuels both those obtained as a result of oil and natural gases division into mixtures or separate components (butane, propane, methane) and synthetic and hydrogen fuels rank one of the first by the cleanliness of combustion products. Some of them have even price advantages over aviation kerosene.

Keywords: aviagas, ASKT, gazolet, oil gas, petroleum gas, LPG, alternative fuel, Mi-8TG.

Топлива, выделяемые из нефтяного и природного газов, а также водород обладают повышенным хладоресурсом, более высокой теплотой

сгорания и другими специфическими характеристиками, которые могут позволить получить на летательных аппаратах (ЛА) следующие преимущества:

- уменьшение запаса топлива на борту;

- значительное снижение расхода заборного воздуха, ухудшающего аэродинамические характеристики ЛА, и расхода воздуха, отбираемого от двигателей, для систем кондиционирования кабины экипажа и салона пассажиров, систем теплоотвода из отсеков бортового оборудования и других теплонапряженных частей ЛА, что дает возможность уменьшить массу этих систем и сократить затраты топлива на обеспечение их работоспособности;

- эффективное охлаждение двигателя, повышение температуры газа перед турбиной, что повысит КПД силовой установки;

- создание комфортных тепловых условий работы бортового оборудования, способствующее повышению его надежности и снижению массы;

- увеличение протяженности ламинарного пограничного слоя за счет охлаждения омываемой поверхности ЛА для повышения его аэродинамических качеств;

- снижение загрязнения окружающей среды, особенно в зоне аэропортов, за счет значительного сокращения в продуктах сгорания содержания углерода, сернистых соединений и тяжелых углеводородов, склонных к образованию канцерогенных и мутагенных продуктов, и т.п.

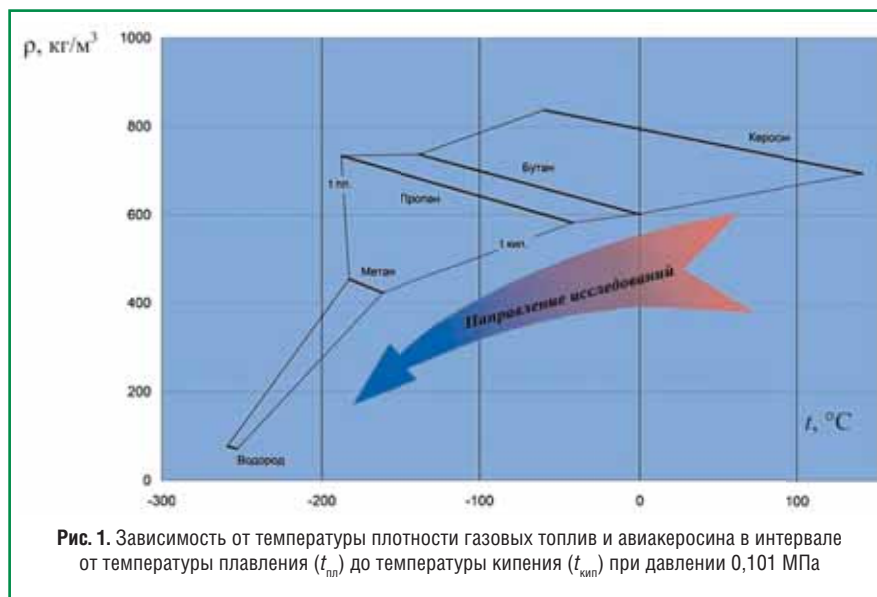
Указанные газы отличаются друг от друга по своим теплофизическим свойствам. Их использование может существенным образом повлиять на конструкцию, энергетику, экономику и эксплуатационные особенности ЛА. Причем, чем ниже температура кипения и уже температурный диапазон жидкого состояния исследуемого газа, тем большее количество проблем придется решать при проведении НИОКР и, следовательно, тем дороже будет обходиться его практическое внедрение. Отсутствие же явных интегральных преимуществ между рассматриваемыми альтернативными газовыми топливами требует обширных комплексных исследований.

В качестве первого шага решения этой проблемы в ЦАГИ был проведен сравнительный анализ теплофизических и эксплуатационных характеристик вышеуказанных газовых топлив и на его основе предложена стратегия проведения исследований и внедрения таких топлив в авиационную технику.

Среди названных альтернативных газовых топлив наилучшие энергетические и хладоресурсные характеристики имеет водород. Его теплота сгорания на единицу массы в 2,7 раза больше, чем у авиакеросина. Он обладает уникальными характеристиками горения по скорости распространения пламени, концентрационным пределам воспламенения и другим показателям. При сгорании водорода образуется экологически чистый продукт – вода, его применение не нарушает круговорота вещества в природе, так как цикл его получения и использования является замкнутым. Имеются неограниченные ресурсы сырья для его производства. По хладоресурсу на единицу массы водород превосходит авиакеросин в несколько раз, например, при температуре 300 °C в ~7,5 раза.

Водород – это уникальное топливо для всех видов транспортных средств, и его массовое использование может не только изменить их облик и технические характеристики, но и, возможно, всю техногенную структуру человеческого общества. Однако водород обладает некоторыми особенностями, которые в настоящее время на современном уровне развития технологии ограничивают возможность его широкого применения, и не только в авиации. В первую очередь это связано с тем, что водорода, который в конечном итоге является жидким аккумулятором энергии, в свободном виде в природе мало, и требуются определенные затраты для его получения.

Массовое производство жидкого водорода путем электролиза воды по действующим технологиям сопряжено со значительным расходом электроэнергии, вырабатываемой большей частью на тепловых



электростанциях за счет сжигания других теплоносителей, таких как нефть, газ и т.п. А это связано с выбросом в атмосферу большого количества экологически грязных продуктов сгорания и расходом крайне дефицитного невозобновляемого органического сырья. Поэтому производство водорода в настоящее время нельзя считать экологически чистым, а его цена за тепловую единицу еще долго будет превышать аналогичную цену других топлив. Широкого использования водородного топлива следует, видимо, ожидать только при наличии большого избытка дешевой экологически чистой энергии. Крупномасштабное использование водорода будет также ограничиваться необходимостью создания принципиально новой наземной инфраструктуры, что связано со значительными капитальными вложениями.

До сих пор водород в качестве топлива применялся только в космической ракетной технике и на экспериментальных ЛА. Полеты таких ЛА достаточно редки и тщательно готовятся. Условия подготовки и пуска ракет в рамках стационарного базирования значительно отличаются от условий эксплуатации самолетов. Стартовые комплексы для запуска космических ракет – это немногочисленные сложные инженерные сооружения, которые обслуживает высококвалифицированный

узкоспециализированный персонал. Они мало похожи на аэродромные. Авиация же характеризуется массовостью и многообразием типов ЛА, используемых достаточно интенсивно в течение длительного срока службы, а также большим количеством точек базирования и многопрофильностью обслуживающего персонала. В этих условиях опыт, имеющийся в космической технике, сложно использовать в авиации.

Большую эксплуатационную проблему при использовании водорода в авиации может также создать его низкая температура кипения (-250 °C), узкий (9°) температурный диапазон жидкого состояния, низкая плотность (71 кг/м³) и др. Это вызывает необходимость значительного увеличения размеров топливных баков ЛА, использования высокоэффективной и высоконадежной теплоизоляции для их защиты, а также решения сложных конструктивных и прочностных вопросов, связанных с большим перепадом температур, температурными напряжениями, температурными мостами и т.п.

С аналогичными проблемами столкнутся исследователи и конструкторы при разработке ЛА на метане (CH₄), так как он также имеет криогенную температуру кипения, узкий диапазон нахождения в жидкой фазе (21°C) и малую плотность. Поэтому в настоящее время даже частичный

перевод авиации на криогенное топливо, какими являются водород и метан, представляет сложную научно-техническую и организационную проблему. Все это может потребовать довольно больших затрат для решения прочностных, материаловедческих, конструктивных, температурных, аэродинамических, эксплуатационных и других проблем с учетом их реализации на низком (криогенном) температурном уровне.

Может быть, поэтому даже такая богатая страна, какой является США, которая исследует проблему использования водорода в авиационной технике с середины 60-х гг., так и не построила даже летающей лаборатории. В Советском Союзе приблизительно в это же время был создан и летал экспериментальный самолет Ту-154ЛЛ (Ту-155), один из трех двигателей которого мог работать на криогенных метане или водороде, а в городах Самаре и Жуковском были построены специализированные наземные комплексы.

В настоящее время в условиях ограниченных финансовых ресурсов

нашей стране необходимо выработать новую стратегию исследований по внедрению газотопливной технологии в авиационную технику, которая позволила бы сохранить кадры специалистов, их научно-технические достижения и заделы прошлого, а также соразмерить имеющиеся финансовые возможности и эффект, в том числе коммерческий, который может быть получен от реализации достигнутых результатов.

Принимая во внимание существующее соотношение цен на жидкое и газовое топливо, а также достигнутый уровень развития криогенной техники, включая и подготовку кадров, разрабатывающих и эксплуатирующих авиационную и ракетную технику, представляется целесообразным проведение поэтапных действий, направленных на последовательное внедрение альтернативных газовых топлив в авиацию, с постепенным понижением уровня осваиваемых температур (рис. 1). При этом многие эксплуатационные особенности использования газовых топлив, связанные с хранением и охлаждением

перед заправкой, захлаживанием бортовых емкостей и заправкой, внедрением элементов техники безопасности при обращении и т.п., проще, легче и дешевле исследовать на более высоком температурном уровне, используя этот уровень в качестве модели топлива с более низкой температурой кипения. Это даст возможность быстрее и с меньшими затратами выявлять и решать возникающие технологические, конструкционные, эксплуатационные и другие проблемы, обусловленные использованием в авиационной технике тех или иных газовых топлив, оценивать эффективность различных технических решений, определять область рационального применения таких топлив и, главное, создать научный и экспериментальный задел, а также приобрести необходимый опыт для решения аналогичных задач для газов с более низкой температурой кипения.

В этой же температурной последовательности на различных образцах и даже экспериментальных ЛА могут быть испытаны и отработаны отдельные конструктивные элементы и агрегаты планера, силовых установок и оборудования (бортового и наземного), а также исследованы вопросы предупреждения и локализации последствий аварийных ситуаций (разгерметизация баков, повреждение теплоизоляции и т.п.).

Исследования по внедрению сжиженных газовых топлив предлагается условно разделить на четыре этапа: бутан → пропан → метан → водород. Такая этапность позволяет учитывать эксплуатационные особенности указанных газовых топлив, состояние смежных областей науки и техники и уровень развития технологии, а также решать научные задачи и вопросы практической реализации на каждом этапе внедрения. Следует заметить, что исследовательские работы предлагается проводить на моногазах. Это обойдется дешевле, так как их свойства достаточно хорошо изучены. Практическая же реализация результатов исследований более целесообразна при использовании различных

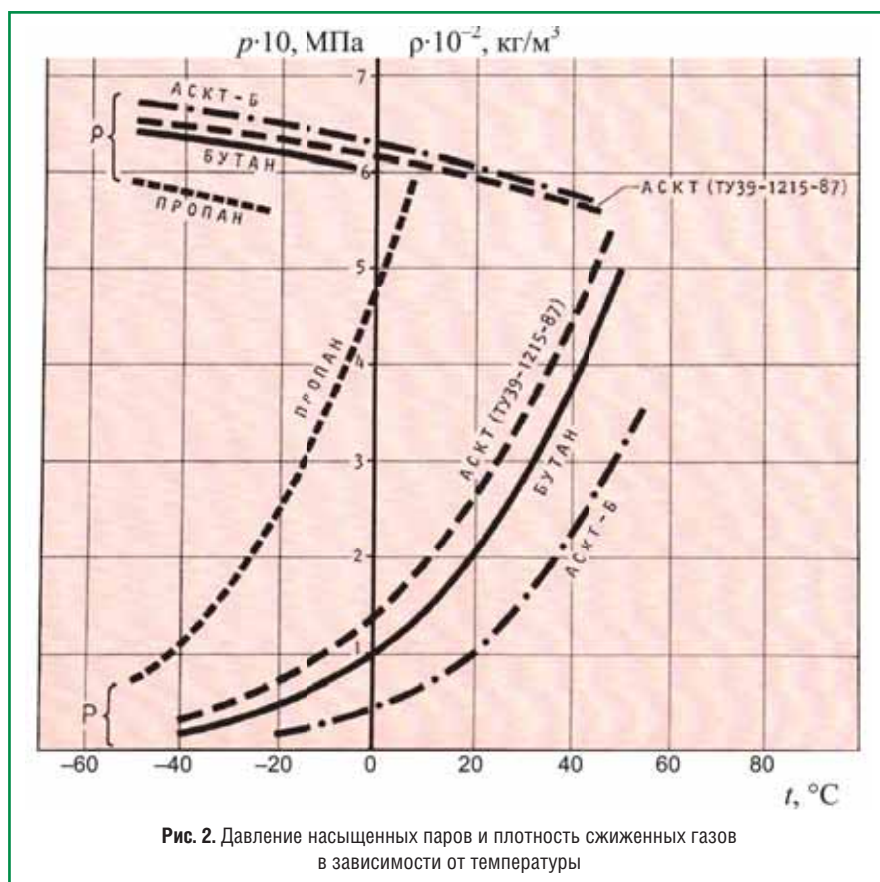


Рис. 2. Давление насыщенных паров и плотность сжиженных газов в зависимости от температуры



Рис. 3. Газолет – вертолет Ми-8ТГ на газовом топливе в серийном исполнении, рассчитанный на эксплуатацию на АСКТ и авиакеросине

композиций состава углеводородных газов, поскольку в ряде случаев технология их получения оказывается значительно дешевле.

Исследования первого этапа в настоящее время практически закончены. Бутан (C_4H_{10}) – газ, использование которого возможно во всем температурном диапазоне эксплуатации всей авиационной техники. По своим теплофизическим свойствам он наиболее близок к бензину и авиакеросину. Его температура кипения при нормальном давлении около $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 2). При плюсовых температурах его можно хранить на земле и на борту ЛА в баках под небольшим избыточным давлением (при температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ давление насыщенных паров $0,5\text{ МПа}$). В сравнении с авиакеросинами бутан обладает более высокой термостабильностью и менее агрессивен по отношению к конструкционным, резинотехническим и уплотнительным материалам. В смеси с пропаном бутан уже много лет используется в качестве топлива в автомобильных двигателях и бытовых приборах.

В ходе практической реализации результатов исследований по первому этапу выяснилось, что экономически целесообразнее использовать в качестве топлива на ЛА не бутан, а смесь из нескольких газов. Эта смесь, названная авиационным сконденсированным топливом (АСКТ),

представляет собой композицию высококипящих углеводородных газов: пропана, бутана, пентана, гексана и др. АСКТ можно получать на газо- и нефтеперерабатывающих заводах, в пунктах осушки природного газа, а также в специально оборудованных точках на трассах продуктопроводов или непосредственно на месторождениях с использованием в необходимых случаях мобильных малогабаритных блочных установок (МГБУ) высокой заводской готовности.

Теплотворная способность АСКТ приблизительно на 5% выше, чем у авиакеросина. По ряду эксплуатационных показателей оно превосходит авиакеросин. Например, его использование позволит увеличить ресурс двигателей, а при низких температурах окружающей среды оно будет значительно лучше обеспечивать их пусковые свойства. Новое топливо экологически чище и менее агрессивно, так как в нем практически отсутствуют сернистые соединения, ароматические и непредельные углеводороды, смолы и другие вредные вещества, имеющиеся во многих жидких топливах, вырабатываемых из нефти.

Характерная особенность АСКТ – возможность хранения в жидком виде на борту ЛА под небольшим давлением в диапазоне температур от 50 до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в нетеплоизолированных

баках, так как оно является некриогенным топливом. Для работы с АСКТ имеется большой выбор конструкционных и уплотнительных материалов, широко представлены наземные средства транспортировки, хранения и перелива таких газов. Для использования АСКТ газотурбинные двигатели требуют лишь незначительной доработки (в основном, автоматики), которая может быть проведена во время регламентных работ. Топливные баки могут быть разработаны с использованием ракетной технологии. Топливная система АСКТ по типу применяемых агрегатов мало отличается от керосиновой. Не предвидится проблем и с наземной инфраструктурой. Поэтому внедрение АСКТ в авиационную технику может пройти без больших проблем и затрат.

Реальным подтверждением этому является разработка и летные испытания экспериментального вертолета Ми-8ТГ, проведенные еще в 1987 г. на техническом бутане. В начале 90-х гг. прошлого столетия на Московском вертолетном заводе им. М.Л. Миля при активном участии ОАО «Интеравиатгаз» создан и прошел начальный этап испытаний первый в мире опытно-промышленный образец вертолета Ми-8ТГ с двигателями, работающими как на АСКТ, так и на авиакеросине, а также на их смесях (рис. 3). Вертолет в 1995 г. был показан в полете на Международном авиакосмическом салоне в г. Жуковском, привлек внимание отечественных и зарубежных специалистов и в дальнейшем получил ряд наград и дипломов.

Наиболее эффективно использование двухтопливных вертолетов при освоении новых удаленных от дорожной инфраструктуры месторождений нефти и газа. Расчеты показывают, что в этом случае достигается и максимальный коммерческий эффект, так как вертолеты, а также наземный транспорт, стационарные силовые агрегаты (дизель-генераторы и т.п.) и бытовое оборудование, используемые на месторождениях, будут заправляться непосредственно от установленной там же МГБУ. Использование вертолетной техники

с газотопливной технологией на месторождениях позволит частично или даже полностью исключить зависимость от поставок жидкого топлива. Экономия же в этом случае обеспечивается не только за счет дешевизны нового авиационного газового топлива, вырабатываемого из практически бросового сырья – сепарируемого газа, который сжигается в факелах, но и за счет уменьшения затрат на поставку жидкого топлива (авиакеросина, бензина, дизтоплива и т.п.), значительное количество которого для авиации и других потребителей на эти месторождения завозится иногда даже вертолетами.

Результаты работы вертолетостроителей, исследования, проведенные в ЦАГИ и других институтах, а также в самолетостроительных ОКБ, показали возможность и эффективность перевода на газ не только вертолетов, но и самолетов как существующих, так и перспективных (рис. 4). А такую разновидность сжиженного авиационного газа, как АСКТ-Б (обеспропаненное АСКТ), можно заливать непосредственно в плоские крыльевые топливные баки региональных самолетов при температуре окружающей среды на земле от 5 °С и ниже (такие температуры в некоторых районах Сибири и Севера бывают до 10 мес. в году). При этом увеличение массы пустого самолета за счет дополнительных агрегатов газокеросиновой топливной системы,

например, для Ил-114, не превысит 20-25 кг.

Реализация первого этапа внедрения в авиацию газотопливной технологии позволит комплексно решить ряд энергетических, экономических, экологических, социальных и других проблем, имеющих важное значение для России. Коммерческие результаты от внедрения АСКТ дадут возможность получить дополнительные средства для продолжения исследовательских работ. Главным же научно-техническим результатом исследований первого этапа является приобретение опыта массовой эксплуатации ЛА на газовых топливах в штатных условиях.

Следующим шагом исследований по внедрению в авиационную технику газотопливной технологии предполагается использование пропана, обладающего весьма благоприятными эксплуатационными характеристиками – большим температурным диапазоном жидкого состояния, позволяющим работать с ним как при нормальных, так и криогенных температурах. Это уникальное свойство пропана позволит также при постепенном понижении температуры плавно перейти к исследованию проблем, обусловленных криогенным уровнем использования остальных газовых топлив.

Пропан (C_3H_8) входит в составпутного нефтяного и природного

газов, а также газов нефтепереработки, из которых он может быть выделен в количествах, достаточных для массового применения в авиационной технике. Теплота сгорания пропана приблизительно на 7 % выше, чем у авиакеросина. Температура его кипения при нормальном давлении –42°С, температура замерзания (–188°С) ниже, чем у метана. Таким образом, температурный диапазон жидкого состояния пропана (146°) близок к авиакеросину. Хладоресурс пропана, приходящийся на единицу массы, соизмерим с хладоресурсом метана. Однако значительная часть этого хладоресурса, в отличие от метана и водорода, приходится на жидкую фазу. Это дает возможность создавать компактные бортовые охлаждающие системы. Плотность сжиженного пропана в зависимости от температуры варьируется в пределах от 585 до 730 кг/м³.

Для размещения пропана на борту ЛА в сравнении с авиакеросином потребуются незначительное (примерно на 4-8%) увеличение объема топливных баков при равной энергоемкости. Таким образом, имеется потенциальная возможность модифицировать существующие ЛА и их двигатели для работы на пропане. Топливная система ЛА для использования пропана также будет мало отличаться от штатной (керосиновой).

Широкий температурный диапазон жидкого состояния значительно облегчает решение проблем с транспортировкой и хранением пропана в наземных условиях и использования его на борту ЛА. Он может храниться в жидком виде практически без потерь в теплоизолированных емкостях при нормальном давлении или без теплоизоляции при относительно небольшом избыточном давлении (1,6 МПа).

В сравнении с авиакеросином пропан так же, как и бутан, обладает достаточно высокой термостабильностью. Он менее агрессивен, чем авиакеросин, по отношению к конструкционным, резинотехническим и уплотнительным материалам.

Пропан обладает еще одним серьезным преимуществом перед чисто криогенными топливами – метаном



Рис. 4. Пассажирский самолет Ту-136 с двигателями ТВ2-117СФ

и водородом. Как указывалось выше, его можно хранить на аэродромах и стартовых площадках практически без потерь в нетеплоизолированных шаровых или цилиндрических емкостях. А охлаждать по мере необходимости до криогенных температур только тот объем пропана, который необходим для заправки очередного ЛА. При такой технологии отпадает необходимость иметь в аэропорту большие криогенные емкости и мощные системы поддержания топлива в криогенном состоянии. Все это может значительно упростить и удешевить технологические операции при использовании пропана в качестве топлива не только в авиации, но и в ракетно-космической технике.

Более низкая, чем у метана, температура плавления и широкий температурный диапазон жидкого состояния делают пропан поистине незаменимым веществом для всесторонних исследований, связанных с поиском оптимальных конструкторских, технологических и эксплуатационных решений при создании ЛА с криогенными топливами. В частности, широкий температурный диапазон жидкого состояния пропана позволяет при постепенном понижении его температуры получить возможность своевременно выявлять и предотвращать развитие нежелательных явлений в процессе испытаний. Например, опасность возникновения аварийной ситуации (в частности, при нарушении теплоизоляции) из-за перегрева пропана маловероятна, в то время как для метана такая опасность весьма реальна и чревата самыми серьезными последствиями. Это же свойство пропана позволяет более безопасно проводить доводку новой авиационной техники, рассчитанной на использование криогенного топлива, начиная с умеренно низких температур и т.п.

В плане практической реализации результатов исследований этого этапа экономически целесообразнее, видимо, будет использовать в качестве топлива на ЛА не чистый пропан, а смесь пропана, бутана и других углеводородов с низкой температурой

кристаллизации. Эта смесь, которую условно можно назвать АСКТ-К (криогенное АСКТ), обладает практически теми же свойствами, включая криогенные, что и пропан, но будет иметь меньшую стоимость за счет более простой технологии производства и расширения сырьевой базы. Такие показатели делают криогенное топливо из легких парафинистых углеводородов весьма привлекательными в эксплуатационном и коммерческом отношении.

Таким образом, при внедрении в авиацию результатов второго этапа этих исследований можно модифицировать существующие и создавать новые ЛА с улучшенными летно-техническими и экологическими характеристиками. Коммерческие результаты от внедрения пропана и АСКТ-К также дадут возможность получить прибыль и дополнительные средства для продолжения исследовательских работ. Главным научно-техническим результатом внедрения предлагаемых исследований второго этапа является приобретение опыта массовой эксплуатации ЛА на криогенных топливах в штатных условиях с использованием пропана – относительно более безопасного в эксплуатационном отношении газа, чем метан и водород.

Следующим объектом исследований по внедрению в авиационную технику сжиженных углеводородных газов и водорода будет метан.

Главное достоинство метана заключается в том, что, являясь основным компонентом природного газа, он обладает гораздо большей сырьевой базой, чем бутан и пропан.

Теплота сгорания метана (CH_4) примерно на 15 % выше, чем у авиакеросина. Температура его кипения при нормальном давлении -162°C , температура замерзания -183°C , а температурный диапазон жидкого состояния 21° . Хладоресурс метана, приходящийся на единицу массы, соизмерим с хладоресурсом пропана. Системы кондиционирования воздуха на метане будут значительно тяжелее пропановых, так как основная доля хладоресурса метана находится в газовой

фазе. Плотность сжиженного метана составляет $425\text{--}455\text{ кг/м}^3$. По теплоте сгорания, приходящейся на единицу объема, метан уступает пропану примерно в 1,5 раза, по хладоресурсу – в 1,3 раза, по плотности – в 1,5-1,6 раза. Поэтому для размещения на борту ЛА метанового топлива по сравнению с авиакеросином потребуются увеличить примерно в 1,5-1,6 раза вместимость топливных баков (при равной энергоемкости).

Таким образом, возможность модификации существующих ЛА для работы на сжиженном метане весьма проблематична, в отличие от пропана. Двигатели потребуют значительных переделок. Метановая топливная система ЛА также будет значительно сложнее и тяжелее штатной. Могут возникнуть проблемы (если они не будут решены на предыдущих этапах) с конструкционными, уплотнительными и теплоизоляционными материалами, а также с наземной инфраструктурой.

Проведенный анализ показал, что использование метанового топлива приведет к необходимости решения фактически тех же сложных температурных, прочностных, конструктивных, аэродинамических, схемных, эксплуатационных, аэродромных, транспортных и других проблем, что и при использовании сжиженного водорода. Это лишний раз подтверждает правомерность предлагаемого этапного подхода в исследованиях по внедрению газотопливной технологии в авиационную технику. Не имея опыта эксплуатации ЛА вначале на АСКТ, а затем и на пропане (АСКТ-К), вряд ли удастся в случае необходимости в сжатые сроки и с относительно малыми затратами внедрить в массовом порядке в авиационную технику криогенное метановое, а затем и водородное топливо.

Как вариант практической реализации результатов исследований использования метана в качестве топлива, можно представить смесь, состоящую, в основном, из метана, пропана и, возможно, этана. Оптимальное соотношение составляющих этой смеси необходимо установить в

Этапы внедрения сжиженных газовых топлив

Параметры топлива	Этапы			
	1	2	3	4
Топливо	Нормальное	Криогенное		
	Бутан (C ₄)	Пропан (C ₃)	Метан (C ₁)	Водород (H ₂)
Рабочие температуры, t °С	+ 45 ÷ -90	-42 ÷ -188	-162 ÷ -183	-253 ÷ -262
Диапазон жидкого состояния, Δt °С	135	146	21	9
Относительная цена тепловой единицы	0,5 ÷ 0,6	0,6 ÷ 0,8	1,2 ÷ 1,6	10 ÷ 15
Относительные затраты на сооружение аэропорта	1,3	2	~ 6	> 100
Материалы*, применяемые при использовании авиакеросина, %	конструкционные	50	50	10
	уплотнительные	100	20	0
	теплоизоляционные	100	50	50
Силовые установки двигателя	Незначительная модернизация	Модернизация	Новая разработка	
топливные баки топливная система	Создан образец Некоторая доработка	Имеются прототипы Доработка	Имеются прототипы Имеются прототипы	
Система кондиционирования воздуха	Доказана высокая эффективность		Требуются исследования	
Наземная инфраструктура	Имеется серийная техника	Частично имеются прототипы. Требуются исследования		
Заводы по производству топлива	Имеются	Дооборудование существующих	Строительство новых заводов	
Практическая реализация вида топлива	АСКТ, АСКТ-Б	АСКТ-К	АСКТ-М	Вопрос изучается
Основные задачи этапа	Приобретение опыта работы		Работа на криотопливах с узким диапазоном жидкого состояния	
	с газовым топливом	с криотопливом		

* Приведена степень использования номенклатуры материалов, обеспечивающих употребление авиакеросина, при поэтапном внедрении сжиженных газовых топлив.

ходе исследований. Эта смесь, которую условно можно назвать АСКТ-М, в сравнении с метаном будет иметь более высокую плотность, более широкий диапазон жидкого состояния и меньшую стоимость.

В таблице в обобщенном виде представлены характеристики каждого из четырех рассмотренных этапов, иллюстрирующих целесообразность предложенной последовательности внедрения газовых топлив в авиационную технику. Здесь качественные и количественные сравнения приведены относительно стоимости основного, широко используемого в настоящее время авиационного топлива, – авиакеросина, а также существующих технических решений и сооружений, обеспечивающих его применение.

В этом случае будет обеспечена возможность более быстрого

внедрения в промышленность России результатов научных достижений, приобретенных на каждом этапе, и получения от этого дополнительных средств для проведения дальнейших исследований на основе самокупаемости. Кроме того, это позволит при значительно меньших затратах изучить особенности и приобрести опыт эксплуатации газотопливных ЛА на относительно высоком уровне температур, который можно затем использовать при создании авиационной техники, использующей топлива на следующем, более низком температурном уровне, вплоть до применения жидкого водорода (если человечество к тому времени не откроет более эффективный или более приемлемый в эксплуатационном отношении аккумулятор энергии).

Целесообразность и перспективы широкого использования

какого-либо из газов или их смесей в авиатехнике определит экономика. Ответ должны дать последовательное комплексное изучение и анализ всех технико-экономических аспектов применения рассматриваемых газов, начиная с разработки и производства ЛА и самого газового топлива и кончая особенностями эксплуатации ЛА, которые будут их использовать.

Эти исследования должны также включать анализ специфики создания наземной инфраструктуры обслуживания, учет возможной динамики изменения цен газовых топлив относительно цены авиакеросина и т.п. Поэтому каждое из рассматриваемых газовых топлив может иметь свою нишу в авиатранспортной системе, если при определенных требованиях обеспечит необходимый эффект при меньших удельных затратах.

Комплексы для периодического освидетельствования баллонов для сжиженного газа

О.И. Ямпольская,
менеджер по рекламе ЗАО «ПКТБА»

Приводятся сведения о комплексах для освидетельствования баллонов для сжиженного газа. Рассмотрена последовательность их проведения: наружная и внутренняя очистка, взвешивание, испытания на прочность и герметичность, сушка внутренней поверхности, завинчивание вентиля. Представлен перечень оборудования для освидетельствования баллонов. Подробно рассмотрены возможности и технические характеристики стендов и установок, разработанных специально под баллоны для сжиженного газа.

Ключевые слова: баллон для сжиженного газа, освидетельствование баллона, безопасность, стенд, испытание.

Complexes for periodic inspection of cylinders for liquified gases

O.I. Yampolskaya

It is informed about the complexes for periodic inspection of cylinders for liquified gases. This process includes following stages: external and internal cleaning, weighing, strength test and leakage test, drying of an internal surfaces, gate screwing in. In article the list of the equipment for inspection of tanks is resulted. Possibilities and technical characteristics of benches and the devices developed especially for cylinders for liquified gases are in details considered.

Keywords: Cylinders for liquified gases, Inspection of tanks, Safety, Bench, Test.

По требованиям государственных надзорных органов сосуда, работающие под давлением, подлежат обязательной процедуре технического переосвидетельствования: раз в 3 года для стальных баллонов, раз в 5 лет для металлопластиковых баллонов. Это обусловлено, как и прежде, безопасностью и экономической целесообразностью использования газовых баллонов.

ЗАО «ПКТБА» специализируется на проектировании и производстве

комплексов для освидетельствования автомобильных и бытовых баллонов для сжиженного углеводородного газа (СУГ) и компримированного природного газа (КПГ), кислорода, азота, инертных газов. Остановимся подробнее на оборудовании, предназначенном для проведения работ с баллонами для сжиженного газа.

Комплексы освидетельствования автомобильных и бытовых баллонов, баллонов для сжиженного газа в зависимости от области применения

комплекуются следующим оборудованием (рис. 1):

- стендом для гидравлических испытаний на прочность баллонов (ПКТБА-СИП-А);

- насосной пневмогидравлической станцией (ПКТБА-ПГС-А) в качестве источника давления;

- установкой для сушки внутренних поверхностей баллонов после гидравлических испытаний (ПКТБА-УС-А);

- стендом для завинчивания (вывинчивания) арматуры баллонов (ПКТБА-СЗ-А);

- стендом для пневматических испытаний на герметичность баллонов в сборе с арматурой (ПКТБА-СИГ-А);

- стендом для очистки наружной поверхности баллона под окраску (ПКТБА-СОП-А);

- грузоподъемными средствами – кранами (ПКТБА-КК-1, ПКТБА-КК-2).

В состав стенда ПКТБА-СИП-А (рис. 2, табл. 1), предназначенного для проведения гидравлических испытаний на прочность корпусов баллонов для сжиженного газа, вывинчивания и завинчивания вентиля, входят: зажимное устройство для испытаний с кантователем и пневмозажимом, а также колонной с гайковертом; пульт управления.

Специальная конструкция стенда позволяет заполнить баллон водой для испытаний с одновременным вытеснением воздуха из него. Комплектацией предусмотрено два пневмогайковерта: для вывинчивания и завинчивания арматуры и для установки технологических заглушек. Стенд управляется с помощью отдельного пульта.

Для пневматических испытаний на герметичность баллонов для сжиженного газа в сборе с арматурой предназначен стенд ПКТБА-СИГ-А (рис. 3, табл. 2). Он оборудован системой водооборота для многократного использования залитой воды. Во время загрузки–выгрузки баллона и присоединения рукавов высокого



Таблица 1

Параметры	ПКТБА-СИП-А
Диаметр баллона, мм	300...575
Длина баллона, мм	800...1500
Материал баллона	Сталь
Давление испытательной среды, МПа: испытания на прочность заливка баллона	2,5 0,2...0,3
Энергоноситель	Сжатый воздух 0,4...0,63 МПа
Испытательная среда	Вода
Габаритные размеры (в составе с ПКТБА-ПГС): Д×Ш×В, мм	2460×2150×2330
Масса стенда, кг	1230

давления система сливает воду из испытательной ванны во внутренний бак-накопитель. Стенд оснащен защитными крышками с замками-защелками, которые закрывают ванну до момента окончания испытаний, что обеспечивает полную безопасность.

После проведения гидравлических испытаний возникает потребность в сушке внутренней поверхности баллона, сделать это качественно и быстро позволяет установка для сушки ПКТБА-УС-А (рис. 4, табл. 3).

Таблица 2

Параметры	ПКТБА-СИГ-А
Диаметр баллона, мм	300...500
Длина баллона, мм	800...1400
Материал баллона	Сталь
Энергоноситель	Сжатый воздух 0,4...0,63 МПа
Испытательная среда	Воздух
Давление воздуха при испытаниях, МПа	1,6
Габаритные размеры: Д×Ш×В, мм стенда пульта управления	1600×862×1104 690×584×1202
Масса, кг стенда пульта управления	500 96

Таблица 3



Рис. 3. Стенд ПКТБА-СИГ-А

Температура и время сушки задается с пульта управления и контролируется автоматически.

Стенд ПКТБА-СЗ-А, предназначенный для завинчивания с определенным крутящим моментом арматуры в баллон для сжиженного газа, оснащен индикатором для контроля за



Рис. 4. Установка для сушки ПКТБА-УС-А

величиной крутящего момента в процессе завинчивания (вывинчивания). Механизм завинчивания может быть как с ручным, так и с пневматическим или электрическим приводом.

Для очистки наружной поверхности баллона также необходимо специализированное оборудование. Стенд ПКТБА-СОП-А (рис. 5, табл. 4)



Рис. 5. Стенд ПКТБА-СОП-А

Параметры	ПКТБА-УС-А
Диаметр баллона, мм	292...575
Длина баллона, мм	400...1500
Максимальное число баллонов	3
Температура воздуха при сушке, °С	60...80
Максимальный удельный расход воздуха, м³/мин	4
Рабочее давление в пневмосистеме, МПа	0,15...0,2
Установленная мощность, кВт	15
Габаритные размеры: Д×Ш×В, мм	2330×952×2009
Масса, кг	650

Таблица 4

Параметры	ПКТБА-СОП-А
Диаметр баллона, мм	300...500
Длина баллона в сборе с вентилем, мм	800...1300
Частота вращения баллона, мин ⁻¹	30
Мощность привода, кВт	0,75
Частота вращения щетки, мин ⁻¹	2000
Давление сжатого воздуха, МПа	0,4...0,6
Габаритные размеры: Д×Ш×В, мм	2250×1170×1170
Масса, кг	450

позволяет удалять остатки старой краски и ржавчины за счет иглофрезы (щетки), закрепленной на шпинделе пневмомашин, которая передвигается вдоль баллона и поворачивается на требуемый угол. Визуальный контроль за процессом очистки осуществляется через прозрачную крышку стенда.

Кроме того, по желанию заказчика в комплект поставки стендов для освидетельствования баллонов для КПП включается вспомогательное грузоподъемное оборудование и необходимый цеховой транспорт, а также оборудование для покраски и сушки баллонов.

Комплекс для освидетельствования газовых баллонов обеспечивает выполнение работ согласно следующим документам:

1. Методическим указаниям по организации работ по освидетельствованию баллонов для сжиженных

нефтяных газов МУ-200-РСФСР-12-0228-88.

2. Правилам «Устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 03-576-03.

Оптимально подобранный набор оборудования, входящий в состав комплекса, позволяет сократить количество обслуживающего персонала до двух человек. Использование для транспортировки баллона от стенда к стенду консольного поворотного крана, оборудованного клещевыми захватами, а также кантователей, которыми оснащен практически каждый стенд, позволяет значительно упростить операцию установки баллона.

Стенды производства ЗАО «ПКТБА» совершенствуются вслед за потребностями заказчика, удовлетворяя большой круг потребностей. При этом сохраняется надежность и простота в эксплуатации.

Авторы статей в журнале № 1 (19) 2011 г.

Валеев Данис Хадиевич,
главный конструктор ОАО «КАМАЗ», к.т.н.,
р.т. (8552) 37-27-90

Гайворонский Александр Иванович,
заведующий отделом ООО «Севморнефтегаз», к.т.н.,
м.т. 8 985 922 65 11

Гатауллин Наил Абдулович,
главный конструктор по двигателям ОАО «КАМАЗ», к.т.н.,
р.т. (8552) 37-27-90

Ерохов Виктор Иванович,
профессор МГТУ «МАМИ», д.т.н., e-mail: PDO@mami.ru
8 499 785-62-05

Зайцев Вячеслав Петрович,
генеральный директор ОАО «Интерaviaгаз»,
действительный член Российской академии
космонавтики им. К.Э. Циолковского,
тел.: 8 (903) 700-61-21

Кавтарадзе Реваз Зурабович,
профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н.,
м.т. 8 910 469-00-12, р.т. (499) 265-78-92

Ким Анатолий Афанасьевич,
начальник управления отраслевых программ ОАО
«Газпром газэнергосеть»,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, дом 125,
поч. инд.: 117647, тел.: (495) 777-77-97 (доб. 1208)

Кисленко Николай Анатольевич,
генеральный директор ООО «НИИгазэкономика», к.т.н.,
e-mail: N.Kislenko@econom.gazprom.ru

Ковалев Игорь Евгеньевич,
заместитель директора ФГУП «ЦАГИ», д.т.н.,
тел.: (495) 556-42-05.

Коклин Иван Максимович,
заместитель директора Невинномысского ЛПУМГ ООО
«Газпром трансгаз Ставрополь»,
заведующий филиалами РГУ нефти и газа
им. И.М. Губкина, доцент, к.т.н.,
тел.: +7 (928) 633-84-52, koklin@admin.ktg.gazprom.ru

Коротков Максим Владиславович,
начальник отдела по развитию использования газа
ОАО «Газпром газэнергосеть», к.т.н.,
Россия, г. Москва, ул. Профсоюзная, дом 125,
поч. инд.: 117647, тел.: (495) 777-77-97 (доб. 1220)

Лахе Мануэль,
генеральный директор Европейской газомоторной
ассоциации, manuel.lage@ngvaeurope.eu

Маврицкий Владимир Иванович,
начальник НИО-10 ФГУП «ЦАГИ», к.т.н.,
тел.: (495) 556-49-49.

Маленкина Ирина Фёдоровна,
начальник лаборатории «Прогнозирования использования
и экономики газомоторного топлива Центра
использования газа» ООО «Газпром ВНИИГАЗ», к.т.н.,
тел.: +7 (495) 355-97-58,
I_Malenkina@vniigaz.gazprom.ru

Малюга Александр Григорьевич,
главный конструктор по работе с
нефтегазодобывающими компаниями
НТЦ ОАО «КАМАЗ», 423827, Россия, Татарстан, г.
Набережные Челны, пр. Автозаводский, 2,
тел. (8552) 55-18-78, e-mail: prgk.ngk@kamaz.org

Марков Владимир Анатольевич,
профессор Московского государственного
технического университета им. Н.Э. Баумана
(МГТУ им. Н.Э. Баумана), д.т.н.,
моб. тел. 8 917 584-49-54, р.т. (499) 263 69 18

Матич Давор,
OMV Gas Adria d.o.o.; заместитель руководителя
исследовательской группы 5.3 Международного
газового союза, davor.matic@omv.com

Мкртчян Яков Сергеевич,
гл. научный сотрудник ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
профессор, д.т.н., р.т. (495) 355-98-47, м.т. 8 916 860-22-13

Пронин Евгений Николаевич,
заместитель начальника Управления – начальник отдела
использования газа в качестве моторного топлива ОАО
«Газпром»; руководитель исследовательской группы
5.3 Международного газового союза, Президент НГА,
e.pronin@mail.ru

Ревонченков Анатолий Матвеевич,
старший преподаватель МГТУ «МАМИ»,
моб. тел. 8 905 760-94-42

Савенков Анатолий Митрофанович,
заведующий лабораторией ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
д.т. (495) 963-81-11

Соколов Андрей Владимирович,
генеральный директор ООО «Дельта-С» (Зеленоград),
sok44@yandex.ru

Теремьякин Павел Геннадиевич,
руководитель проектов ООО «НПП ЭЛКАР»,
tel./fax: +7 (495) 734-93-41
E-mail: paul.teremyakin@elcar.ru

Тимофеев Владимир Валентинович,
ведущий инженер лаборатории «Прогнозирования
использования и экономики газомоторного топлива
Центра использования газа» ООО «Газпром ВНИИГАЗ»,
к.т.н., тел.: +7 (495) 355-97-58,
V_Timofeev@vniigaz.gazprom.ru

Титов Валерий Николаевич,
генеральный директор ООО «ВПГ Газ Тех» (Москва),
titov@vipgaztech.ru

Ткаченко Игорь Григорьевич,
главный инженер – первый заместитель генерального
директора ООО «Газпром трансгаз Ставрополь»,
355035, г. Ставрополь, пр-т Октябрьской революции, 6,
тел.: (8652) 229-211, 94-66-99

Ушаков Максим Александрович,
заместитель заведующего
отделением исследования развития рынков
газа ООО «НИИгазэкономика»,
р.т. (495) 987-18-29, M.Ushakov@econom.gazprom.ru

Фурзиков Виталий Витальевич,
начальник КИБ газовых двигателей
НТЦ ОАО «КАМАЗ», р.т. (8552) 55-10-33

Ширяев Максим Валерьевич,
инженер 1-й категории отдела
изучения внешних рынков и прогноза
экспорта газа ООО «НИИгазэкономика»,
(495) 980-89-58,
M.Shiryayev@econom.gazprom.ru

Шишков Владимир Александрович,
начальник технического отдела ООО «Рекар», к.т.н.,
доцент Самарского Государственного Аэрокосмического
Университета им. С.П. Королёва,
Российская Федерация, Самарская область, г. Тольятти,
проспект Степана Разина, д. 58, кв. 43,
тел. (8482) 35-29-07, +7 927 78 47 157,
e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Ямпольская Ольга Игоревна,
менеджер по рекламе ЗАО «ПКТБА»,
440060, Россия, г. Пенза, Проспект Победы, 75,
тел.: (8412) 200-201, e-mail: reklama@pktba.ru

Contributors to journal issue No. 1 (19) 2011

Erokhov Viktor I.,
the professor of the Moscow state technical university
(MAMI), Dr.Sci.Tech., the Honored worker of a science of the
Russian Federation, e-mail: PDO@mami.ru

Furzikov Vitaly,
OAO KAMAZ, phone: +7 (8552) 55-10-33

Gajvoronsky Alexander I.,
Ph. D. (Eng.), Head of Department of Sevmoreftegas, mobile
phone: +7 985 922 65 11

Gataullin Nail,
OAO KAMAZ, phone: +7 (8552) 37-27-90

Kavtaradze Revaz,
Professor of N.E. Bauman's MGTU, Doctor of Engineering,
mobile phone: 8 910 469-00-12, office phone: (499) 265-78-92

Kim Anatoliy,
Head of the Industry Programs Division JSC «Gazprom gazenergo-
set», Russian Federation, Moscow,
st. Profsoynzaya, b. 125, 117647, phone: +7 (495) 777-77-97
(ext. 1208), e-mail: a.kim@gazpromppg.ru

Kislenko Nikolay,
executive general manager «NIIGAZeconomika», Ph.D.,
N.Kislenko@econom.gazprom.ru

Koklin Ivan M.,
Deputy Director of the line production administration of gas
transmittal pipelines Nevinomissk of LLC "Gazprom transgaz
Stavropol", Governor of branches of Gubkin Russian state
university of oil and Gas, associate professor, cand. sc.,
phone: +7 (743) 32-310, koklin@admin.ktg.gazprom.ru

Korotkov Maxim,
Head of the Gas Usage and Development Department JSC
«Gazprom gazenergo-set», Ph.D., Russian Federation, Mos-
cow, st. Profsoynzaya, b. 125, 117647
phone: +7 (495) 777-77-97 (ext. 1220),
e-mail: m.korotkov@gazpromppg.ru

Kovalev Igor,
Central Aerohydrodynamic Institute (FGUP TsAGI),
Doctor of Engineering, phone: +7 (495) 556-42-05

Lage Manuel,
NGVA Europe's General Manager,
e-mail: manuel.lage@ngvaeurope.eu

Malenkina Irina F.,
Head of the laboratory of forecasting gas motor fuel use and
economics, Gazprom VNIIGAZ, cand. sc.,
office phone: +7 (495) 355-97-58,
mobile phone: +7 916 593-94-78,
I_Malenkina@vniigaz.gazprom.ru

Maljuha Alexander G.,
Chief Designer of OAO KAMAZ,
phone: +7 (8552) 55-18-78,
e-mail: prgk.ngk@kamaz.org

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

Matic Davor,
OMV Gas Adria d.o.o., IGU WOC 5.3 Co-Chairman,
e-mail: davor.matic@omv.com

Mavritskiy Vladimir,
Central Aerohydrodynamic Institute (FGUP TsAGI),
Ph. D. (Eng.), phone: +7 (495) 556-49-49

Mkrtychian Yakov S.,
PhD, Chief Scientist of Gazprom VNIIGAZ,
office phone: +7 (495) 355-98-47, +7 916 860-22-13

Pronin Eugene,
Gazprom NGV Division Head,
IGU WOC 5.3 Chairman, NGVRUS President,
e-mail: e.pronin@mail.ru

Revonchenkov Anatoliy M.,
Moscow state technical university (MAMI),
m. tel. +7 905 760-94-42

Savenkov Anatoly M.,
Head of Laboratory of Gazprom VNIIGAS,
phone: +7 (495) 963-81-11

Shiryayev Maxim,
engineer 1 category of the study of foreign markets and
forecast of gas exports «NIIGAZeconomika»,
phone: +7 (495) 980-89-58,
M.Shiryayev@econom.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, +7 927 78 47 157,
e-mail: Vladimir-Shishkov@yandex.ru

Sokolov Andrey,
General Director of OOO «Delta-S» (Zelenograd),
e-mail: sok44@yandex.ru

Teremyakin Pavel G.,
project manager ELCAR Co. Ltd,
mob. tel. 8-916-014-07-35, tel./fax: +7 (495) 734-93-41,
e-mail: paul.teremyakin@elcar.ru

Timofeev Vladimir,
leading engineer of Laboratory of forecasting gas motor fuel
use and economics of the Centre «GAS USE» of LLC «Gaz-
prom VNIIGAZ», Ph.D., phone: +7 (495) 355-97-58,
e-mail: V_Timofeev@vniigaz.gazprom.ru

Titov Valeriy,
General Director of VIP Gas Tech Ltd., phone: 8 916 163-01-76

Tkachenko Igor,
chief engineer – first deputy of General Director of «Gazprom
transgaz Stavropol», phone: +7 (8652) 229-211, 94-66-99

Ushakov Maxim,
Deputy head of the department of research development of
gas markets «NIIGAZeconomika», office phone:
+7 (495) 987-18-29, e-mail: M.Ushakov@econom.gazprom.ru

Valeev Danis,
OAO KAMAZ, phone: +7 (8552) 37-27-90

Yampolskaya Olga,
Advertising Manager PKTBA, Jsc 75, Prospect Pobedy,
Penza, Russia, 440060, phone: +7 (8412) 200-201,
e-mail: reklama@pktba.ru

Zajtsev Vjacheslav,
General Director of «Interaviagaз»,
phone: +7 8 (903) 700-61-21

Подписка – 2011

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 2011 г.

Подписчики	Годовая, 6 номеров	I полугодие, 3 номера	II полугодие, 3 номера
Россия	3300 руб. (включая 10 % НДС)	1485 руб. (включая 10 % НДС)	1815 руб. (включая 10 % НДС)
Страны СНГ	3300 руб. (включая 10 % НДС)	1485 руб. (включая 10 % НДС)	1815 руб. (включая 10 % НДС)
Страны дальнего зарубежья	170 евро / 230 долл.	100 евро / 140 долл.	120 евро / 170 долл.

Отдельные экземпляры журнала (550 руб. + 10% НДС = 605 руб.) можно приобрести в редакции.

Электронная версия журнала за 2011 г. (формат PDF, 6 номеров):

– для РФ и стран СНГ – 1700 руб., включая НДС 18 %.

– для стран дальнего зарубежья – 100 евро / 140 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)	20 тыс. + 18 % НДС	850	625
½ страницы (125×176 мм)	12 тыс. + 18 % НДС	500	350
¼ страницы (70×176 мм)	7 тыс. + 18 % НДС	290	200
Презентация (1 стр.)	10 тыс. + 18 % НДС	300	170
Юбилейный раздел (1 стр.)	1,5 тыс. + 18 % НДС	–	–
На обложке			
1-я страница (150×210 мм)	20 тыс. + 18 % НДС	850	625
2-я или 3-я страницы (290×210 мм)	25 тыс. + 18 % НДС	1350	1000
4-я страница (290×210 мм)	30 тыс. + 18 % НДС	1450	1100

Технические требования к рекламным модулям:

Макет должен быть представлен в электронном виде: форматы eps, tiff, jpeg, pdf.

Требуемые разрешения: полноцветные и монохромные материалы не менее 300 dpi.

